



เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น

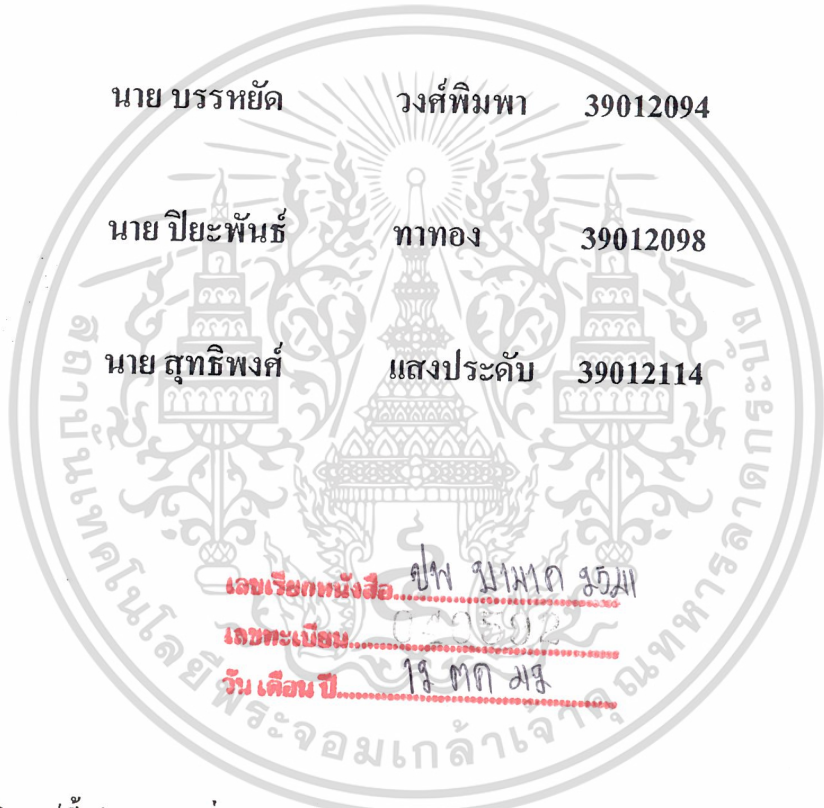
RECYCLE OF REFRIGERANT SYSTEM

โดย

นาย บรรพชัย วงศ์พิมพา 39012094

นาย ปิยะพันธ์ ทาทอง 39012098

นาย สุทธิพงศ์ แสงประดับ 39012114



เลขเรียกหนังสือ... อพ มพค ๑๕๓
เลขทะเบียน... ๐๖๑๖๒
วัน เดือน ปี... ๑๙ ตค ๕๙

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา วิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สาขา วิศวกรรมการวัดคุม
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น
RECYCLE OF REFRIGERANT SYSTEM

ผู้จัดทำ

นาย บรรทัด	วงศ์พิมพ์	39012094
นาย ปิยะพันธ์	ทาทอง	39012098
นาย สุทธิพงษ์	แสงประดับ	39012114

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ สาท คำมูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น

โดย นาย บรรทัด วงศ์พิมพา
นาย ปิยะพันธ์ ทาทอง
นาย สุทธิพงษ์ แสงประดับ

บทคัดย่อ

เครื่อง “รีไซเคิลระบบสารทำความเย็น” สร้างขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์ในการที่จะเปลี่ยนถ่าย สารทำความเย็นจากระบบทำความเย็น ไปเก็บยังถังเก็บสารทำความเย็นในระหว่างการตรวจซ่อม เพื่อที่จะเติมใส่กลับเข้าไปยังระบบทำความเย็นในภายหลัง ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของสารทำความเย็น และยังป้องกันไม่ให้สาร CFC ที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งในสารทำความเย็นถูกปล่อยขึ้นสู่บรรยากาศ และทั้งนี้โดยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECYCLE OF REFRIGERANT SYSTEM

BY BANYAD WONGPIMPA
PIYAPUNT TATHONG
SUTTIPONG SAENGPRADAB

ADVISOR SART KHUMMOON

ABSTRACT

The purpose for creation “ RECYCLE OF REFRIGERANT SYSTEM ” to be use for change “Refrigerant” from the refrigerant system and bring them to keep in refrigerant container between repair the refrigerant system ,after this refrigerant will use for me into refrigerant system. This effect will save the cost of refrigerant and it will protect a substance as “CFC” whom is a chemical element in refrigerant to let go on the atmosphere and by applied with microcontroller 8051 for control system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้ ก็ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย โดยเฉพาะบุคคลดังต่อไปนี้

อาจารย์ สาท คำมุด อาจารย์ที่ปรึกษาตั้งแต่เริ่มจัดทำ ทั้งยังให้ความสะดวกและยังให้คำแนะนำต่าง ๆ

อาจารย์ ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่ได้จัดหาอุปกรณ์ให้ใช้ในการทดลองจนโครงการสำเร็จ

นาย ฐรากร จำเรียง ในนาม บริษัท OBM Cooling Service and Supply ที่ได้ให้แนวคิด คำปรึกษาและจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับโครงการทั้งหมด

และรวมทั้งทุก ๆ คนที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด จนทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นาย บรรยัค วงศ์พิมพ์

นาย ปิยะพันธ์ ทาทอง

นาย สุทธิพงษ์ แสงประดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
ABSTRACT	
กิตติกรรมประกาศ	
บทที่ 1: บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
บทที่ 2 : ทฤษฎีของการทำความเย็น	4
2.1 วัฏจักรการทำความเย็น	4
2.2 ชนิดของตัวควบคุมสารทำความเย็น	5
2.3 สารทำความเย็น	7
2.4 ผลกระทบของการใช้สารทำความเย็นในการทำความเย็น	10
2.5 อุปกรณ์ช่วยในระบบทำความเย็น	11
2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการบริการระบบทำความเย็น	14
2.7 การบริการระบบทำความเย็น	18
2.8 การดูแลสารทำความเย็นออกจากระบบทำความเย็น	21
บทที่ 3 : ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	25
3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	25
3.2 การต่อใช้งานขา อินพุท/เอาต์พุท , พอร์ต	27
3.3 การแสดงผลโดย LCD Module	31
3.4 การใช้งาน Timer	35
บทที่ 4 : หลักการของเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น	48
4.1 ฟังก์ชันใช้งานของเครื่องรีไซเคิลระบบทำความเย็น	48
4.2 การประกอบติดตั้งหน้าจอและแผงวงจรควบคุม	53
4.2 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 : การทดลอง	63
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	63
5.2 การทดลอง	63
บทที่ 6 : ข้อเสนอแนะและแนวทางการวิจัย	70
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 วัฏจักรการทำงานเขียน	4
รูปที่ 2-2 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบท่อเชื่อม	5
รูปที่ 2-3 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบลิ้นคลายแรงดันอัตโนมัติ	6
รูปที่ 2-4 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบลิ้นคลายแรงดันควบคุมด้วยระดับความร้อน	6
รูปที่ 2-5 ถังพักสารทำความเย็น	11
รูปที่ 2-6 ตัวแยกน้ำมันที่ใช้ในระบบเครื่องทำความเย็น	12
รูปที่ 2-7 ตัวกรองและดูดความชื้น	12
รูปที่ 2-8 ที่คูสารทำความเย็น	13
รูปที่ 2-9 ถังดักสารทำความเย็นเหลว	13
รูปที่ 2-10 เกจแมนนิโฟลด์	14
รูปที่ 2-11 การต่อเกจแมนนิโฟลด์เข้ากับระบบ	17
รูปที่ 2-12 ตะเกียงตรวจรอยรั่วด้วยแก๊ส โพรเพน	18
รูปที่ 2-13 การทำสุญญากาศระบบ	19
รูปที่ 2-14 การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะแก๊ส	20
รูปที่ 2-15 การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะของเหลว	21
รูปที่ 2-16 หลักการดูดสารทำความเย็นมาเก็บในถังเก็บ	22
รูปที่ 3-1 ไลอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP	25
รูปที่ 3-2 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051	26
รูปที่ 3-3 วงจรออสซิลเลเตอร์และขบวนพัลส์ที่ความถี่คริสตัล	30
รูปที่ 3-4 การต่อ LCD module แบบ Memory map	33
รูปที่ 3-5 การต่อ LCD module แบบ I/O port	34
รูปที่ 3-6 แสดงการทำงานของ Timer	36
รูปที่ 3-7 การทำงานของ Timer ในโหมดต่าง ๆ	39
รูปที่ 3-8 ความถี่สัญญาณพิก้าที่จะเข้า Timer	41
รูปที่ 3-9 การใช้บิตควบคุม TR	42
รูปที่ 3-10 ระบบทั้งหมดของ Timer1	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-1	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ RECOVERY MODE	49
รูปที่ 4-2	การทำงานของ VACUMM	51
รูปที่ 4-3	หน้าจอของเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น	53
รูปที่ 4-4	แผงวงจรควบคุมและการติดตั้งโซลินอยวาล์ว	54
รูปที่ 4-5	แผงวงจร SUPPLY	55
รูปที่ 4-6	อุปกรณ์ทั้งหมดในการทำงาน	56
รูปที่ 4-7	แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดการทำงานทั้งหมด	58
รูปที่ 4-8	แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น	59
รูปที่ 4-9	แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดแวกคัม	60
รูปที่ 4-10	แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดชาร์จน้ำยา	61
รูปที่ 4-11	แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดเติมน้ำมัน	62
รูปที่ 5-1	การต่อสายแมนนิโฟลด์เกจในโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น	65
รูปที่ 5-2	การต่อสายแมนนิโฟลด์เกจในโหมดการทำสุญญากาศ	67
รูปที่ 5-3	การต่อสายแมนนิโฟลด์เกจในโหมดชาร์จน้ำยา	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 ค่าการทำลายโอโซนของกลุ่มสารทำความเย็น	10
ตารางที่ 3-1 ฟังก์ชันการใช้งานแต่ละบิตของพอร์ต 3	28
ตารางที่ 3-2 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซต 8051	29
ตารางที่ 3-3 ขาสัญญาณของ LCD module	32
ตารางที่ 3-4 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer	36
ตารางที่ 3-5 รีจิสเตอร์ TMOD	37
ตารางที่ 3-6 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	37
ตารางที่ 3-7 ความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON	38
ตารางที่ 3-8 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

คำนำ

ปัจจุบันระบบทำความเย็น และการปรับอากาศได้ถูกนำมาใช้ในวงการธุรกิจอุตสาหกรรม และในบ้านเรือน สถานที่พักอาศัย เพื่อการปรับสภาพอุณหภูมิให้เหมาะสม โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่ต้องการความเย็น ออกไประบายยังบริเวณภายนอก โดยในระบบเครื่องทำความเย็นนี้จะมีสารทำความเย็น (Refrigerant) เป็นตัวกลางในการนำความร้อน ไปถ่ายเทยังบริเวณภายนอก

สารทำความเย็นเหล่านี้ในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างแพง และหากระบบทำความเย็นเกิดขัดข้อง หรือต้องการที่จะเคลื่อนย้ายระบบไปติดตั้งยังสถานที่อื่น การตรวจซ่อม หรือการรีระบบทำความเย็นจะทำให้สารทำความเย็นระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ โดยผ่านทางช่องทางเปิดของระบบ ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองสารทำความเย็นโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้สารทำความเย็นที่มีโซลูใน ปัจจุบันส่วนใหญ่แล้วจะมีสาร CFC เป็นส่วนประกอบ และถ้าสารทำความเย็นเหล่านี้ระเหยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ สาร CFC ก็จะไปทำลายชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดภาวะวิกฤตแก่โลกได้

ดังนั้นจึงได้เกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องนี้ขึ้นมา เพื่อวัตถุประสงค์ในการขจัดผลเสียต่าง ๆ จากที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยจะมีหลักการทำงานก็คือ การดูดสารทำความเย็นที่อยู่ภายในระบบมาทำความสะอาดแล้วนำไปเก็บยังถังเก็บ เพื่อที่จะนำสารทำความเย็นนี้เติมกลับเข้าไปในระบบอีกครั้ง และยังเพิ่มความสามารถในการอำนวยความสะดวกต่อการบริการระบบ คือ การทำสูญญากาศระบบ, การเติมสารทำความเย็น, และการเติมน้ำมันคอมเพรสเซอร์ ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ โดยให้ชื่อเครื่องนี้ว่า เครื่อง “Recycle of Refrigerant System”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้สามารถลดต้นทุนในด้านสารทำความเย็นและเป็นการใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศได้อย่างคุ้มค่า
2. เพื่อให้ความสะดวกในการบริการระบบทำความเย็น
3. เพื่อลดการปล่อยสาร CFC ไม่ให้ขึ้นไปทำลายชั้นบรรยากาศโลก
4. เพื่อประยุกต์การใช้งานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ในการควบคุมการทำงาน

ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถนำไปใช้งานในการตรวจสอบสารทำความเย็นจากระบบปรับอากาศรถยนต์, ระบบปรับอากาศทั่ว ๆ ไป มาเก็บไว้ในถังเก็บในระหว่างตรวจซ่อม หรือรื้อระบบนั้น ๆ
2. มีฟังก์ชันในการใช้งานที่สามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ช่างที่ปฏิบัติงานกับระบบ คือ
 - ตรวจสอบสารทำความเย็นมาเก็บ
 - ทำสุญญากาศระบบ
 - เติมน้ำยาเข้าสู่ระบบ
 - เติมน้ำมันเข้าคอมเพรสเซอร์ของระบบ
3. ตัวเครื่องสามารถเคลื่อนย้ายได้ เพื่อให้เกิดความสะดวกกับช่างที่ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

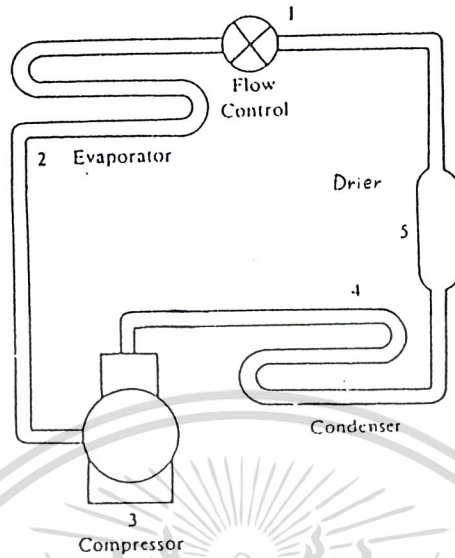
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. สามารถลดต้นทุนของการใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น
2. สามารถอำนวยความสะดวกต่อช่างที่ปฏิบัติงานกับระบบทำความเย็น
3. รักษาสิ่งแวดล้อม โดยไม่ปล่อยสาร CFC ออกไปทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศของโลก
4. เป็นการเพิ่มกำไรให้กับสถานประกอบการ
5. เป็นการสร้างภาพพจน์ที่ดีให้กับสถานประกอบการที่ ซึ่งจะส่งผลให้ได้รับความเชื่อถือจากลูกค้าเพิ่มมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีของการทำความเย็น



รูปที่ 2-1 วงจรการทำความเย็น

2.1 วงจรการทำความเย็น

ประกอบด้วย การระเหย การควบแน่น และการหมุนเวียนของสารทำความเย็น (Refrigerant) ในระบบอย่างสม่ำเสมอ โดยการระเหยกลายเป็นไอเกิดขึ้นเมื่อมีความดันต่ำและส่งผลให้อุณหภูมิต่ำ การควบแน่นจากไอเป็นของเหลวเกิดขึ้นเมื่อมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง

การทำงาน เริ่มจากคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำงานดูดสารทำความเย็นในสถานะไอจากอีเวปอเรเตอร์ (Evaporator) โดยผ่านเข้าท่อดูด (Suction line) และอัดไอสารทำความเย็น จนมีความดันและอุณหภูมิสูงผ่านท่อออก (Discharge line) ไปยังคอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งจะมีการระบายความร้อนของไอสารทำความเย็นออกไป (เช่นการใช้พัดลมเป่าเพื่อระบายความร้อนหรืออื่น ๆ) ทำให้ไอสารทำความเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลว และส่งผ่านไปยังตัวกรองและดักความชื้น (Filter Drier) ไปสู่ตัวควบคุมสารทำความเย็น (Flow Control Device) เพื่อควบคุมปริมาณของสารทำความเย็นที่จะเข้าไปในอีเวปอเรเตอร์ และในเวลาเดียวกันจะเป็นตัวลดความดันของสารทำความเย็นอีกด้วย ซึ่งทำงานตามเงื่อนไขของอุณหภูมิต่ำที่ต้องการให้เกิดขึ้นที่อีเวปอเรเตอร์ คือถ้าต้องการอุณหภูมิต่ำ ๆ ก็จะต้องให้ตัวควบคุมสารทำความเย็นฉีดสารทำความเย็นเข้าไปมากขึ้น สารทำความเย็นก็จะผ่านเข้าอีเวปอเรเตอร์ และเดือดกลายเป็นไอ (เพราะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิโดยรอบของอีเวปอเรเตอร์) ซึ่งเป็นลักษณะที่สารทำความเย็นดูดความร้อนจากภายนอกมา จึงทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีเวปอเรเตอร์เย็นลง หลังจากนั้นไอสารทำความเย็นที่ทางออกของอีเวปอเรเตอร์จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาควิชาวิศวกรรมเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมเพรสเซอร์ดูดกลับ และอัดส่งต่อไปยังคอนเดนเซอร์เช่นเดิม สารทำความเย็นที่ใช้งานในระบบจะมีทิศทางอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ

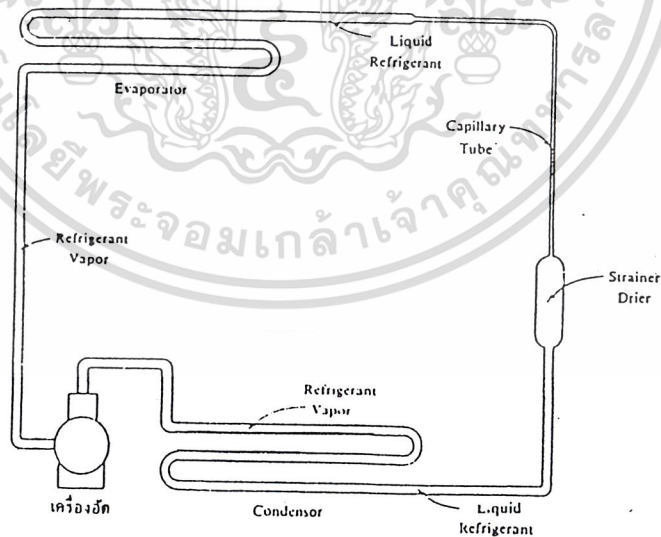
จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ความเย็นที่ได้รับจากอีเวปอเรเตอร์นั้นจะมากหรือน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาณน้ำยาที่ถูกฉีดเข้าไป เพื่อไปดูดความร้อนรอบ ๆ อีเวปอเรเตอร์ โดยจะมีตัวควบคุมสารทำความเย็นเป็นตัวควบคุมว่าจะให้ปริมาณน้ำยามาก-น้อย
2. ความสามารถในการดูดความร้อนของน้ำยาทำความเย็น โดยที่น้ำยาทำความเย็นที่มีใช้ในเครื่องทำความเย็นนั้นมีหลายชนิด ซึ่งจะมีใช้แตกต่างกันตามปริมาณความเย็นที่ต้องการและความปลอดภัยในการใช้งาน

2.2 ชนิดของตัวควบคุมสารทำความเย็น (Flow Control Device)

ตัวควบคุมสารทำความเย็น เป็นตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าไปในอีเวปอเรเตอร์ ที่มีใช้โดยมากแล้วมี 3 ชนิด คือ

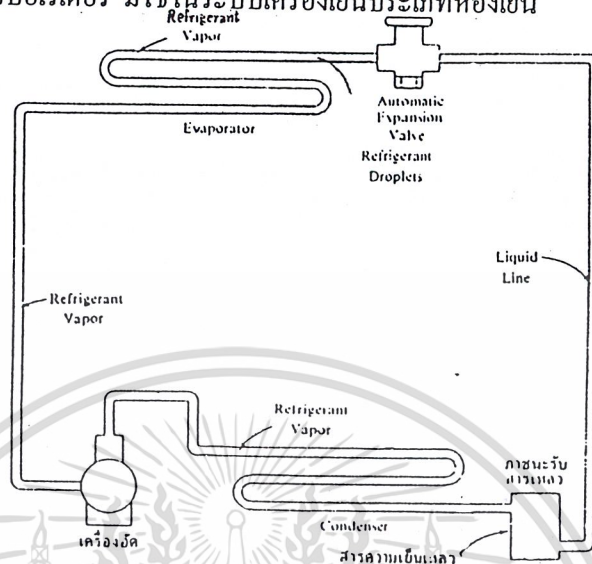
1. ระบบท่อรูเข็ม (Capillary Tube System) เป็นท่อทองแดงเล็ก หรือที่นิยมเรียกกันว่าท่อ Cap. Tube เครื่องทำความเย็นที่ใช้ท่อรูเข็มควบคุมปริมาณสารทำความเย็นจะใช้กันมากในตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ เพราะใช้ง่าย ค่าใช้จ่ายต่ำ และมักไม่ค่อยสร้างปัญหาให้กับผู้ใช้



รูปที่ 2-2 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบท่อรูเข็ม

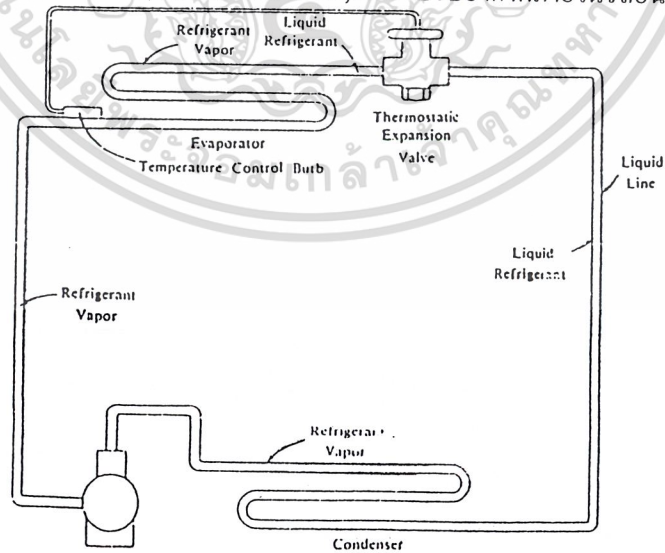
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบลิ้นคลายแรงดันอัตโนมัติ (Automatic Expansion Valve System) หรือ AEV จะใช้แรงดันของสารทำความเย็นขณะเครื่องทำงานเป็นตัวควบคุมปริมาณของสารทำความเย็น จุดประสงค์ของการใช้ลิ้นคลายความดันก็เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะไหลเข้าอีเวปอเรเตอร์ มีใช้ในระบบเครื่องเย็นประเภทห้องเย็น



รูปที่ 2-3 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบลิ้นคลายแรงดันอัตโนมัติ

3. ระบบลิ้นคลายแรงดันควบคุมโดยระดับความร้อน (Thermostatic Expansion Valve System) หรือ TEV การทำงานของลิ้นคลายความดันที่ควบคุมโดยความร้อน จะถูกควบคุมด้วยความร้อนที่มีในส่วนท้ายของอีเวปอเรเตอร์ โดยกระเปาะรับความร้อน (Control Bulb) ของลิ้น TEV ที่สัมผัสกับท้ายของอีเวปอเรเตอร์ แบบนี้จะนิยมใช้กันมากในระนาบเครื่องเย็นทางการค้า, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องปรับอากาศภายในรถยนต์



รูปที่ 2-4 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบลิ้นคลายแรงดันควบคุมโดยระดับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารทำความเย็น (Refrigerant)

สารทำความเย็นอาจจะเป็นของเหลว หรือแก๊สอะไรก็ได้ที่สามารถนำความร้อนได้ดี ที่นิยมใช้กันมากก็มี แอมโมเนีย ซึ่งใช้ตามโรงงานน้ำแข็ง และฟร็อน (Freon) ซึ่งใช้ในตู้เย็น ,เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ฟร็อนเป็นสารผสมระหว่าง ฟลูออรีน ,คลอรีนและมีเทน ตามสัดส่วนต่างๆ โดยจำแนกออกตามเบอร์ เช่น R-12 ,R-22 ,R-500 เป็นต้น

คุณสมบัติของสารทำความเย็นที่ดี

1. ถ่ายความร้อนได้ดี เพื่อจะได้ใช้สารทำความเย็นน้อย ถ่ายความร้อนได้มาก ๆ
2. ไม่เป็นพิษ เพราะถ้าเกิดรั่วออกมาจะได้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
3. ไม่ติดไฟ, ไม่ระเบิด
4. ไม่กัดโลหะที่ทำเครื่อง และท่อ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดรอยรั่ว เกิดสนิม ทำให้เครื่องชำรุดอย่างไรก็ดี หากมีความจำเป็นก็จะต้องออกแบบเครื่อง โดยไม่ใช้โลหะที่สารทำความเย็นกัด เช่นเครื่องที่ใช้แอมโมเนีย จะมีส่วนประกอบที่เป็นทองแดงไม่ได้
5. เวลาเร็ว ตรวจสอบรอยรั่วได้ง่าย ฟร็อนเมื่อถูกกับเปลวไฟ จะทำให้เปลวไฟเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว แอมโมเนียเมื่อถูกเปลวไฟที่จุดจากกำมะถัน จะเป็นควันสีขาวสารทำความเย็นบางชนิดอาจผสมสีเข้าไปด้วยได้ เวลาเร็วจะมีสีออกมาตามรอยรั่ว
6. ใช้ความดันไม่สูงนัก เพราะถ้าใช้ความดันสูงจะต้องสร้างเครื่องและต่อท่อให้แข็งแรงขึ้น
7. ไม่เปลี่ยนสภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันและความร้อน เพื่อจะได้นำกลับมาใช้ได้
8. ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันเครื่อง เนื่องจากในคอมเพรสเซอร์ มีน้ำมันเครื่องที่ใช้หล่อลื่นลูกสูบ, ถ้าสารทำความเย็นไปทำให้น้ำมันเครื่องเสื่อมคุณภาพ หรือทำให้เป็นฟอง ลูกสูบก็จะทำงานได้ไม่ดี
9. ราคาไม่แพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอส์สารทำความเย็นที่ใช้โดยทั่วไปในงานเครื่องทำความเย็น

R-11 (CCl_3F)

เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบเครื่องเย็นไม่มีพิษและไม่ติดไฟ สารทำความเย็นชนิดนี้เมื่อซาร์จ อยู่ในระบบจะมีแรงดันทางต่ำ 24 นิ้ว แวกคัมที่ 5°F และแรงดันทางสูง 18.3 psia ที่ 86°F สารทำความเย็นชนิดนี้ใช้ในระบบเครื่องปรับอากาศชนิดใหญ่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบเซนต์ฟูกัลคอมเพรสเซอร์ นอกจากนั้น R-11 (หรือ F-11) ยังนำไปใช้ในการล้างระบบทำความเย็นในกรณีที่มีมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ใหม่ หรือในการซ่อมแซมระบบใหม่ เช่นเปลี่ยนท่อใหม่หรือย้ายสถานที่ติดตั้ง แต่ส่วนใหญ่ในเมืองไทยจะใช้ R-11 สำหรับล้างระบบ

R-12 (CCl_2F_2)

R-12 หรือ F-12 ใช้ในระบบตู้เย็น, ตู้แช่, เครื่องปรับอากาศติดรถยนต์ และในเครื่องปรับอากาศติดหน้าต่างชนิดเก่า ๆ ยังใช้ R-12 อยู่บ้าง R-12 จะใช้กับระบบเครื่องทำความเย็นเล็ก ๆ และใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบและโรตารี และบางทีก็ใช้กับคอมเพรสเซอร์ระบบเซนต์ฟูกัลคอมเพรสเซอร์ R-12 บางทีก็บรรจุในถังสีขาว แต่บางบริษัททำใส่กระป๋องมาเพื่อการเติมสารทำความเย็นเล็กๆ น้อย ๆ เช่นในรถยนต์เป็นต้น แรงดันทางต่ำที่ 5°F เท่ากับ 26.5 psia และแรงดันทางสูงที่ 86°F เท่ากับ 108 psia

R-22 ($CHClF_2$)

R-22 ใช้ในระบบตู้แช่เย็นจัด, เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างและแบบใหญ่ ๆ เช่น แยกระบบ (Split type) ทั่วไป R-22 เป็นสารทำความเย็นที่มีจุดเดือดต่ำกว่า R-12 ดังนั้นในระบบเครื่องเย็นที่ต้องการใช้อุณหภูมิของอีเวปอเรเตอร์ต่ำจะใช้สารทำความเย็นชนิดนี้ และใช้เฉพาะมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบเท่านั้น R-22 มีจุดเดือดที่ -41 °F ที่แรงดันของบรรยากาศแรงดันทางต่ำที่ 5°F เท่ากับ 42.8 psia และคอมเพรสเซอร์ทางสูงที่ 86°F เท่ากับ 173.87 psia

R-500 (CCl_2F_2 / CH_3CHF_2)

เป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น 2 ชนิด คือ R-22 เท่ากับ 48.8% ผสมกับ R-12 เท่ากับ 73.8% (เรียกว่า Azotropic Mixture) R-500 เหมาะสำหรับใช้กับระบบเครื่องเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและทางด้านการค้า และเหมาะสำหรับใช้ในสถานที่ความถี่ของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจาก 60-50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R-502 ($CHClF_2 / CClF_2CF_3$)

เป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น 2 ชนิด คือ R-22 เท่ากับ 48.8% ผสมกับ R-115 เท่ากับ 51.2% เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ได้ดีในระบบที่ต้องการอุณหภูมิต่ำขนาด 0 ถึง $-60^{\circ}F$ น้ำยาชนิดนี้จะใช้ในห้องเก็บอาหารแช่แข็งหรือเย็นจัด, ตู้เก็บอาหารเย็นจัดจนแข็ง และถังไอศกรีมและจะใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ จุดเดือดของสารทำความเย็น R-502 ที่ $-50.1^{\circ}F$ แรงดันทางสูงที่ $86^{\circ}F$ เท่ากับ 675.1 psia และแรงดันทางต่ำที่ $5^{\circ}F$ เท่ากับ 50.68 psia

R-503 ($CHF_3 / CClF_3$)

เป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น 2 ชนิด คือ R-13 เท่ากับ 59.9% ผสมกับ R-23 เท่ากับ 40.1% จุดเดือดของสารทำความเย็นที่แรงดันบรรยากาศ เท่ากับ $-128.6^{\circ}F$ ซึ่งเป็นระบบเครื่องเย็นที่ใช้ในห้องทดลอง หรือประเภทระบบเครื่องเย็นอุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิจุดเดือด (Critical Temperature $67.1^{\circ}F$) เท่ากับแรงดันวิกฤต (Critical Pressure 607 psia)

R-504 ($CH_2F_2 / CClF_2CF_3$)

เป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น R-32 และ R-115 คือ R-32 เท่ากับ 48.3% ผสมกับ R-115 เท่ากับ 51.7% จุดเดือดของ R-504 เท่ากับ $-70^{\circ}F$ ที่แรงดันบรรยากาศ แรงดันของอีเวปอเรเตอร์ที่ $5^{\circ}F$ เท่ากับ 85.93 psia แรงดันวิกฤตเท่ากับ 690 psia สารทำความเย็นชนิดนี้ใช้กับระบบเครื่องเย็นอุตสาหกรรมซึ่งต้องการอุณหภูมิต่ำขนาด $-40^{\circ}F$ ถึง $-80^{\circ}F$

R-717 หรือ แอมโมเนีย (HN_3)

สารทำความเย็นแอมโมเนียส่วนมากใช้ในงานเครื่องเย็นแบบโรงงานอุตสาหกรรม เป็นส่วนผสมของแก๊สไนโตรเจนและไฮโดรเจน มีจุดเดือด $-28^{\circ}F$ ที่แรงดันบรรยากาศระบบเครื่องควบแน่นที่ใช้ในเครื่องเย็นชนิดใช้ R-717 เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และแรงดันเครื่องควบแน่นหรือแรงดันของเครื่องควบแน่นจะเท่ากับ 154.5 psi ที่ $86^{\circ}F$ ระบบเครื่องเย็นที่ใช้ R-717 คือระบบเครื่องเย็นขนาดใหญ่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ และใช้ในระบบเครื่องเย็นชนิดดูดซึม (Absorption type System)

2.4 ผลกระทบของการใช้สารทำความเย็นในการทำความเย็นและปรับอากาศ

การค้นพบสารทำความเย็นนี้เอง ที่ทำให้เกิดมีเครื่องอำนวยความสะดวกใช้ในบ้านเรือน และธุรกิจอุตสาหกรรม โดยเฉพาะ ตู้เย็น, เครื่องปรับอากาศ, ระบบห้องเย็น, โรงงานทำน้ำแข็ง หรืออื่น ๆ แต่ถ้าหากสารทำความเย็นในระบบทำความเย็น เกิดการรั่วจากระบบออกไปยังบรรยากาศ ก็จะเกิดผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศของโลก ทั้งนี้เพราะสารทำความเย็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายนั้น (เช่น R-11, R-12, R-22, R-502, R-500, R-504, R-503, R-114 เป็นต้น) มีคลอรีน (Chlorine) เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลหรือที่เรานิยมเรียกว่า สาร CFC (Chlorofluorocarbon)

ดังนั้นหากเกิดการรั่วของสาร CFC ออกสู่บรรยากาศภายนอกอันอาจเกิดมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การซ่อมบำรุงระบบทำความเย็นเมื่ออุปกรณ์ในระบบเสีย สาร CFC เมื่อลอยขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศและถูกรังสีอุลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ก็จะเกิดการแตกตัวทำให้เกิดคลอรีนอิสระ ซึ่งคลอรีนอิสระนี้เองจะทำให้โอโซนแตกตัวออกมา และคลอรีนอิสระ 1 อะตอม สามารถทำลายโอโซนได้ถึง 100,000 โมเลกุล ดังนั้นเมื่อโอโซนแตกตัวก็จะทำให้เกิดการรั่วของชั้นบรรยากาศ ทำให้การผ่านของรังสีอุลตราไวโอเล็ตลงมายังโลกมากขึ้น โลกก็จะร้อนขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดอันตรายต่อคนและสิ่งมีชีวิต เช่น ทำให้คนเป็นมะเร็งผิวหนัง, ตาต้อหรือมัวลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงของ DNA ซึ่งเป็นสารถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิต มีผลทำให้พืชและสัตว์กลายพันธุ์ไปจากเดิมตลอดจนเกิดการฆ่าตัวตายของมนุษย์ และในส่วนของกายภาพ การที่โลกร้อนขึ้นย่อมทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น เพราะความร้อนจะทำให้ภูเขาน้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำจำนวนมากมหาศาลไหลลงมหาสมุทร และทำให้เกิดน้ำท่วมในแผ่นดินที่มีระดับต่ำได้

ตารางที่ 2-1 ค่าการทำลายโอโซนของกลุ่มสารทำความเย็น

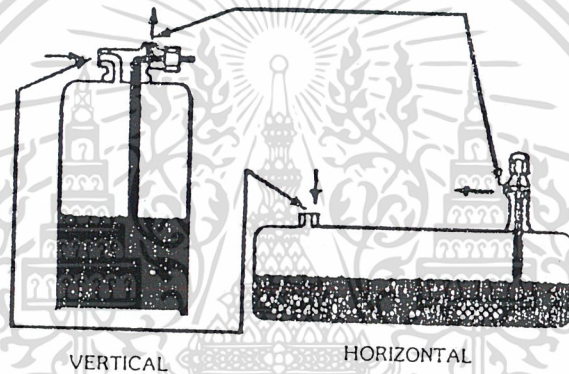
สารเคมี	ช่วงเวลาในบรรยากาศ (ALT) ,ปี	ประสิทธิภาพในการทำลายโอโซน(ODP)	ประสิทธิภาพในการทำให้โลกร้อนขึ้น
CFC -11	55	1.0	1.0
CFC-12	116	1.0	3.0
CFC-13	110	1.07	1.4
CFC-14	220	0.8	3.9
HCFC-22	15.8	0.055	0.36
HFC-134a	15.6	0	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อุปกรณ์ช่วยในระบบทำความเย็น

เป็นอุปกรณ์ที่ต่อเข้าไปในระบบทำความเย็นเพื่อช่วยให้การทำงานของเครื่องทำความเย็นดีขึ้น อุปกรณ์ช่วยต่าง ๆ มีดังนี้

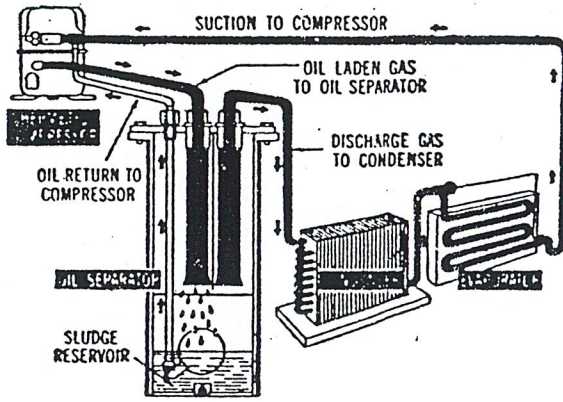
1. ถังพักสารทำความเย็นเหลว (Liquid receiver) เป็นถังโลหะสำหรับเก็บสารทำความเย็น และส่งเฉพาะสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวต่อไปยังท่อสารทำความเย็นเหลว (Liquid line) และส่งไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็น ถังพักสารทำความเย็นเหลวจะเก็บสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไว้ด้านล่าง และส่วนของสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะถูกเก็บไว้ในส่วนบนของถัง โดยไม่ยอมให้ผ่านเข้าไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็นเพราะจะทำให้ ประสิทธิภาพของการทำความเย็น น้อยลงไป ถังพักสารทำความเย็นจะต่ออยู่ระหว่างทางออกของคอนเดนเซอร์ และท่อสารทำความเย็นก่อนจะเข้าตัวควบคุมสารทำความเย็น



รูปที่ 2-5 ถังพักสารทำความเย็น

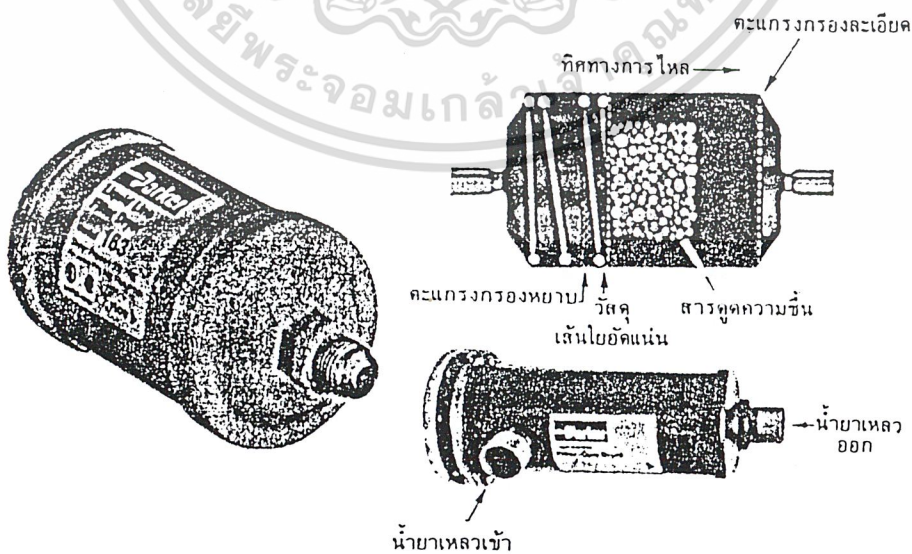
2. ตัวแยกน้ำมัน (Oil Separators) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ออกจากท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์ออกมากเกินไป ซึ่งถ้าหากว่ามีน้ำมันตกเข้าไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของระบบเครื่องเย็นมากเกินไปแล้ว จะทำให้คอมเพรสเซอร์มีน้ำมันอยู่น้อยเกินไป ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ (ชนิดปิดเชื่อม) อาจจะไม่ไหวได้ง่าย ๆ ขนาดของตัวแยกน้ำมันจะต้องมีความจุมากกว่าขนาดของท่อทางอัดเพื่อแก้ปัญหาแรงดันตก น้ำมันที่ตกไปอยู่ในส่วนล่างของตัวแยกน้ำมันจะมีท่อส่งน้ำมันกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ โดยที่น้ำมันที่จะกลับเข้าคอมเพรสเซอร์นั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลูกลอย ถ้าหากน้ำมันในส่วนล่างของตัวแยกน้ำมันสูงมาก ลูกลอยจะเปิดให้น้ำมันไหลเข้าคอมเพรสเซอร์มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



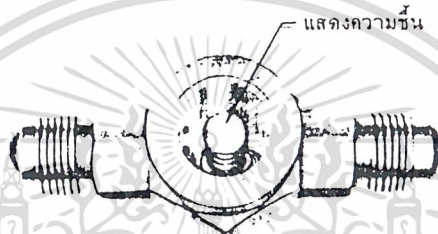
รูปที่ 2-6 ตัวแยกน้ำมันที่ใช้ในระบบเครื่องทำความเย็น

3. ตัวกรองและดูดความชื้น (Filter Drier) วิธีที่จะทำให้สารทำความเย็นภายในระบบทำความเย็นสะอาด และปราศจากความชื้น ทำได้โดยการต่อตัวกรองและตัวดูดความชื้นไว้ที่ทางออกของคอนเดนเซอร์ และท่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ตัวกรองและตัวดูดความชื้นจะประกอบด้วยตะแกรงสำหรับกรองขี้ผึ้งหรือสิ่งสกปรก และมีผงดูดความชื้นส่วนมากจะใช้ซิลิกาเจล (Silica gel) คอยดักอยู่ก่อนที่จะให้สารทำความเย็นผ่านเข้าไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็น สารดูดความชื้นนอกจากซิลิกาเจลแล้ว ยังมีสารอื่นอีกหลายชนิดเช่น แคลเซียมซัลเฟต, แอคติเวทเตทอลูมินัมและแคลเซียมคลอไรด์



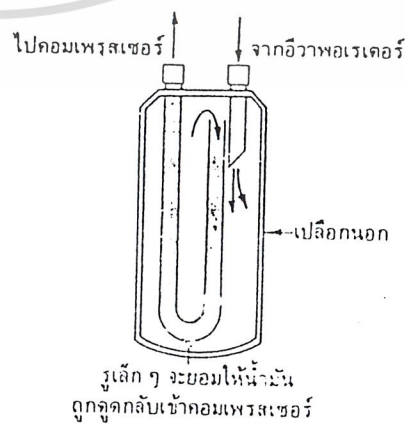
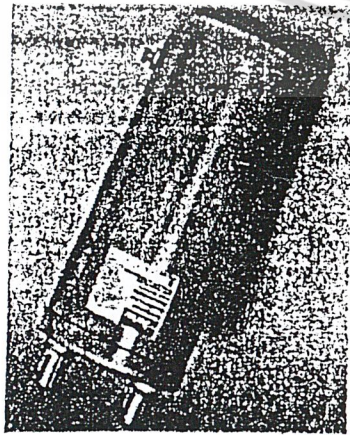
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ที่ดูสารทำความเย็น (Sight glass) ที่ดูสารทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง ที่ติดตั้งไว้ระหว่างท่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid line) และทางเข้าของตัวควบคุมสารทำความเย็น ที่ดูสารทำความเย็นจะมีกระจกสำหรับมองดูสารทำความเย็น เพื่อจะดูว่าปริมาณสารทำความเย็นที่มีอยู่ในระบบเพียงพอหรือไม่ อีกประการหนึ่งเมื่อเรามีที่ดูสารทำความเย็นก็จะสามารถบอกได้ว่าคอนเดนเซอร์จะทำงานได้เต็มที่หรือไม่ กล่าวคือเมื่อเดินเครื่องปกติถ้าสารทำความเย็นในระบบมีพอดีคือเต็มในระบบ เราจะมองเห็นในกระจกดูสารทำความเย็นว่ามีอยู่เต็มตลอด แต่ถ้าหากสารทำความเย็นเป็นฟองแก๊สวิ่งคู่ไปกับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวตลอดเวลา ให้ทดลองเอาน้ำมาราดที่ตัวคอนเดนเซอร์ดู ถ้าหากฟองแก๊สหายไปก็แสดงว่า คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนไม่ดีทำให้แก๊สไม่กลั่นตัว (Uncondensing Gas) แต่ถ้าเอาน้ำมาราดแล้วฟองแก๊สยังไม่หมดไปแสดงว่าสารทำความเย็นในระบบมีน้อยเกินไป



รูปที่ 2-8 ที่ดูสารทำความเย็น

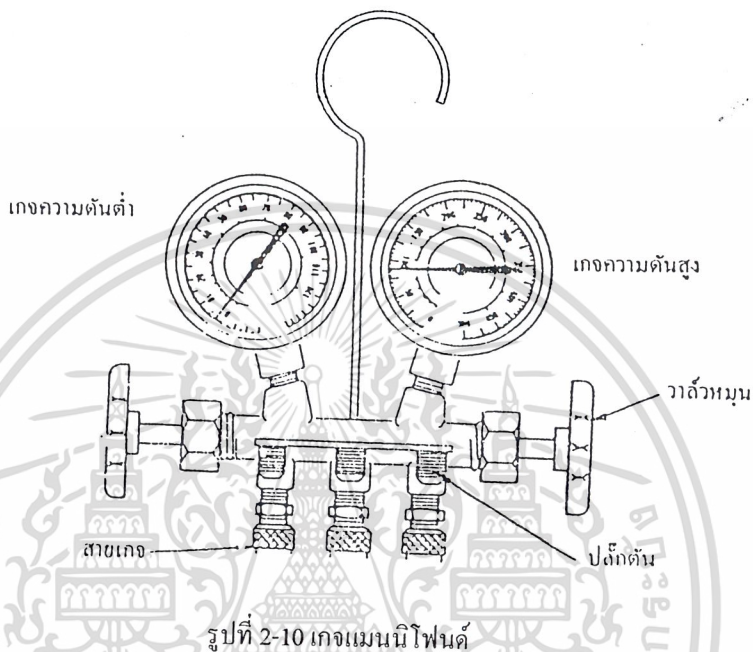
5. ถังดักสารทำความเย็นเหลว (Accumulator) โดยทั่วไปจะสร้างเป็นแบบท่อกลมใหญ่ต่ออยู่ระหว่างทางออกของอีเวปอเรเตอร์ และท่อทางดูด (Suction line) ซึ่งท่อทางดูดจะอยู่สูงกว่าทางออกของอีเวปอเรเตอร์ ถังดักสารทำความเย็นเหลวจะมีหน้าที่เก็บสารทำความเย็นเหลวที่ไม่ระเหยในอีเวปอเรเตอร์ ไว้ เพื่อให้สารทำความเย็นเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สเอง ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ และอาจจะทำให้เป็นอันตรายกับดินและอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2-9(ก) แอคคิวเมเตเตอร์ รูปที่ 2-9(ข) โครงสร้างภายในแอคคิวเมเตเตอร์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการบริการระบบทำความเย็น

1. เกจแมนนิโฟลด์ (Manifold Gauge) เป็นเครื่องมือที่สำคัญมากในการซ่อมบริการระบบทำความเย็น โดยจะเป็นตัววัดแรงดันของสารทำความเย็นที่มีอยู่ในระบบทั้งทางสูง และทางต่ำ และเป็นตัวบอกให้ทราบว่า มีสารทำความเย็นอยู่ภายในเครื่องทำความเย็นมากหรือน้อย ดังรูป



รูปที่ 2-10 เกจแมนนิโฟลด์

เกจแมนนิโฟลด์ ประกอบด้วยเกจวัด 2 ด้านคือ

1.1 เกจวัดด้านความดันต่ำ (Compound gauge) เกจด้านนี้เป็นเกจแบบรวมคือวัดได้ทั้งค่าความดันและค่าสุญญากาศอาจวัดความดันได้ตั้งแต่ 0-60 หรือ 0-150 หรือ 0-250 PSI ซึ่งจะขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจ และสามารถวัดค่าสุญญากาศได้ตั้งแต่ 0-30 นิ้วปรอทด้วย ตัวเกจโดยทั่วไปจะทำเป็นสีน้ำเงินเสมอ

1.2 เกจวัดด้านความดันสูง (Pressure gauge) เกจด้านนี้ใช้วัดได้เฉพาะค่าความดัน วัดสุญญากาศไม่ได้ อาจวัดความดันได้ตั้งแต่ 0-300 หรือ 0-500 หรือ 0-600 PSI ซึ่งจะขึ้นอยู่กับยี่ห้อของเกจ ตัวเกจโดยทั่วไปจะทำเป็นสีแดงเสมอ

สายแมนนิโฟลด์เกจโดยทั่วไปมักใช้ 3 เส้น 3 สี คือ

-สีน้ำเงิน ใช้ต่อกับเกจด้านความดันต่ำ

-สีแดง ใช้ต่อกับเกจด้านความดันสูง

-สีเหลือง สีเขียว หรือสีดำ ใช้สำหรับงานบริการต่างๆ

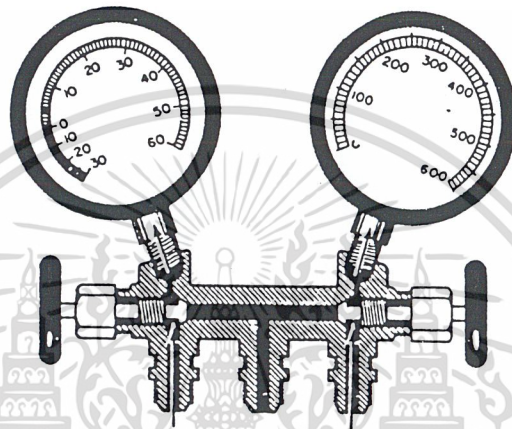
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีอี จำกัด หากท่านนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านข้างของแมนนิโฟลด์เกจ จะมีวาล์วสำหรับหมุนปิด-เปิดท่อทางภายในตัวเกจและบนหน้าปัทม์ของเกจทั้งสองด้านจะมีสเกลบอกค่าเป็นองศาฟาเรนไฮต์ไว้ด้วย เพื่อให้ทราบว่าในขณะที่สารทำความเย็นมีค่าความดันหนึ่ง ๆ จะมีอุณหภูมิของสารทำความเย็นเท่ากับกี่องศา แมนนิโฟลด์เกจโดยทั่วไปจะออกแบบให้ใช้กับสารทำความเย็น 3 เบอร์คือ R-12, R-22 และ R-502 ตำแหน่งต่าง ๆ ของวาล์วหมุนเมื่อใช้งาน

1. วาล์วหมุนปิดทั้งสองด้าน

-ใช้สำหรับอ่านค่าความดันในระบบเพื่อวิเคราะห์ปัญหาหรือเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ

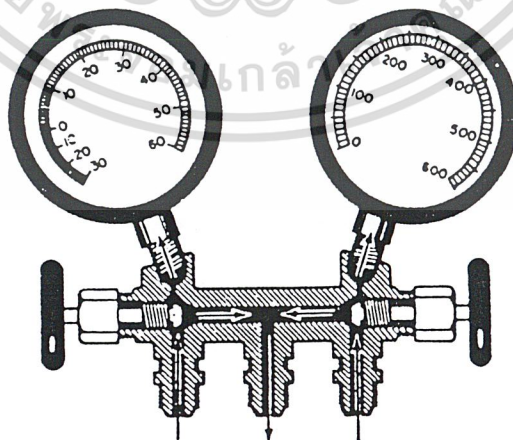


รูป 2-10 (ก)

2. วาล์วหมุนเปิดทั้งสองด้าน

-ใช้สำหรับถ่ายสารทำความเย็นออกจากระบบ

-ใช้ทำสุญญากาศ ดึงอากาศและความชื้นออกจากระบบ



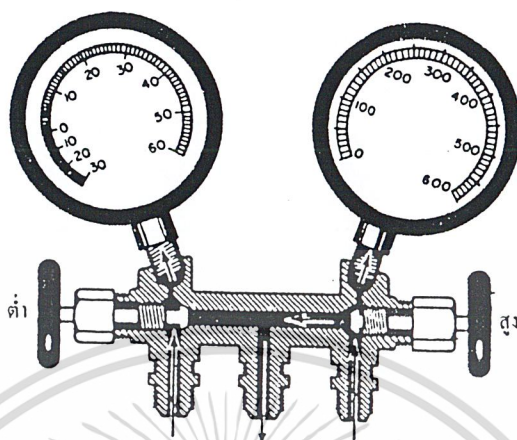
รูป 2-10 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วาล์วหมุนด้านความดันต่ำ ปิด ด้านความดันสูง เปิด

-ใช้สำหรับบรรจุก๊าซทำความเย็นเข้าระบบขณะคอมเพรสเซอร์ไม่ทำงาน

-ใช้ถ่ายสารทำความเย็นออกจากระบบ

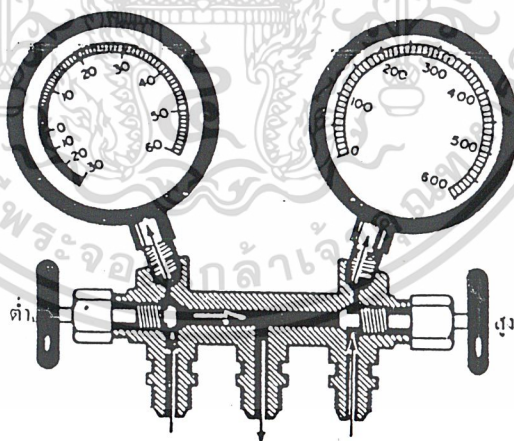


รูป 2-10(ค)

4. วาล์วหมุนด้านความดันต่ำ เปิด ด้านความดันสูง ปิด

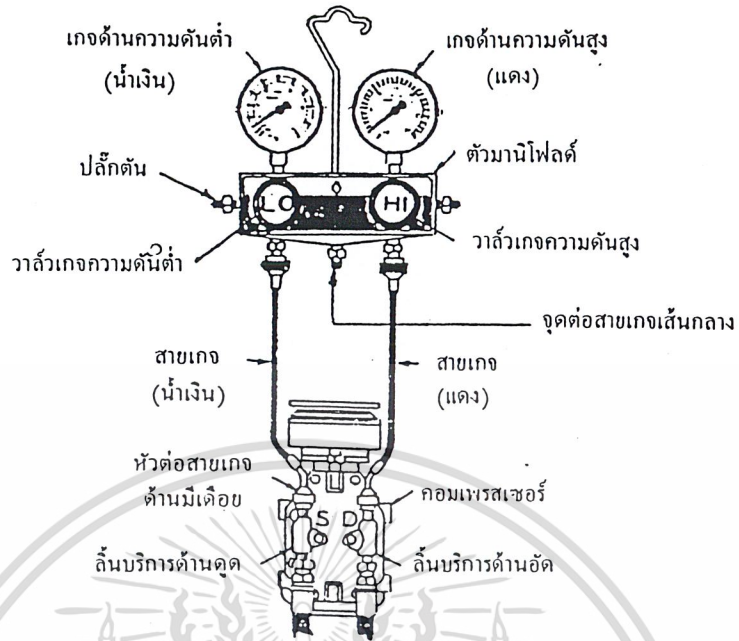
-ใช้สำหรับบรรจุก๊าซทำความเย็นเข้าระบบ ขณะคอมเพรสเซอร์ทำงาน

-ใช้ถ่ายสารทำความเย็นออกจากระบบ



รูป 2-10(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

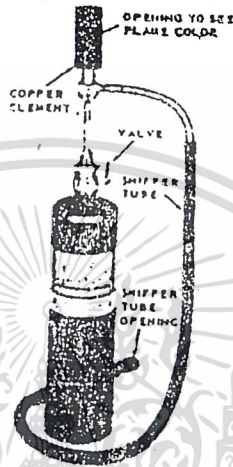


รูป 2-11 การต่อเกจแมนนิโฟลด์เข้ากับระบบ

2. เครื่องดูดสูญญากาศ (Vacuum Pump) เป็นเครื่องมือที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง ซึ่งในการซ่อมเครื่องทำความเย็นจำเป็นจะต้องใช้หลังจากการตรวจหารอยรั่วก่อนการบรรจุสารทำความเย็น เมื่อซ่อมรอยรั่วของระบบแล้วภายในระบบเครื่องเย็นจะมีอากาศ (14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) อยู่ในระบบ และในอากาศเหล่านั้นจะมีความชื้น (Moisture) อยู่ด้วย ความชื้นนี้จะเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ความเย็นลดน้อยลงไปหรือเย็นไม่ถึงจุดที่ต้องการ หรือไม่ได้ตามขนาดของเครื่องทำความเย็น และนอกจากนั้นแล้วในระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้แคลิฟิว ความชื้นซึ่งประกอบด้วยละอองไอน้ำ (Water Vapor) ที่มีอยู่ในระบบหรือในแคลิฟิว เมื่อเครื่องทำงานจะเย็น และเมื่อละอองไอน้ำหรือความชื้นเย็นแล้ว จะจับตัวเป็นก้อนน้ำแข็งตรงปลายแคลิฟิว หรือภายในแคลิฟิว ทำให้ปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าอีเวปอเรเตอร์น้อยลงไป และเครื่องจะเย็นไม่ทั่วอีเวปอเรเตอร์ ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องดูดสูญญากาศต่อเข้ากับระบบทำความเย็นเพื่อการทำสูญญากาศและลดความชื้นออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตะเกียงตรวจรอยรั่ว เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจรอยรั่วของสารทำความเย็นในระบบเครื่องทำความเย็น ที่ใช้ R-12 และ R-22 ถัง (Cylinder) จะบรรจุด้วยแก๊สโปรเพน, และเมื่อเปิดควาล์วแล้ว แก๊สโปรเพน จะไปผสมกับอากาศที่มาจากภายในท่ออย่าง เมื่อจุดไฟเปลวไฟจะมีสีแดง แต่ถ้าเอาปลายของสายท่ออย่างไปจี้บริเวณที่มี R-12 หรือ R-22 รั่วผ่านเข้าไป สารทำความเย็นจะไปผสมกับแก๊สโปรเพนทำให้เปลวไฟเปลี่ยนสีไป ดังนั้นถ้าเอาไปตรวจรอยรั่ว ถ้าตรงใดสีของเปลวไฟเปลี่ยนเป็นสีเขียวแสดงว่า จุดนั้นมีการรั่วของสารทำความเย็น



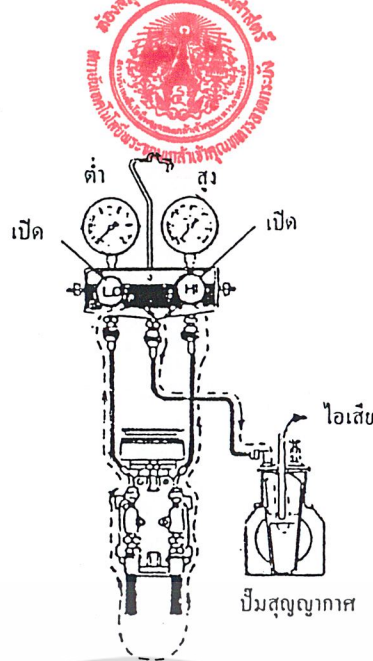
รูปที่ 2-12 ตะเกียงตรวจรอยรั่วด้วยแก๊สโปรเพน

2.7 การบริการระบบทำความเย็น

1. การทำสุญญากาศระบบ (Evacuating the system)

การทำสุญญากาศระบบนั้นจะทำภายหลังจากการตรวจรอยรั่วภายในระบบแล้วแน่ใจว่าไม่มีที่รั่วใด ๆ ในระบบซึ่งติดตั้งหรือถอดประกอบ การทำสุญญากาศก็เพื่อดึงเอาอากาศที่เข้าไปอยู่ภายในระบบขณะติดตั้ง หรือถอดซ่อมออกจากระบบให้หมด โดยจะใช้ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ทำสุญญากาศระบบเพื่อลดเอาอากาศและความชื้นออกจากระบบอย่างน้อยที่สุด 20 - 30 นาที และเข็มของเกจทางด้านโลตต้องชี้ที่ 29 นิ้วปรอทหรือต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 การทำสุญญากาศระบบ

2. การบรรจุสารทำความเย็นเข้าในระบบ (Charging the system)

การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบเป็นการปฏิบัติต่อจากการทำสุญญากาศโดยสามารถทำได้ 2 แบบคือ

- การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะแก๊ส (charging by vapor) การเติมสารทำความเย็นเข้าระบบโดยวิธีนี้ จะใช้เวลามากกว่าการบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะของเหลว แต่เป็นวิธีที่ปลอดภัยในการปฏิบัติ จะกระทำขณะหยุดระบบเครื่องปรับอากาศโดยปิดวาล์วด้านความดันต่ำและให้เปิดวาล์วของเกจด้านความดันสูงช้า ๆ เพื่อให้สารทำความเย็นจากถังไหลเข้าระบบในสถานะแก๊ส และช่วงแรกให้ความดันเกจด้านความดันสูงมีความดันประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อป้องกันมิให้คอมเพรสเซอร์เกิดชำรุดจากการเพิ่มความดันอย่างรวดเร็ว ความดันในระบบจะเพิ่มสูงขึ้นจนอ่านค่าได้ประมาณ 70 PSI บนเกจวัดความดันทั้งสองด้าน จากนั้นเข็มของเกจทั้งสองจะไม่ขึ้นอีกเพราะสารทำความเย็นที่อยู่ในระบบมีความดันเท่ากับสารทำความเย็นในถัง ทำการปิดวาล์วของเกจด้านความดันสูงเมื่อเข็มเกจหยุดนิ่ง การบรรจุสารทำความเย็นจะกระทำต่อไปได้ก็ต่อเมื่อเดินเครื่องระบบเครื่องปรับอากาศแล้วค่อย ๆ เปิดวาล์วด้านความดันต่ำ และให้สังเกตที่ไซดักลาสจะเห็นฟองให้บรรจุสารทำความเย็นเข้าต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าฟองจะหาย และเกจวัดความดันทั้งสองด้านอ่านค่าความดันได้ดังนี้

สำหรับระบบทำความเย็นด้วย R-12

-ด้านความดันต่ำ ≈ 30 PSI

-ด้านความดันสูง ≈ 200 PSI

สำหรับระบบทำความเย็นด้วย R-22

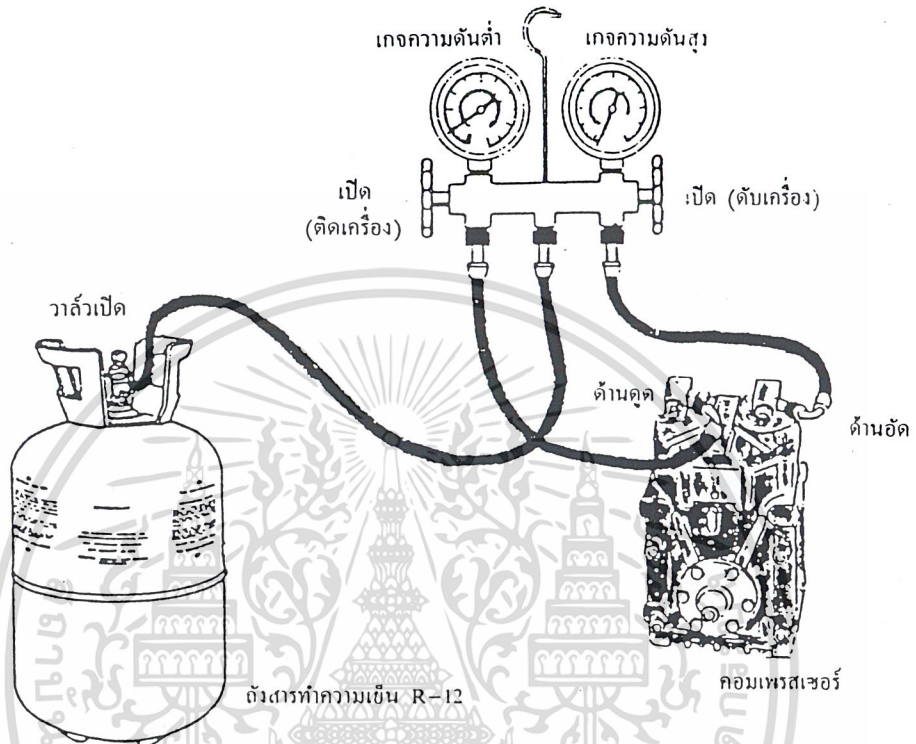
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชพ
มณฑล
๙๕๗๑

-ด้านความดันต่ำ ≈ 70 PSI

-ด้านความดันสูง ≈ 240 PSI



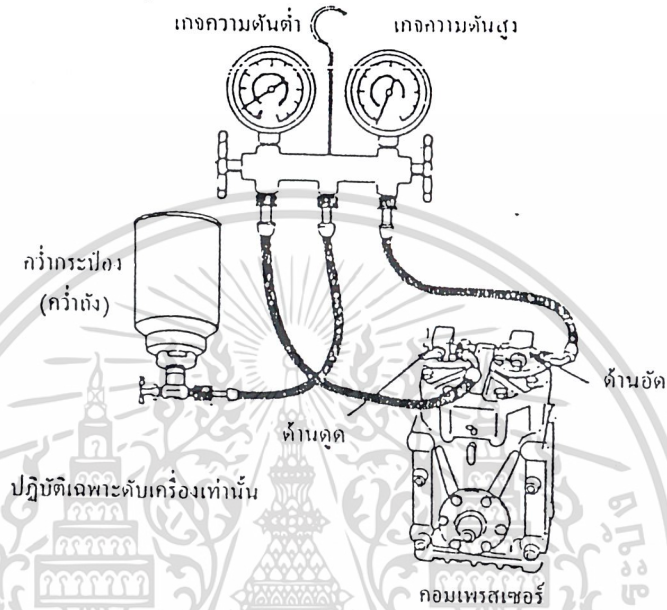
รูป 2-14 การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะแก๊ส

ข้อควรระวัง ในขณะที่กำลังบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบและเดินคอมเพรสเซอร์อยู่นี้ ห้ามเปิดวาล์วด้านความดันสูง เพราะว่าถ้าเปิดแล้วจะทำให้สารทำความเย็นถูกอัดเข้าไปในท่อและเป็นการต้านการไหลของสารทำความเย็นที่กำลังบรรจุอยู่ ถ้าปล่อยไว้นานอาจจะเกิดการระเบิดได้

ในขณะที่บรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบ ควรตรวจดูค่าความดันที่อ่านได้ และสังเกตคูฟองของอากาศที่ที่ดูสารทำความเย็นว่ามีฟองอากาศหรือไม่ ถ้ามีให้บรรจุสารทำความเย็นเข้าไปอีกจนกว่าจะไม่เห็นฟองอากาศ เมื่อเสร็จแล้วให้ปิดวาล์วด้านความดันต่ำและปลดสายชาร์จสารทำความเย็นออกก่อน แล้วจึงปลดสายเกจออกจากวาล์วบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะของเหลว (liquid charging) เป็นที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไปเพราะจะทำให้บรรจุสารทำความเย็นเต็มระบบได้เร็วกว่าการบรรจุในสถานะแก๊ส ในการบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบวิธีนี้แตกต่างจากวิธีแรกเพียงเล็กน้อย คือจะต่างกันตรงที่คว่ำถังสารทำความเย็นลงเพื่อให้สารทำความเย็นจากถังไหลเข้าไปในระบบในสถานะของเหลว และทำขณะไม่ได้เดินเครื่องระบบทำความเย็นเท่านั้น



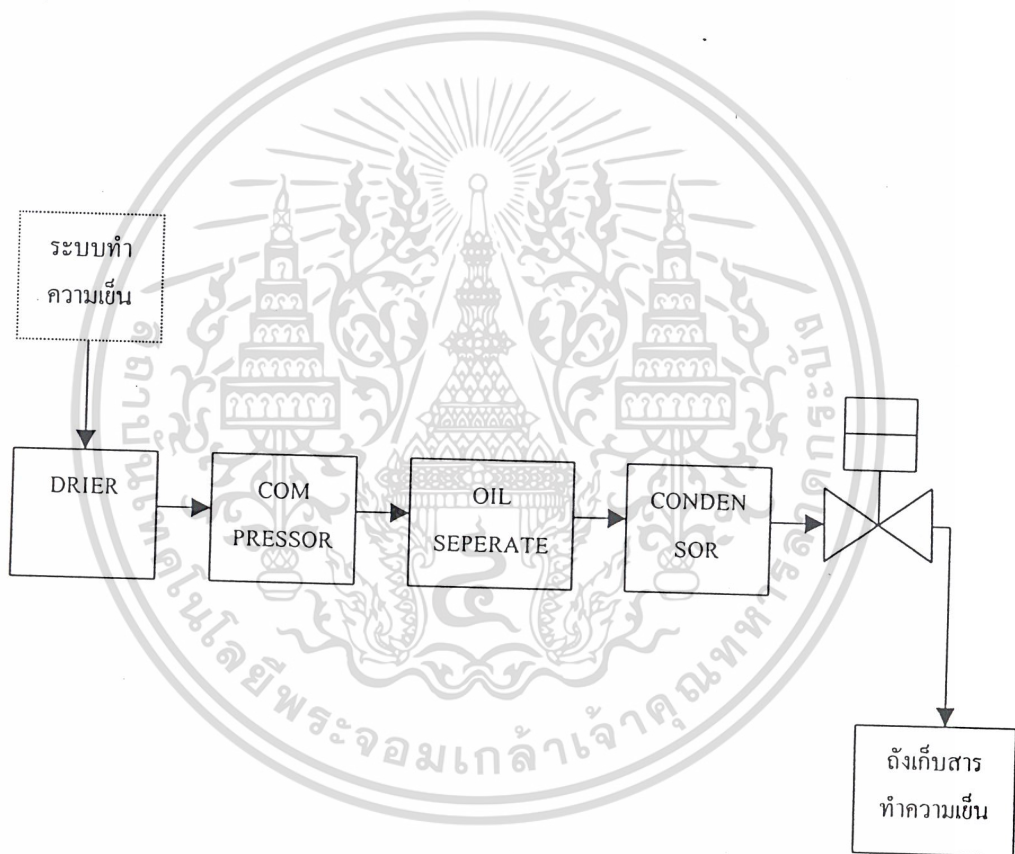
รูปที่ 2-15 การบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะของเหลว

เมื่อทำการบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบเกือบเต็มที่แล้วให้กลับถังสารทำความเย็นตั้งดั้งเดิม และบรรจุสารทำความเย็นเข้าระบบในสถานะแก๊ส จนกว่าความดันจะได้ตามเกณฑ์และไม่มีฟองอากาศผ่านที่ที่ดูสารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การดูดสารทำความเย็นออกจากระบบทำความเย็น

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องซ่อมอุปกรณ์ในระบบทำความเย็นหรือต้องการรีเซ็ตระบบทำความเย็น แทนที่จะปล่อยสารทำความเย็นทิ้ง เราสามารถจะทำการดูดสารทำความเย็นจากระบบทำความเย็น มาเก็บในถังเก็บสารทำความเย็น โดยใช้คอมเพรสเซอร์อีกตัวมาค้ำใช้ด้านดูดเป็นตัวดูดไอของสารทำความเย็นจากท่อทางดูด หรือวาล์วบริการที่คอมเพรสเซอร์ของระบบทำความเย็นนั้นๆ ผ่านไดรเออร์ และอัดไอของสารทำความเย็นจนมีความดันและอุณหภูมิสูงผ่านตัวแยกน้ำมัน เพื่อแยกน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่อาจถูกดูดออกมาพร้อมสารทำความเย็น และต่อจากนั้นไอสารทำความเย็นก็จะผ่านเข้าคอนเดนเซอร์เพื่อการระบายความร้อนทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลว จากนั้นจึงสามารถจะเปิดวาล์วให้สารทำความเย็นเหลวไหลเข้าไปเก็บยังถังเก็บสารทำความเย็นได้ดังรูป



รูปที่ 2-16 หลักการดูดสารทำความเย็นมาเก็บในถังเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเปิด-ปิด วาล์ว

สถานะของสารทำความเย็นที่เหมาะสมแก่การเติมลงสู่ถังเก็บคือสถานะของเหลว ทั้งนี้ เนื่องจากการควบแน่นของสารทำความเย็นเป็นของเหลว จะเป็นสถานะที่สารทำความเย็นมี ปริมาณน้อยที่สุดและมีความหนาแน่นสูงสุดทำให้สามารถเติมลงถังเก็บได้ง่ายที่สุด การควบแน่น ของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์จะเกิดขึ้นเมื่อ ไอสารทำความเย็นถูกคอมเพรสเซอร์ดูดและอัด เข้ามาตลอดในปริมาณที่จำกัดของคอนเดนเซอร์ทำให้ความดันสูงขึ้นถึงค่าหนึ่ง และเกิดการ ระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ในช่วงเวลาหนึ่งที่ปริมาณความร้อน (Enthalpy) ของสารทำ ความเย็นลดลงจนเกิดการควบแน่นของสารทำความเย็น ในทางปฏิบัติจะกำหนดการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์สำหรับสารทำความเย็นส่วนใหญ่เป็น 250 BTU/นาทิตัน

ตัวอย่างการคำนวณ

การดูดสารทำความเย็นจากระบบทำความเย็น R-12 ด้วยคอมเพรสเซอร์ขนาด 1 ตัน และ ไอสารทำความเย็นไหลผ่านมระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ โดยอัดไอสารทำความเย็นให้มี ความดันที่คอนเดนเซอร์เป็น 210 Psig และสารทำความเย็นระบายความร้อนจนควบแน่นเป็นสาร ทำความเย็นเหลว หาเวลาโดย

- ระบบ R-12 มีความดันด้านดูด(P1) ≈ 30 Psig
- คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ ดูด ไอสาร ได้ $14.1 \text{ cm}^3/\text{รอบ}$
- RPM ของคอมเพรสเซอร์ 2880 รอบ/นาที
- ปริมาตรท่อทางอัดและคอนเดนเซอร์(V2) $\approx 0.215 \text{ ft}^3$
- การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ $250 \text{ Btu}/\text{min}/\text{ton}$

อัตราการไหล โดยปริมาตรของไอสารทำความเย็น(V1)

$$V1 = (2880 \times 14.1)/30^3$$

$$= 1.504 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\text{มวลสารทำความเย็นที่ถูกดูด} = \text{อัตราการไหล} * \text{ความหนาแน่นของไอสารทำความเย็น}$$

$$= 1.504 \times 1.1271$$

$$= 1.6951 \text{ lb}/\text{min}$$

$$\text{ความดันด้านอัดเมื่อเวลา 1 นาที (P2) จะเท่ากับ } (V1/V2)*P1$$

$$= (1.504/0.215) \times 30$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน $\approx 210.06 \text{ Psig}$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางคุณสมบัติของ R-12 พบว่าที่ ความดัน 210 Psig มีค่าความร้อน(Enthalpy) เกิดขึ้นเป็น 90.03 Btu/lb

จาก Pressure-Enthalpy diagram ความดัน 210 Psig R-12 จะควบแน่นเป็นสารทำความเย็น เหลวเมื่อค่าความร้อนลดลงเหลือ 31 Btu/lb หรือน้อยกว่า

ความร้อนของ R-12 ที่ต้องระบายออกเพื่อให้ควบแน่นเป็นของเหลว

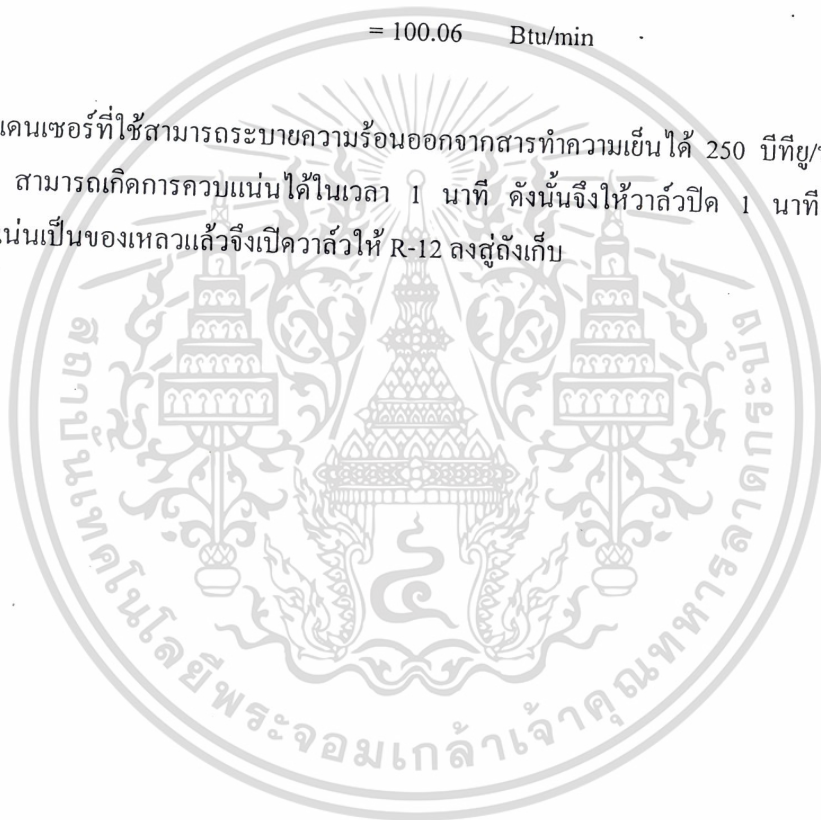
$$= 90.03 - 31$$

$$= 59.03 \quad \text{Btu/lb}$$

$$\text{ผลรวมความร้อนที่ระบายออก} = 59.03 \times 1.6951$$

$$= 100.06 \quad \text{Btu/min}$$

คอนเดนเซอร์ที่ใช้สามารถระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นได้ 250 บีทียู/นาที/ตัน ดังนั้น R-12 สามารถเกิดการควบแน่นได้ในเวลา 1 นาที ดังนั้นจึงให้วาล์วปิด 1 นาที เพื่อให้ R-12 ควบแน่นเป็นของเหลวแล้วจึงเปิดวาล์วให้ R-12 ลงสู่ถังเก็บ



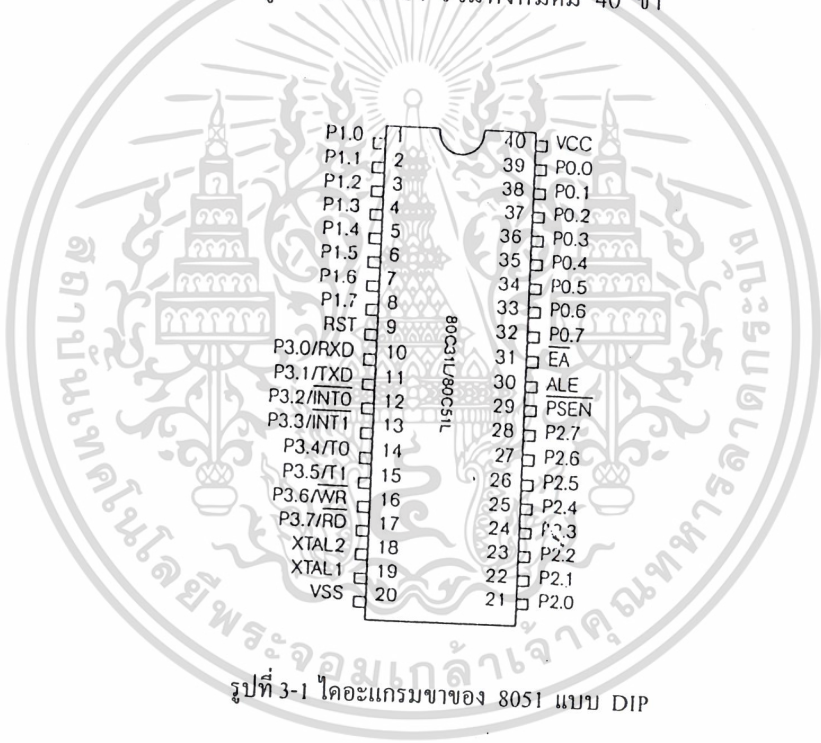
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบควบคุมระบบการทำงานในโครงการนี้ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบการควบคุมตั้งแต่ระบบที่มีขนาดเล็ก ๆ จนถึงขนาดปานกลาง เนื่องจากมีราคาถูกมีผู้จำหน่ายมาก และยังเหมาะกับการใช้งานร่วมกับ CMOS และ NMOS

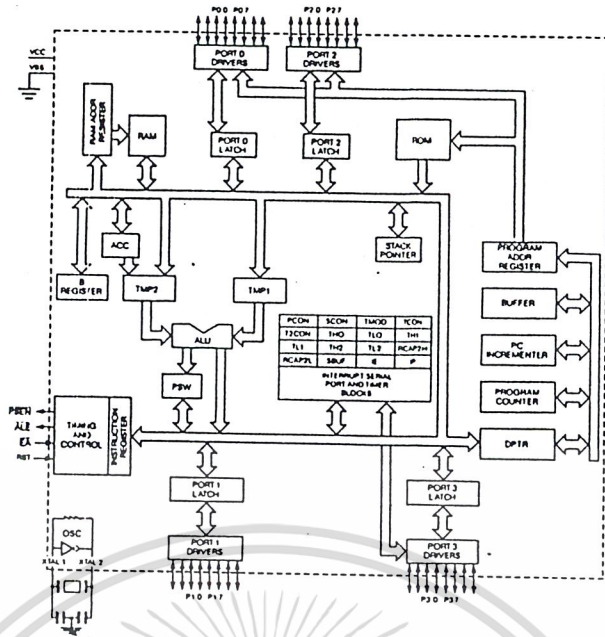
3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขา รวมทั้งหมดมี 40 ขา



รูปที่ 3-1 โดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-2 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

จากรูปสถาปัตยกรรมภายในของ 8051 แสดงองค์ประกอบต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนี้

- ALU ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผล 8 บิต
- แอคคิวมูเลเตอร์ (ACC)
- รีจิสเตอร์ B
- แรมภายใน (Internal Ram)
- Program Status Word (PSW) 8 บิต
- สแตคพอยเตอร์ (SP) 8 บิต
- อินเทอร์นอลรอม (Internal Rom)
- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC)
- I/O Port ของพอร์ต P₀ - P₃ พอร์ตละ 8 บิต
- ออสซิลเลเตอร์และวงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกา
- ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter)
- รีจิสเตอร์ควบคุม : TCON, TMOD, SCON, PCON, IP, IE
- รีจิสเตอร์รับส่งข้อมูลอนุกรม : SBUF
- Program Counter (PC) และ Data Pointer (DPTR) ขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การต่อใช้งานขา อินพุท / เอาท์พุท , พอร์ต

- VCC คือ ขา 40 ที่เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 V เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ในระดับโวลเตจของ ลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง
- VSS คือ ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน
- Port 0 คือขา 32-39 มีทั้งหมด 8 บิต(P0.0-P0.7)ใช้งาน 2 หน้าทีคือ ส่งแอดเดรสอันดับต่ำและดาต้าออกไปให้หน่วยความจำภายนอกเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอกโดยควบคุมด้วยขาคอนโทรล และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ เป็นพอร์ต I/O ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ตนี้ก่อน
- Port 1 คือขา 1-8 มีทั้งหมด 8 บิต(P1.0-P1.7) ใช้งานเป็นพอร์ต I/O เท่านั้น โดยถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มายังพอร์ตนี้ก่อน
- Port 2 คือขา 21-28 มีทั้งหมด 8 บิต(P2.0-P2.7) ใช้งานได้ 2 หน้าทีอาจใช้เป็น I/O พอร์ต เหมือนกับพอร์ต 1 โดยถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มายังพอร์ตนี้ก่อน การใช้งานอีกทางหนึ่งคือใช้ส่งแอดเดรสอันดับสูง(A8-A15)เป็นตัวเชื่อมกับแอดเดรสอันดับต่ำของพอร์ต 0 กับแอดเดรสความจำภายนอก
- Port 3 คือขา 10-17 มีทั้งหมด 8 บิต(P3.0-P3.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที อาจใช้เป็น I/O พอร์ต โดยถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก “1” มายังพอร์ตนี้ก่อน การใช้งานอีกทางหนึ่งคือส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไป สามารถโปรแกรมภายใต้การควบคุมของ SFR ตามตารางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 ฟังก์ชันการใช้งานแต่ละบิตของพอร์ท 3

PIN	ALTERNATE USE
P3.0 / RXD (Serial Input Port)	ใช้รับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1 / TXD (Serial Output Port)	ใช้รับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2 / $\overline{INT0}$ (External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
P3.3 / $\overline{INT1}$ (External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
P3.4 / T0 (Timer/Counter 0 External Input)	ใช้รับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0
P3.5 / T1 (Timer/Counter 1 External Input)	ใช้รับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 1
P3.6 / \overline{WR} (External Data Memory Write Strobe)	ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051
P3.7 / \overline{RD} (External Data Memory Read Strobe)	ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

RST ขาริเซ็ทนี้จะใช้ทำการรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขา RST กับกราวด์ ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขา RST นี้จะเป็นการรีเซ็ทการทำงานของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 V เพื่อให้เกิดการรีเซ็ทเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power on reset การรีเซ็ทจะทำให้ค่าในรีจิสเตอร์ต่าง ๆ เปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังในตาราง 2-2 จากตารางช่องทางขา RST เป็นค่าเมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ท ในรีจิสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซ็ทจะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิตตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซ็ท 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจิสเตอร์ PC (Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 0000H ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single Board Microcomputer) จะมีโปรแกรมที่เขียนไว้เริ่มจากตำแหน่ง 0000H นี้เรียกว่า มอนิเตอร์โปรแกรม (Monitor program) ที่จะคอยรับการกดแป้นพิมพ์ (Keyboard) และแสดงผลทางตัวแสดงผล (Display) แบบ 7 Segment

ตารางที่ 3-2 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซ็ต 8051

REGISTER	VALUE
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	07H
DPTR	0000H
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0x000000B
TMOD	00H
TCON	00H
TH0	00H
TL0	00H
TH1	00H
TL1	00H
SCON	00H
SBUF	Indeterminate
PCON	0xxxxxxxB

\overline{ALE} (Address Latch Enable) คือขาที่ 30 ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลา ยกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active (เป็นลอจิก 1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิตล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก 8051 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ต 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการแลตช์ข้อมูลไว้เพราะพอร์ต 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ต 0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก

สัญญาณ \overline{ALE} จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุต

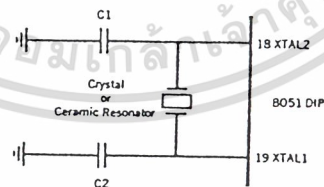
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

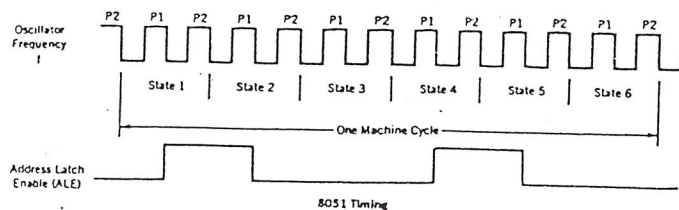
\overline{PSEN} (Program Store Enable) เป็นขาที่ 29 ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน 8051 แล้วสัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา \overline{PSEN} นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

\overline{EA} (External Access) เป็นขาที่ 31 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ \overline{PSEN} ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา \overline{EA} นี้ CPU จะอ่านคำสั่งจาก Program Memory ภายนอกชิพ 8051 แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขา \overline{EA} เป็น 1 ก็อ่านคำสั่งจาก Program Memory ภายในชิพ 8051

XTAL 1, XTAL2 เป็นขาที่ 19 และขา 18 ทั้งสองขานี้จะต่อเข้ากับวงจรรีโซแนนซ์เป็นออสซิลเลเตอร์ เช่น ใช้คริสตัล (Crystal) และตัวเก็บประจุจตุรัสรูป 2-3 ความถี่คริสตัลเป็นความถี่นาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผู้ผลิต 8051 ออกแบบให้ทำงานที่ความถี่ต่ำสุดสูงสุดเป็น 1 MHz - 16 MHz ออสซิลเลเตอร์ที่เป็นคริสตัล, ตัวเก็บประจุ, และอินเวอร์เตอร์บนชิพ จะสร้างขบวนพัลส์ที่ความถี่คริสตัลจตุรัสรูป 2-3 ความถี่นาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่น้อยที่สุดที่สามารถทำคำสั่งง่าย ๆ หรือซับซ้อนได้เรียกว่า Machine Cycle ซึ่งประกอบด้วย 6 สถานะ แต่ละสถานะเป็นช่วงเวลาสำหรับการทำงานที่แยกจากกันของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น เฟซคำสั่ง, ทำคำสั่ง หรือเขียนข้อมูล ซึ่งแต่ละสถานะจะมีสองพัลส์



Crystal or Ceramic Resonator Oscillator Circuit



8051 Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3-3 วงจรออสซิลเลเตอร์และขบวนพัลส์ที่ความถี่คริสตัลทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การแสดงผลโดย LCD MODULE

เพื่อให้การแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้งานได้เห็นโหมคการทำงานของเครื่องดังนั้น LCD Module จะมีความเหมาะสมอันเนื่องมาจาก ข้อดี คือ การใช้กระแสต่ำ สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรหรือตัวเลข หรือกราฟฟิก

LCD module มีอยู่หลายรุ่น และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลักคือ แบบ Dot Matrix ซึ่งแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5×8 dot มีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรูป และแบบ Graphic ซึ่งสามารถแสดงผลในแบบ Bit map ก็จะสามารถสร้างเป็นภาพใด ๆ ก็ได้ตามต้องการ การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ Dot matrix มากกว่า เนื่องจากมีราคาถูกกว่า และมีคุณสมบัติเพียงพอแก่การใช้งานส่วนใหญ่

ข้อดีของ Dot Matrix LCD Module

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามความต้องการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษร และบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot matrix ขนาด 5×8 Dot
3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโคร ๗ ได้ 2 ลักษณะคือ แบบ Memory map และแบบผ่าน 8255 port ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 Pin (ขั้วต่อ 16 Pin)
4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโคร ๗ เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ LCD module เท่านั้นข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะค้างตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น CLEAR, DISPLAY, CURSOR, HOME, ON OFF CURSOR, BLANK CHARACTER และอื่น ๆ อีก
6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดแบบอักษรเองได้อีก 8 ตัว
7. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-3 ขาสัญญาณของ LCD MODULE

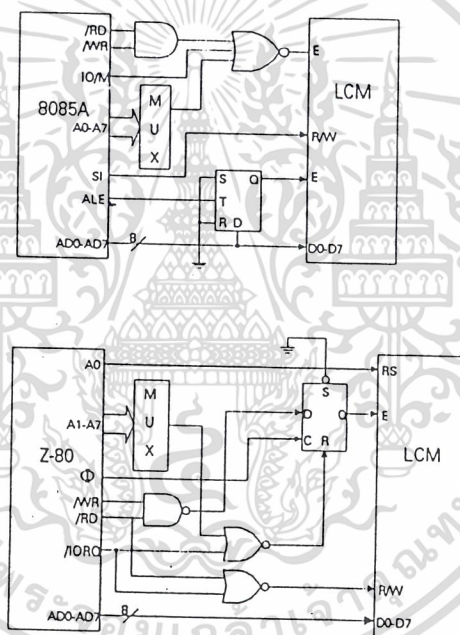
PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	0 V GND
2	Vcc	-	+ 5 V Power Supply
3	Vee	-	+V For Liquid Crystal Drive
4	RS	H/L	Register Select H:Data Input L:Instruction Input
5	R/W	H/L	H:Data Read L:Data Write
6	E	H	Enable Signal(L->H)
7	DB0	H/L	Data Bus Bit 0
8	DB1	H/L	Data Bus Bit 1
9	DB2	H/L	Data Bus Bit 2
10	DB3	H/L	Data Bus Bit 3
11	DB4	H/L	Data Bus Bit 4
12	DB5	H/L	Data Bus Bit 5
13	DB6	H/L	Data Bus Bit 6
14	DB7	H/L	Data Bus Bit 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อเข้าระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

1. การต่อแบบ memory map มีลักษณะดังนี้

- สามารถต่อเข้ากับ chip เบอร์ทั่ว ๆ ไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครฯ มองเห็น LCD module ในลักษณะของ memory ได้ทันที
- ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD module ได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็น memory buffer ไปในตัว
- เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบ Flag ความพร้อมในขณะที่ LCD module กำลังทำงานได้
- ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD bus มาให้พร้อมเท่านั้น
- ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ Decode ละเอียดพอสมควร
- การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ chip



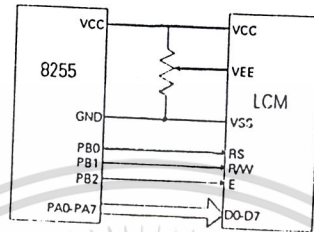
รูป 3-4 การต่อ LCD module แบบ Memory map

การต่อแบบ I/O port มีลักษณะดังนี้

- สามารถต่อเข้ากับ I/O port ใดก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมา ให้ตรงกับข้อกำหนดของ LCD module
- ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรที่จะกำหนด memory ส่วนหนึ่งให้เสมือน buffer ให้กับ LCD module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบเอง เพื่อรอให้ LCD module กระทำกระบวนการต่างๆ
- ใช้ได้กับบอร์ดทุกๆ ไปที่มี port
- ไม่เปลืองส่วนของ memory ในการใช้งาน
- การจัดหาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ



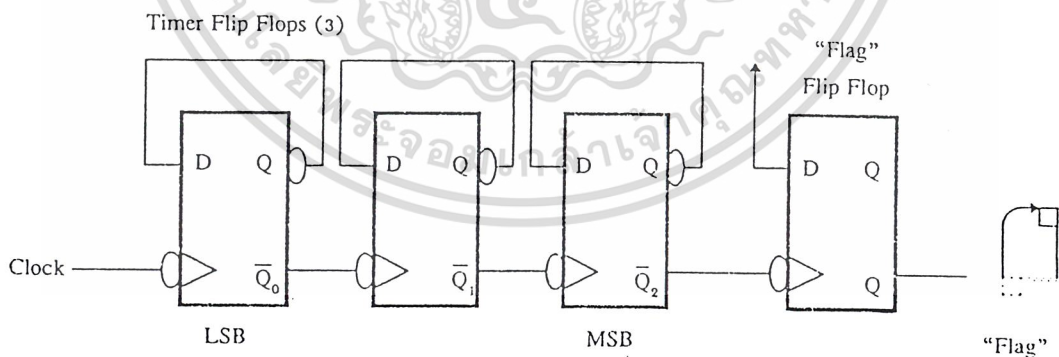
รูป 3-5 การต่อ LCD module แบบ I/O port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การใช้งาน TIMER

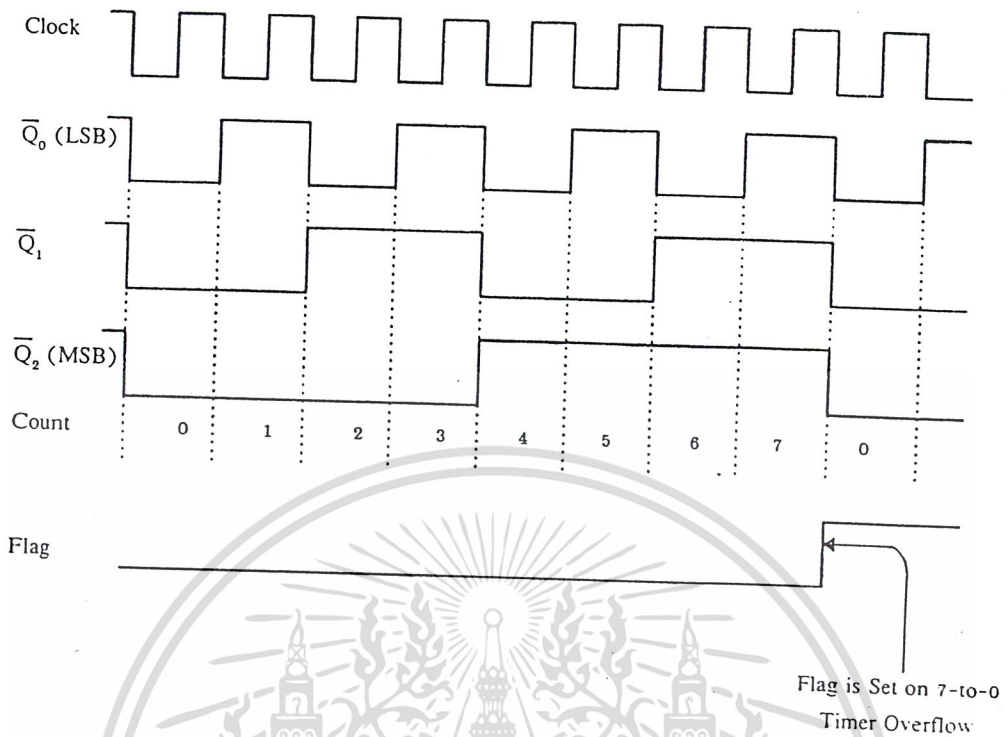
ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่าย ๆ ว่าเป็นตัวฟลิปฟลอปมาต่อเรียงกัน โดยมี Clock เป็นอินพุตสำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจากฟลิปฟลอปแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อฟลิปฟลอปตามรูปที่ 3-6 ถ้าใส่ Clock เข้าไปในฟลิปฟลอปตัวแรก ความถี่ของ Clock ที่ออกมาจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับฟลิปฟลอปตัวที่สอง และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้นถ้ามีฟลิปฟลอปต่ออยู่ n Stages จะหารสัญญาณนาฬิกาได้ 2^n ถ้าให้เอาต์พุต Stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มีฟลิปฟลอปต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH เมื่อฟลิปฟลอปเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H จะให้บิต Overflow ออกมา

ใน MCS - 51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ในชิพ ถ้าเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8031 จะมี 2 ตัวคือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 รีจิสเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงได้ดังตารางที่ 3-4 ซึ่งจะเห็นว่ารีจิสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ (Counter) ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD



รูปที่ 3-6(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-6 (ข)

รูป 3-6 แสดงการทำงานของ Timer

ตารางที่ 3-4 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer2 Low-byte capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer2 High-bytecapture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

มีโนเบอร์ 8032/8052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 3-5 ซึ่งตัวรีจิสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Timer / Counter ทำงานในโหมดใด และเป็น Timer หรือ Counter รีจิสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ (Not Bit-Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมเข้าไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

ตารางที่ 3-5 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	Gate	1	Gate bit บิตนี้เซตวางจะทำงานเมื่อ $\overline{INT1}$ เป็น High
6	C/\overline{T}	1	บิตเลือก Counter/timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1
4	M0	1	Mode bit 0
3	Gate	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/\overline{T}	0	บิตเลือก Counter/Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	M0	0	Timer 0 M0 bit

ตารางที่ 3-6 การใช้ Timer โหมดต่างๆ

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13 bit
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16 bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer 8 bit Auto-Reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode: แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 bit 2 ตัวคือ TL0, TL1

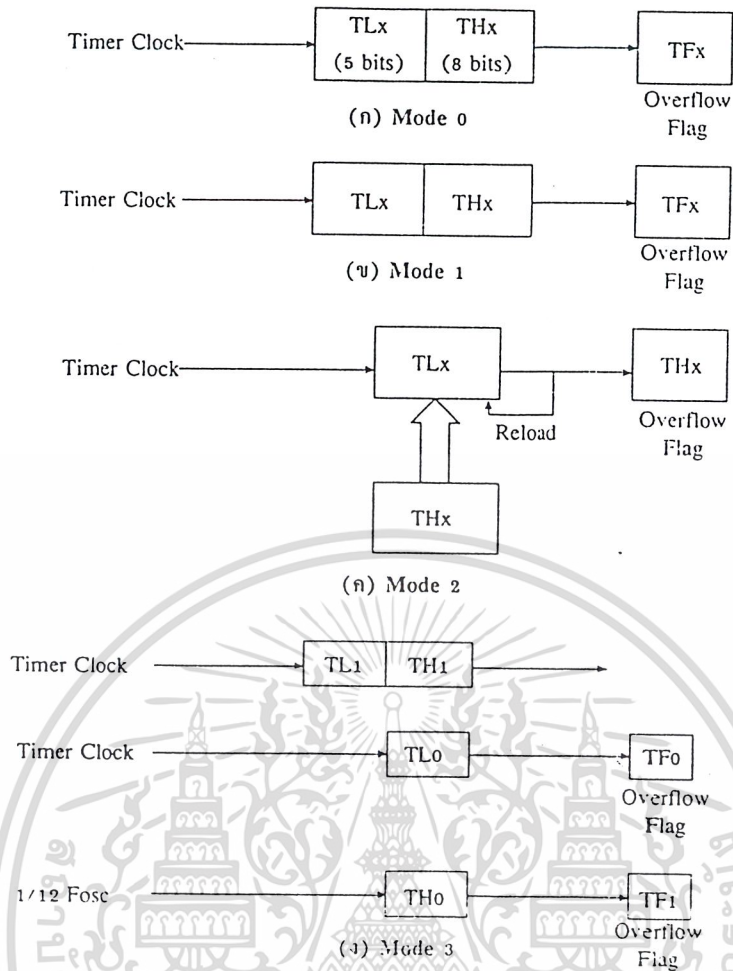
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer 0 และ Timer 1 ซึ่งดูได้จาก ตารางที่ 3-7 รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

ตารางที่ 3-7 ความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟล็กแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟล็กแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INTO
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INTO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-7 การทำงานของ Timer ในโหมดต่างๆ

Timer Mode And Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer 0 และ Timer 1 จะต้องใช้รีจิสเตอร์คู่ TLx และ THx โดยค่า x จะเป็นตัวออกว่าเป็น Timer 0 หรือ Timer 1 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด ดังแสดงในรูปที่ 3-7 ซึ่งเราสามารถตั้งค่าโหมดการทำงานได้ โดยการโปรแกรมในรีจิสเตอร์ TMOD

13-Bit Timer Mode (Mode 0)

การทำงานในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้ Timer แบบ 13 บิต ดังแสดงในรูป 3-7(ก) ซึ่งจะใช้ 5 บิตล่างของ TLx โดยไม่สนใจ 3 บิตที่เหลือ และ 8 บิตของ THx การทำงานในโหมดนี้ เมื่อบิตของ TLx นับไปจนเป็น "1" ทุกบิตจะส่ง Clock 1 ลูกให้ หนึ่งลูกให้ THx นับต่อและเมื่อนับเป็น "1" ทุกบิตและเปลี่ยนกลับเป็น "0" จะเกิด Overflow Flag เกิดขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโหมดนี้จะเหมือนกับการทำงานในโหมด 0 แต่เป็น Timer แบบ 16 บิต ซึ่งการนับจะเริ่มตั้งแต่ 0000H, 0001H, 0002H ไปเรื่อย ๆ และจะเกิด Overflow ขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H ดังรูปที่ 3-7(ข) ซึ่งเป็นการเซต Overflow Flag และค่านี้จะเกิดขึ้นในบิต TFX ของรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถอ่านและเขียนตัวโปรแกรม

การใช้ตัว Timer นี้ค่าของบิตสูงสุด (MSB) คือค่าบิต 7 ของ THx ส่วนบิตต่ำสุด (LSB) คือบิต 0 ของ TLx บิต LSB จะเป็น Toggles เมื่อมีสัญญาณอินพุตเข้ามา ถูกหารด้วย 2 ดังนั้นจะพบว่าบิต MSB จะ Toggles ด้วยค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตหารด้วย 65,536 (2^{16}) และค่า Timer รีจิสเตอร์นี้ (TLx, THx) สามารถอ่านและเขียนได้ด้วยการโปรแกรม ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ

8 Bit Auto - Reload Mode (Mode 2)

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8-bit Auto-reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำ (TLx) เป็น Timer แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflows หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในไบต์สูง (THx) ไปเก็บไว้ในไบต์ต่ำ (TLx) ซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้

Split Timer Mode (Mode 3)

การทำงานในโหมด 3 นี้ ตัว Timer 1 จะไม่ทำงาน ตัว Timer 0 จะแยกเป็น 2 ตัวแต่ละ 8 บิต คือ TLO และ TH0 เมื่อ Timer เกิด Overflow จะมีการเซตบิต TFO และ TF1 ดังแสดงในรูปที่ 3-7(ง)

การทำงานในโหมด 3 นี้ Timer 1 จะไม่ถูกใช้งานแต่เราสามารถสวิตซ์ให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่นได้ แต่การทำงานของ Timer 1 จะไม่มีการอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้น เพราะบิต TF1 ถูกใช้ในการนับของ TH0 ในการทำงานของโหมด 3 ไปแล้ว เราอาจมองว่าถ้าให้ Timer ทำงานในโหมด 3 ทำให้เรามี Timer เพิ่มขึ้นคือ TH0 และ TLO ใน Timer 0 โหมด 3 และโปรแกรมให้ Timer 1 ไปทำงานในโหมดอื่น ๆ

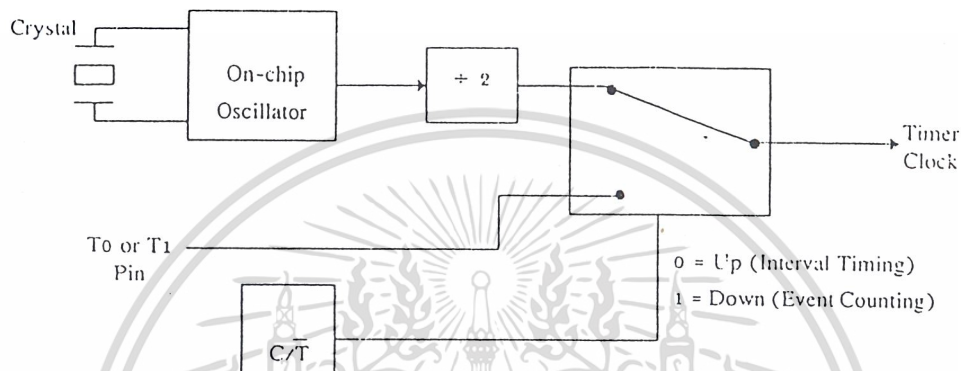
Clocking Source

ในรูปที่ 3-7 ไม่แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้าที คือเป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการ

เซตหรือรีเซตบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C/T ใน TMOD เป็นลอจิก “0” จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุก ๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปที่ 3-8 ถ้า MCS - 51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 Mhz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 Mhz



รูปที่ 3-8 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้า Timer

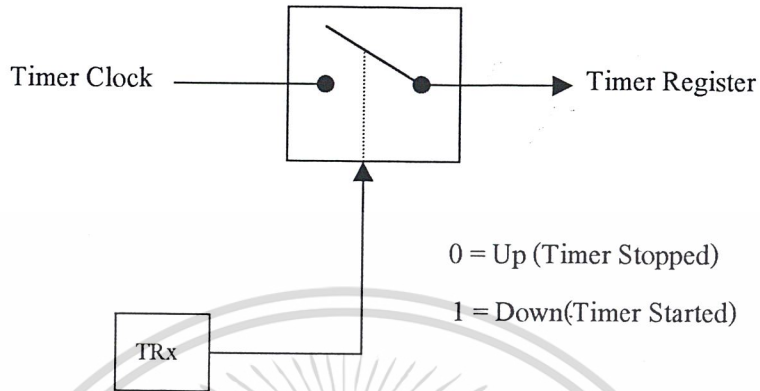
การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C/T เป็น “1” ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer 0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer 1 ดังรูปที่ หรืออาจมองว่า ถ้าจะให้มันนับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 และ T1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามาจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก “1” เป็น “0” จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS - 51 นี้ จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีความเป็น “1” ต่อมา ในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น “0” จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการนับ 1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้จะมีค่ามากที่สุด 500 kHz ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 Mhz

การเริ่ม, หยุด และการควบคุม Timer

ในรูปที่ 3-7 จะแสดงลักษณะของ Timer Registers ซึ่งจะเป็นว่าประกอบด้วย TLx และ THx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFX สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Timer จะมาจาก 2 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 3-8 ต่อไปจะกล่าวถึงว่าจะควบคุมให้เริ่ม, หยุดตัว Timer ได้อย่างไร

วิธีเริ่มและหยุดตัว Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต TRx ในรีจิสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะเคลียร์หลังจากที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะตั้งค่าได้จากชุดคำสั่ง หรือการโปรแกรม พิจารณารูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 การใช้บิตควบคุม TR

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable) ในรีจิสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ Timer 0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

SETB TR0

ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

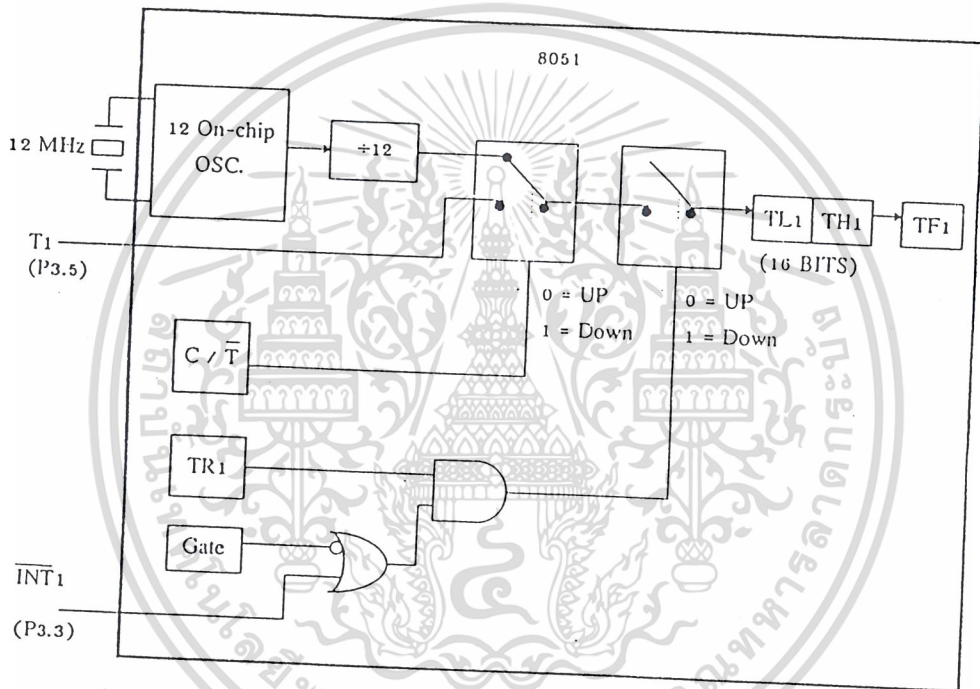
CLR B TR0

ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 เลยได้ เพราะตัวแอสเซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีควบคุม Timer สามารถควบคุมได้ที่บิต GATE ใน TMOD และขาอินเทอร์รัพท์จากภายนอก INTx ถ้า INTO เป็นลอจิก “0” และโปรแกรมให้ Timer 0 ทำงานในโหมด 2 เมื่อ TL0/TH0 = 0000H, GATE = 1 และ TR0 = 1 เมื่อ INTO ขึ้นเป็นลอจิก “1” ตัว Timer จะ “Gate On” และจะให้สัญญาณนิพิกาคความถี่ 1 Mhz เมื่อ INTO ลงเป็น “0” ตัว Timer “Gate Off” สัญญาณที่ได้จะมีความกว้างของสัญญาณนาฬิกา 1 μ S ส่งเข้าไปใน TL0/TH0

รูปที่ 3-10 จะเป็นระบบที่สมบูรณ์ของ Timer 1 เมื่อทำงานในโหมด 1 ซึ่งเป็น 16-bit Timer โดยใช้วิธีรีจิสเตอร์ TL1 / TH1 และ Overflow Flag TF1 ในรูปจะเห็นถึงการควบคุมแหล่งกำเนิด Clock การเริ่มทำงาน และการหยุดทำงาน



รูปที่ 3-10 ระบบทั้งหมดของ Timer1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intializing And Accessing Timer Register

การใช้งาน Timer เริ่มแรกจะต้องโปรแกรมเพื่อเลือกโหมดการทำงานของ Timer ก่อนเมื่อเริ่มใช้งาน ก็โปรแกรมให้ เริ่มทำงาน, หยุดทำงาน, อ่าน และเคลียร์ค่า Flag Bits อ่านค่า Timer Registers ตามลำดับ เพื่อนำไปประยุกต์การใช้งานต่อไป

TMOD คือ รีจิสเตอร์ที่ต้องโปรแกรม โดยเซตโหมดการทำงานก่อน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ Timer 1 เป็น 16-bits Timer (โหมด 1) นับสัญญาณนาฬิกาบนชิพ สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TMOD, #00010000B
```

ผลที่ได้จากคำสั่งข้างบนคือ เซตบิต M1 = 0 และ M0 = 1 ซึ่งเป็นการเลือกโหมด 1 และให้ C/T = 0 และ GATE = 0 ซึ่งเป็นการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในหรือใช้เป็น Timer และตัว Timer นี้จะยังไม่ทำงาน ถ้าบิตควบคุม TRI ยังไม่ได้เซต

ถ้าให้ Timer นี้นับขึ้นโดยใช้รีจิสเตอร์ TL1/TH1 และจะเซตบิต Overflow Flag เมื่อรีจิสเตอร์เปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H โดยให้นับเวลาไป 100 μ S หรือให้ TL1/TH1 นับสัญญาณนาฬิกาได้ 100 ลูก ดังนั้นค่าเริ่มต้นของ TL1/TH1 จะไม่เริ่มที่ 0000H จะต้องเริ่มที่ FFFFH ลบด้วย 100 ลูกบิต FF9CH เพื่อให้ นับไปถึง FFFFH และเปลี่ยนเป็น 0000H ได้ สัญญาณนาฬิกา 100 ลูกบิต สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV TL1, #9CH
```

```
MOV TH1, #0FFH
```

ถ้าให้ Timer เริ่มทำงานก็ให้บิตควบคุมดังนี้

```
SETB TRI
```

จากนั้นบิต Overflow Flag จะส่งออกมาหลังเวลาผ่านไป 100 μ S ซึ่งเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นโปรแกรมวนลูป 100 μ S ได้ โดยตรวจสอบบิต TF1 ว่าถูกเซตหรือไม่ ถ้าไม่เซตก็ให้วนลูปต่อไปดังนี้

```
WATT: JNB TF1, WAIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Timer เกิด Overflow จะต้องหยุด Timer และ Clear บิต Overflow Flag ด้วยโปรแกรมดังนี้

```
CLR TR1
```

```
CLR TF1
```

การใช้แบบ Reading a Timer “On the Fly”

การใช้งานประยุกต์บางงานจะต้องอ่านค่าจาก Timer Register เนื่องจากตัว Timer Register มีขนาด 2 ไบต์ ถ้าหากไบต์ต่ำเกิด Overflow จะทะลุเข้าไบต์สูง ถ้าหากเขียนโปรแกรมให้อ่านค่าจากไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงอ่านไบต์สูงข้อมูลที่ได้ อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เนื่องจากไบต์ต่ำมีการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าไบต์สูง การอ่านข้อมูลควรอ่านจากไบต์สูงก่อน แล้วจึงกลับมาอ่านไบต์ต่ำ จากนั้นอ่านข้อมูลไบต์สูงอีกครั้ง ถ้าค่าไบต์สูงที่อ่านได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้ใช้ค่านั้นได้เลย แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้อ่านอีกครั้ง ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจาก TL1 / TH1 เข้ามาในรีจิสเตอร์ R6 / R7 อาจเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

```
AGAIN: MOV A, TH1
        MOV R6, TL1
        CJNE A, TH1, AGAIN
        MOV R7, A
```

Short Intervals And Long Intervals

ถ้า MCS - 51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 Mhz ถ้าให้ Timer ใช้วงจร Oscillator บนชิพสัญญาณนาฬิกาจะถูกหารด้วย 12 และ Timer จะทำงานด้วยความถี่ 1 Mhz ถ้าต้องการใช้โปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาอาจทำได้โดยง่าย ซึ่งพิจารณาจากการทำงานชุดคำสั่งต่าง ๆ ของ MCS - 51 ใน 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1 μ s ในตารางที่ 3-8 จะแสดงความกว้างของสัญญาณที่สร้างขึ้นจาก MCS-51 ที่ทำงานด้วย Crystal ความถี่ 12 Mhz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-8 ค่าสูงสุดของการใช้ Timer โหมดต่าง ๆ

Maximum Interval in Microsecond	Technique
≈ 10	Software Tuning
256	8 - bit Timer with Auto-Reload
65536	8 - bit Timer
No Limit	16 - bit Timer Plus Software Loops

หลักการออกแบบ Timer

สามารถสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

1. กำหนดให้ Timer-0 ทำงานใน Mode 1 คือเป็นการนับด้วยเลขขนาด 16 บิต
2. กำหนดให้ความถี่ของระบบคือ 11.0592 Mhz และกำหนดตัวหารเป็น 61440 ซึ่งจะทำให้เกิดจำนวนรอบของการ Overflow เป็น 15 ครั้ง/วินาที ($11059200/61440=15$)
3. กำหนดให้ Timer-0 ทำการ Interrupt ภายในตัวไมโคร ซึ่งจะทำให้เกิดการ Interrupt ขึ้นในอัตรา 15 ครั้ง/วินาที เช่นกัน
4. โปรแกรมส่วนของ Interrupt จะทำการนับจำนวน 15 ไปเรื่อย ๆ ซึ่งทุกรอบของการนับจะเท่ากับ 1 วินาทีพอดี
5. ทุก ๆ 1 วินาที โปรแกรมจะทำการนับเวลาแบบนาฬิกาโดยอัตโนมัติ โดยจะกระทำในส่วนของ Memory ที่กำหนดไว้ ซึ่งก็คือส่วนที่เป็นเวลานาฬิกาของระบบนั่นเอง จะเห็นว่าเป็นหลักการง่าย ๆ ที่นำมาใช้ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามโปรแกรมสร้างฐานเวลานี้ จะให้ความเที่ยงตรงตามค่าความถี่ของ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งถ้าตัว XTAL ที่สร้างความถี่ไม่เที่ยงตรงพอ ก็จะทำให้ฐานเวลาที่สร้างขึ้นผิดเพี้ยนไปด้วย

ทั้งนี้ถ้านำไปใช้งานจริง จะต้องทำการ Tune ให้เหมาะสมกับ XTAL ที่ใช้งานด้วย ตัวโปรแกรมจะแยกเป็น 2 ส่วน คือส่วนเริ่มต้นและส่วน Interrupt routine โดยทั้งนี้จะเริ่มจากการอธิบายชื่อ Label ที่อ้างอิงในโปรแกรมก่อน ดังนี้

TIMVAR EQU 4096 คือตัวแปรที่ใส่ในตัว Timer โดยจากตัวหารคือ 61440 แต่เนื่องจากการนับของ Timer จะเป็นแบบนับขึ้นจนครบรอบกลับไปที่ 0 (overflow) เพราะฉะนั้นค่าที่จะกำหนดให้ใน Timer คือ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งค่าที่ต้องหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$65536 - 61440 = 4096$

TIMDIV DS 1	คือเนื้อที่ในหน่วยความจำ Internal RAM จำนวน 1 byte สำหรับใช้เป็นตัวนับค่า 15 เพื่อให้ครบเวลา 1 วินาที
TIMBUF DS 3	คือเนื้อที่ในหน่วยความจำ Internal RAM จำนวน 3 byte สำหรับใช้นับค่าเวลานานาฬิกา และเป็นส่วนที่โปรแกรมหลักจะทำการอ่านหรือเขียนค่าเวลาด้วย โดยจะให้เรียงดังนี้
	TIMBUF + 0 = จำนวนวินาที 00-59H (BCD)
	TIMBUF + 1 = จำนวนวินาที 00-59H (BCD)
	TIMBUF + 2 = จำนวนวินาที 00-23H (BCD)

ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรมนั้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดรายละเอียดของ Timer และค่าตัวแปรต่างๆ ก่อน รวมทั้งการกำหนดให้ Timer ทำงานในแบบ Interrupt ด้วยดังนี้

MOV TMOD, #01H	กำหนดให้ Timer-0 ทำงานใน Mode 1
MOV TH0, #HIGH TIMVAR	กำหนดค่า 4096 ให้กับตัวนับขนาด 16 บิต
MOV TL0, #LOW TIMVAR	
MOV TIMDIV, #0	กำหนดค่าเริ่มต้นตัวนับ 15 ให้เท่ากับ 0
SETB ETO	กำหนดให้ Timer 0 interrupt เป็น Enable
SETB EA	กำหนดให้ระบบทำงาน Interrupt ได้ (enable all)
SETB TR0	เริ่มต้นให้ Timer 0 ทำงานได้

เมื่อโปรแกรมนี้อาจทำงานแล้ว ระบบไมโครก็จะเริ่มการ Interrupt ตามการนับของ Timer-0 ทันที ซึ่งสรุปง่าย ๆ ก็คือ จะเกิดการ Interrupt เพื่อให้ไปทำงานที่ตำแหน่ง 000BH (ระบบของ MCS-51) จำนวน 15 ครั้งต่อวินาที โดยจะเป็นไปเรื่อย ๆ ตราบใดที่ยังมีไฟเลี้ยงในระบบอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 หลักการของเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น

จากที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทนำว่าตัวการสำคัญของระบบทำความเย็นที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมคือสาร CFC ที่มีอยู่ในสารทำความเย็น ซึ่งสารทำความเย็นนี้สามารถเล็ดลอดออกไปทำลายบรรยากาศของโลกได้ คือ

1. การรั่วซึมของระบบเครื่องทำความเย็น เนื่องจากระบบเก่ามากขาดการดูแลรักษา หรือการต่อเชื่อมท่อตามจุดต่าง ๆ ของเครื่องทำความเย็นไม่สมบูรณ์
2. การถ่ายเทภาชนะบรรจุสารทำความเย็นจากถังหนึ่ง ไปยังอีกถังหนึ่ง
3. การซ่อมแก้ไขระบบเครื่องปรับอากาศ เช่น

- การซ่อมระบบเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ เช่น การเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์, แผงระบบความร้อน
- การถอดอุปกรณ์ออกเพื่อทำการซ่อมบำรุงเช่นการถอดคอยล์เย็นออกล้างทำความสะอาด
- การย้ายตำแหน่งหรือสถานที่ติดตั้งเครื่องใหม่

ซึ่งในข้อ 3 นี้เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นสามารถแก้ไขปัญหาลำดับนี้ได้ โดยการดูดเก็บสารทำความเย็นภายในเครื่องปรับอากาศเข้ามาเก็บไว้ในถังเก็บก่อนเพื่อทำการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์เสร็จสิ้นแล้ว จึงค่อยนำสารทำความเย็นนั้นเติมเข้าสู่เครื่องปรับอากาศอีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นยังมีคุณลักษณะเด่นของเครื่องดังนี้

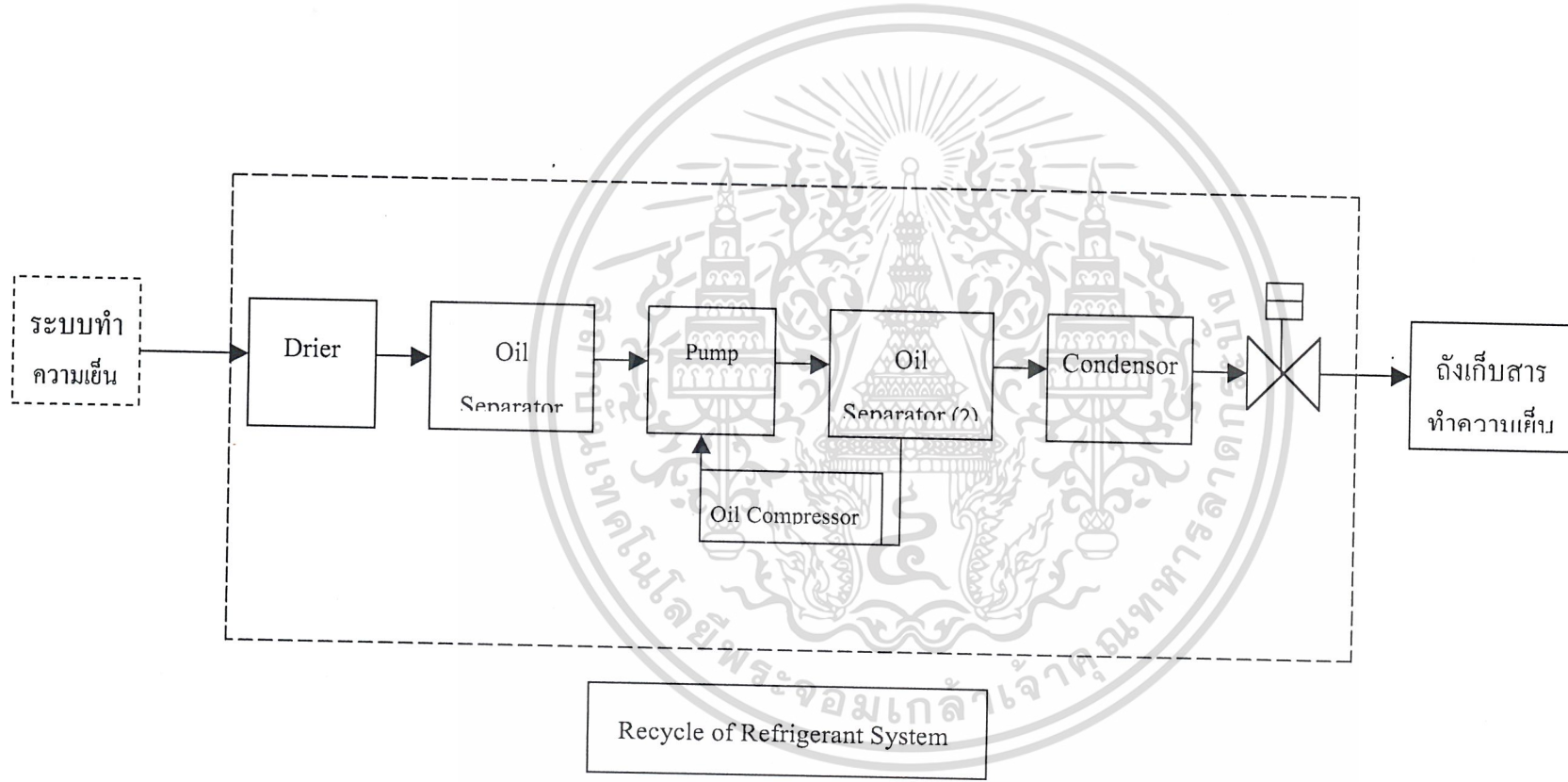
1. รักษาสภาพสิ่งแวดล้อมโดยไม่ปล่อยสาร CFC ที่มีอยู่ในสารทำความเย็นออกไปทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศโลก
2. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารทำความเย็นที่มีราคาแพงเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการ
3. ตัวเครื่องยังมีฟังก์ชันการใช้งานครอบคลุมส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศ เช่น Vacuum, Charge เป็นต้น
4. ใช้งานง่ายเพียงแค่กดสวิทช์เท่านั้น
5. เครื่องควบคุมด้านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้มีความแม่นยำในการควบคุมและใช้งาน

4.1 ฟังก์ชันใช้งานของเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น

สามารถแบ่งลักษณะการใช้งานออกเป็น 4 โหมดด้วยกันคือ

4.1.1. โหมดดูดเก็บสารทำความเย็น (Recovery Mode)

มีไว้สำหรับดูดเก็บสารทำความเย็นออกจากระบบเก็บไว้ในถัง โดยระบบจะมีการทำงานด้านการคัดกรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากสารทำความเย็นด้วยตัวกรองที่ติดตั้งไว้ นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันการชาร์จสารทำความเย็นด้วย ซึ่งเป็นการนำสารทำความเย็นที่เก็บไว้ในถังมาเติมกลับเข้าสู่ระบบอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 4-1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโหมคูดูดเก็บสารทำความเย็น

ตัวแยกน้ำมัน (Oil Separator)

สารทำความเย็นที่เข้ามาภายในเครื่องจะผ่านตัวแยกน้ำมันตัวที่ 1 เพื่อแยกวัตถุไม่พึงประสงค์ออกจากสารทำความเย็นอันได้แก่ น้ำมันคอมเพรสเซอร์, ความชื้น, ฟุ่นผงเศษโลหะให้ตกลงมายังก้นถังของตัวแยกน้ำมัน ก่อนจะเข้าสู่ปั๊มโดยที่ตัวแยกน้ำมันนี้ จะมีวาล์ว Drain เพื่อจัดวัตถุและสิ่งไม่พึงประสงค์ออกจากตัวแยกน้ำมันอีกทีหนึ่ง

ปั๊ม (Pump)

ปั๊มที่ใช้ในที่นี่คือคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบที่ใช้งานกันอยู่โดยทั่วไป เหตุที่ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ก็เพราะสามารถจัดหาได้ง่าย ราคาไม่แพง และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสารทำความเย็นที่เข้ามาสู่เครื่องจะเข้ามาโดยการปั๊มของตัวคอมเพรสเซอร์นี้เป็นตัวอัดเข้ามา ดังนั้นคอมเพรสเซอร์นี้จึงเป็นตัวทำให้สารทำความเย็นสามารถถ่ายเทจากระบบเข้าสู่เครื่อง แล้วส่งต่อไปยังถึงเก็บต่อไป สารทำความเย็นที่ผ่านจากปั๊มแล้ว จะไหลเข้าไปที่ตัวแยก

น้ำมันตัวที่ 2

ตัวแยกน้ำมันตัวที่ 2

สารทำความเย็นที่ผ่านปั๊มจะถูกกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ซึ่งในที่นี้ คือ น้ำมันคอมเพรสเซอร์ของตัวปั๊ม เพราะคอมเพรสเซอร์ที่นำมาใช้เป็นปั๊มนั้นเป็นคอมเพรสเซอร์ที่ต้องใช้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่น ทำให้อาจจะมีน้ำมันไหลปนออกได้ สารทำความเย็นที่ออกมาจากตัวที่ 2 นี้ ถือได้ว่ามีความบริสุทธิ์ของสารทำความเย็นเกือบ 100%

หลังจากผ่านตัวแยกน้ำมันตัวที่ 2 แล้ว สารทำความเย็นจะมีสภาพเป็นไอความดันสูง ดังนั้นจะต้องผ่านแผงคอยล์ที่มีการระบายอากาศเพื่อให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง

คอนเดนเซอร์

ที่แผงคอนเดนเซอร์สารทำความเย็นจะถูกลดอุณหภูมิลงโดยใช้พัดลมระบายอากาศ เมื่อสารทำความเย็นถูกลดอุณหภูมิลง จะทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสภาพจากก๊าซเป็นของเหลวที่ทางออกจากคอนเดนเซอร์

วาล์วควบคุม

จะใช้เพื่อกักสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ก่อนเพื่อเพิ่มปริมาณสารทำความเย็นให้มีปริมาณมากพอ ก่อนที่จะปล่อยเข้าสู่ถังเก็บ ทั้งนี้เพราะถ้าปล่อยให้สารทำความเย็นไหลเข้าสู่ถังเก็บโดยตรงเป็นไปได้ยากเพราะความดันของสารทำความเย็นจะน้อยกว่าความดันภายในถังเก็บ

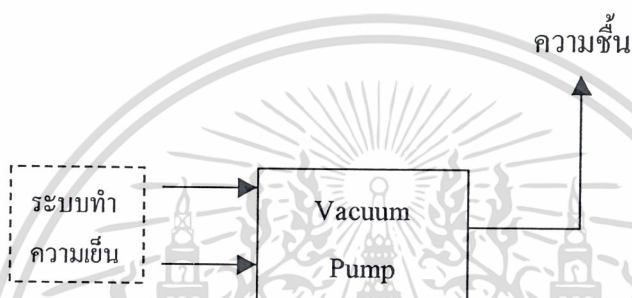
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้เชิงพาณิชย์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2. โหมดแวกคัม (Vacuum Mode)

การที่ต้องมีโหมดนี้ก็เป็นเพราะระบบทำความเย็นจะมีความชื้นอยู่ในระบบไม่ได้ เพราะจะทำให้ระบบเกิดปัญหา คือ

1. ระบบไม่สามารถทำความเย็นได้ตามพิกัดของเครื่องปรับอากาศนั้น
2. ความชื้นที่มีอยู่ภายในระบบจะทำให้เกิดฟองอากาศไปอุดตันท่อทางเดินต่าง ๆ ภายในระบบ
3. ส่งผลให้อุปกรณ์ภายในระบบเสียหาย

ดังนั้นทุกระบบทำความเย็น จะต้องมีการทำสุญญากาศระบบก่อนเสมอหลักการทำงานเบื้องต้นเป็นดังรูป



รูปที่ 4-2 การทำงานของโหมดแวกคัม

โดยหลักการคือ เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum Pump) จะทำการปั๊มเอาอากาศ และความชื้นที่มีอยู่ในระบบออกสู่บรรยากาศ ตามปกติแล้วเครื่องทำสุญญากาศจะปั๊มอยู่ตลอดเวลา 45 นาที จนทำให้ความชื้นในระบบไม่มีหลงเหลืออยู่

4.1.3. โหมดชาร์จน้ำยา (Charge Mode)

คือการเติมสารทำความเย็น (น้ำยา) เข้าสู่ระบบ เพื่อให้ระบบพร้อมใช้งานตามปกติ จะมีการชาร์จด้วยกัน 2 แบบคือการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะของเหลวและการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะแก๊ส

คือ การปล่อยน้ำยาที่มีสภาพเป็นแก๊สเข้าสู่ระบบ การชาร์จประเภทนี้จะกระทำกันโดยทั่วไป เพราะกระทำได้ง่าย

การชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะของเหลว

คือ การปล่อยน้ำยาที่มีสภาพเป็นของเหลวเข้าสู่ระบบ การชาร์จประเภทนี้นิยมกระทำเมื่อชาร์จน้ำยาเข้าสู่ระบบเป็นครั้งแรก เพราะน้ำยาจะไหลเข้าสู่ระบบได้ในปริมาณมากแต่เมื่อความดันภายในระบบเท่ากับความดันภายในถังแล้ว การชาร์จโดยของเหลวจะไม่ได้ผลต้องใช้การชาร์จแบบแก๊สช่วย และเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อช่วยให้น้ำยาเข้าสู่ระบบได้ง่ายขึ้น

4.1.4. โหมดเติมน้ำมัน (Add Oil Mode)

การเติมน้ำมันคือ เมื่อระบบทำงานปกติที่นสารทำความเย็นจะมีการไหลเวียนอยู่ภายในระบบตลอด ซึ่งการไหลเวียนของสารทำความเย็นนี้จะเป็นตัวพาเอาน้ำมันหล่อลื่นภายในคอมเพรสเซอร์ออกมาด้วย ยิ่งระบบทำงานมากเท่าใด น้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ภายในคอมเพรสเซอร์ก็จะออกมาเพิ่มขึ้นเท่านั้น

ดังนั้นเมื่อเราทำการดูสารทำความเย็นจากระบบเข้ามาเก็บภายในถังเก็บก็จะมีน้ำมันหล่อลื่น ของคอมเพรสเซอร์ออกมาด้วย ตัวน้ำมันที่ปนออกมาด้วยนี้มีปริมาณมากอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้ กล่าวคือถูกสูบคอมเพรสเซอร์จะเกิดการติดขัดทำให้เสียหาย เราจึงต้องสร้างโหมดการทำงานนี้ขึ้นมาเพื่อชดเชยน้ำมันคอมเพรสเซอร์ที่ขาดหายไป ให้กับคอมเพรสเซอร์ภายในระบบ โดยปริมาณของน้ำมันที่จะเติมเข้าไปนั้น ทำได้โดยการดูดูปริมาณน้ำมัน ที่ออกมาจากวาล์ว Drain ของตัวแยกน้ำมันตัวที่ 1

หมายเหตุ

เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นที่ทดลองสร้างนี้ สามารถใช้ได้กับเครื่องปรับอากาศในรถยนต์

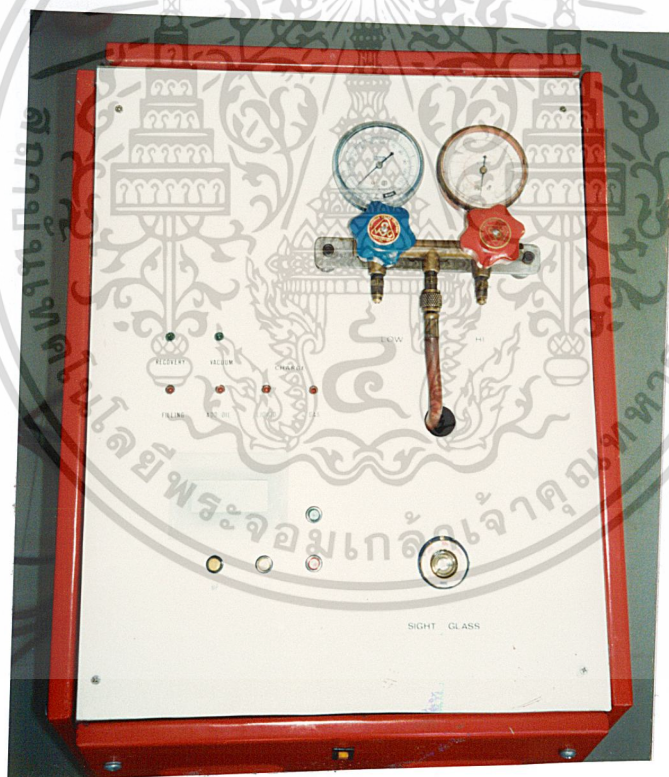
เช่น - รถยนต์นั่งส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 เครื่องปรับอากาศทั่วไป แต่ทั้งนี้ขนาดของเครื่องปรับอากาศจะมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำงานของ โหมดดูดเก็บสารทำความเย็น และโหมดเวดคัม กล่าวคือ ยิ่งขนาดบีทียู มากขึ้นเวลาที่ใช้ก็จะมากขึ้นตามไป ด้วย ดังนั้นใน 2 โหมดการทำงานนี้จึงได้สร้างโปรแกรมตั้งเวลา เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องได้เหมาะสมกับขนาดของเครื่องปรับอากาศ

4.2 การประกอบติดตั้งหน้าจอและแผงวงจรควบคุม

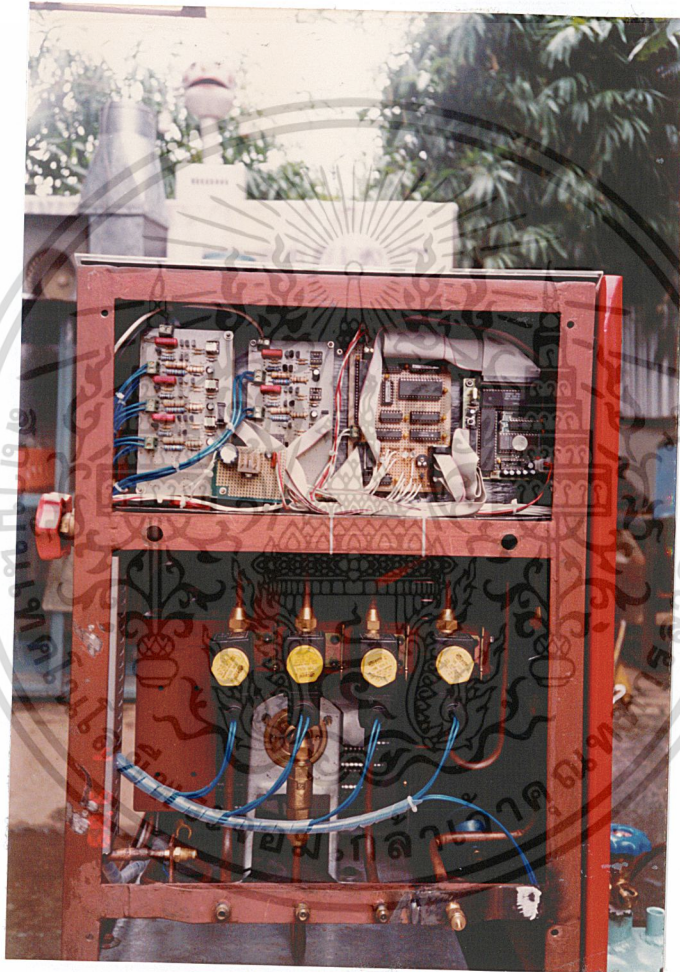
หลังจากที่ประกอบตัวเครื่องเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งหน้าจออันประกอบด้วยจอ LCD , สวิตช์ปุ่มกดทั้ง 4 ตัวคือปุ่ม MODE , ENTER , UP , DOWN และ LED Indicator โดยยึดประกอบกับหน้าจอที่เจาะช่องไว้ดังรูป



รูปที่ 4-3 แสดงหน้าจอของเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นที่ประกอบเสร็จแล้ว

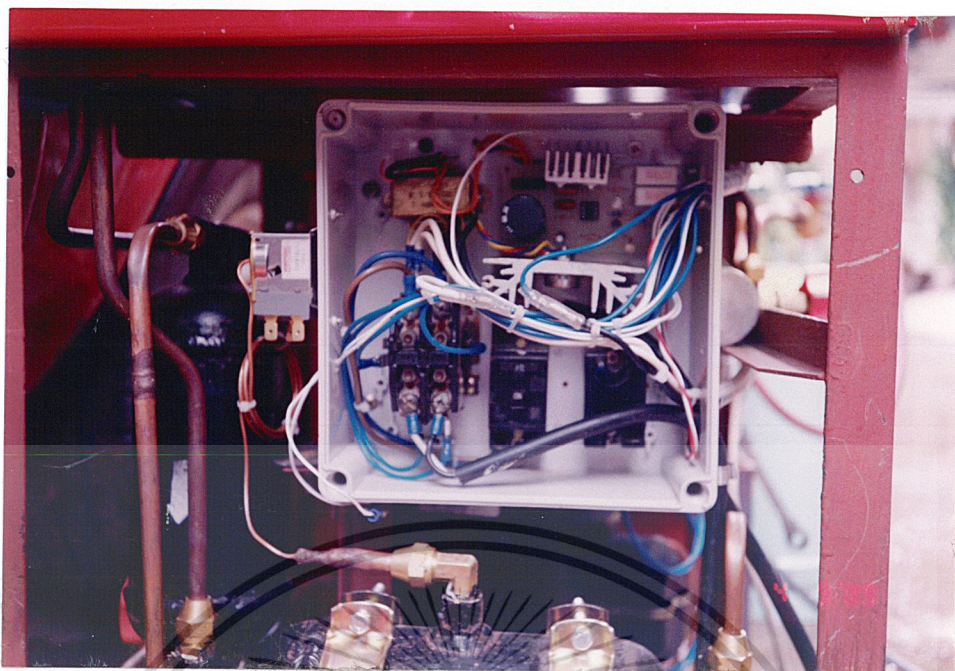
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อประกอบหน้าจอสเสร็จแล้ว จึงทำการติดตั้งแผงวงจรควบคุม อันประกอบด้วย แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ , แผง I/O Port , แผงวงจรควบคุมไฟ 220 V ที่ด้านหลังใกล้กับหน้าจอ แล้วจึงประกอบแผง SUPPLY ที่จ่ายไฟเลี้ยงระบบที่ด้านล่างของตัวเครื่อง



รูปที่ 4-4 แสดงแผงวงจรควบคุมและการติดตั้งโซลินอยส์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 แสดงแผง SUPPLY ที่ประกอบเสร็จแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-6 แสดงอุปกรณ์ทั้งหมดในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

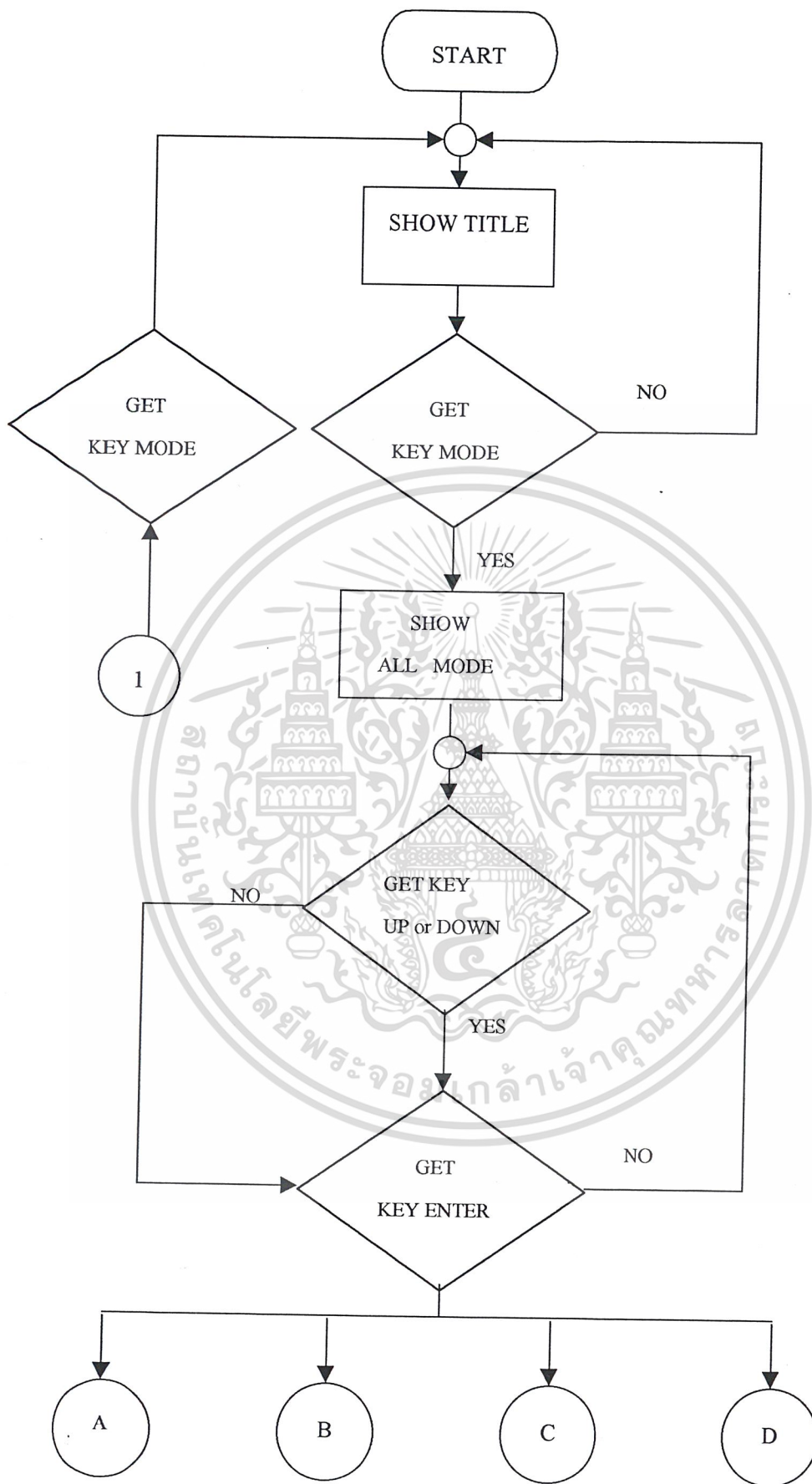
4.3 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบ

ผู้ใช้งานสามารถที่จะเลือกประเภทการ โดยการกด สวิตซ์ใช้งาน และจะดูการทำงานที่เลือก ได้ทางจอแสดงผล LCD โดยการแสดงผลจะแสดงผลเป็นภาษาอังกฤษโดย

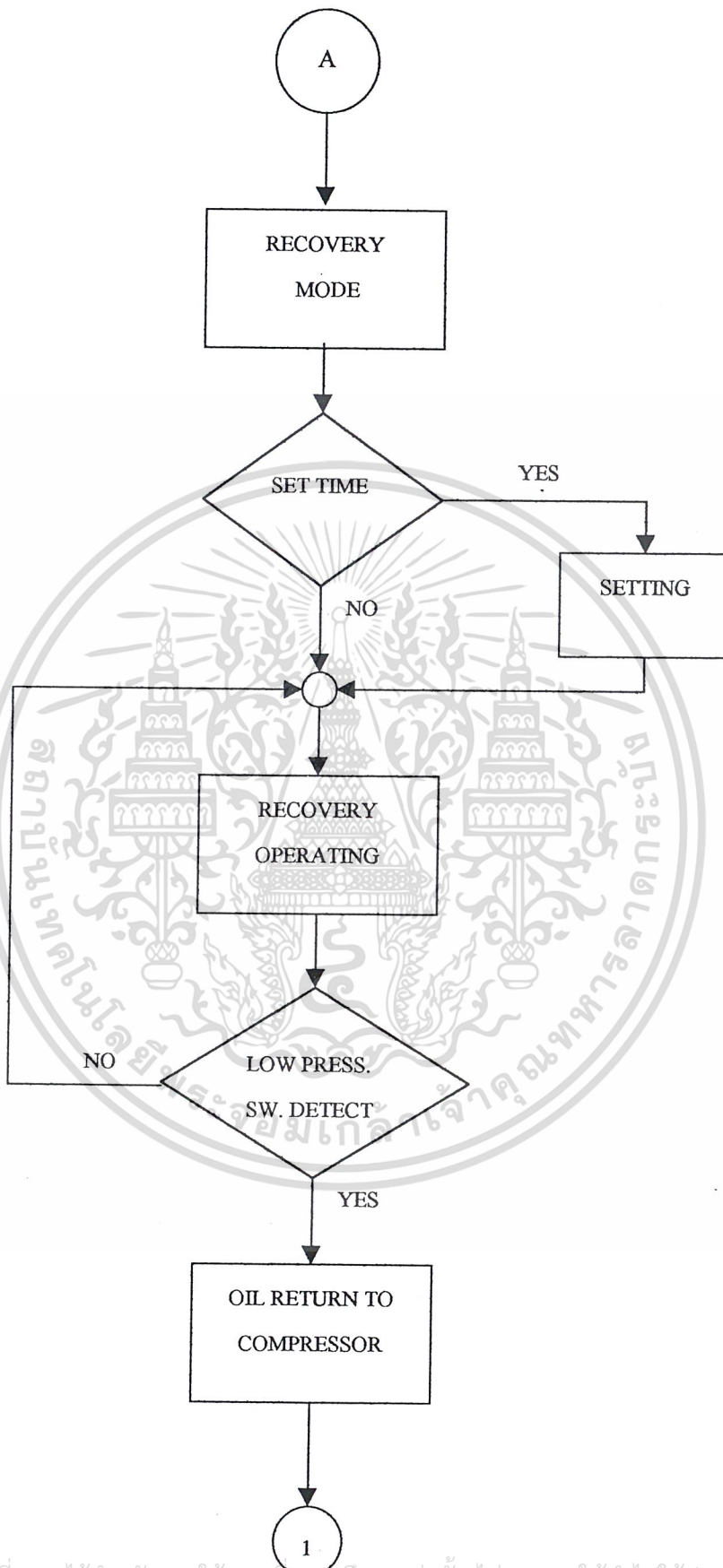
1. เมื่อเริ่มเปิดเครื่องใช้งาน ที่จอ LCD จะมีการแสดงผลบอกชื่อเครื่องคือ “RECYCLED OF REFRIGRANT SYSTEM”
2. การใช้งานต้องกด ปุ่ม MODE จอ LCD จะแสดงผลโหมดการทำงานทั้งหมด อันประกอบด้วย RECOVERY , VACUUM , CHARGE , ADD-OIL
3. ผู้ใช้สามารถเลื่อน Pointer ที่จอแสดงผลเพื่อชี้โหมดการทำงานที่ต้องการใช้งาน โดยการกด ปุ่ม “ UP หรือ DOWN “
4. เลือกประเภทการใช้นั้น ๆ โดยการกดปุ่ม ENTER จอ LCD จะแสดงผลโหมดการใช้งานและ รายละเอียดของโหมดนั้น ๆ โดยขั้นตอนการใช้งานและการทำงานของโหมดการทำงานนั้น ๆ จะเป็นดัง Flow Chart ของโหมดการทำงานนั้น ๆ (รูปที่ 4-7 ถึง รูปที่ 4-10)
5. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จในแต่ละโหมดการทำงานจอ LCD จะแสดงผลข้อความ COMPLETE พร้อม ๆ กับจะมีเสียง Beep บอกผู้ใช้อย่าง
6. ผู้ใช้สามารถใช้งานโหมดการทำงานอื่น ๆ โดยการกดปุ่ม MODE ก็จะเริ่มการทำงานเช่นเดียวกับการเริ่มเปิดเครื่องใช้งานและเลือกใช้งานเครื่อง ได้ดังข้างต้นที่กล่าวมา

เขียนลักษณะการทำงานเป็นแผนภาพแสดงการทำงาน ได้ดังรูป

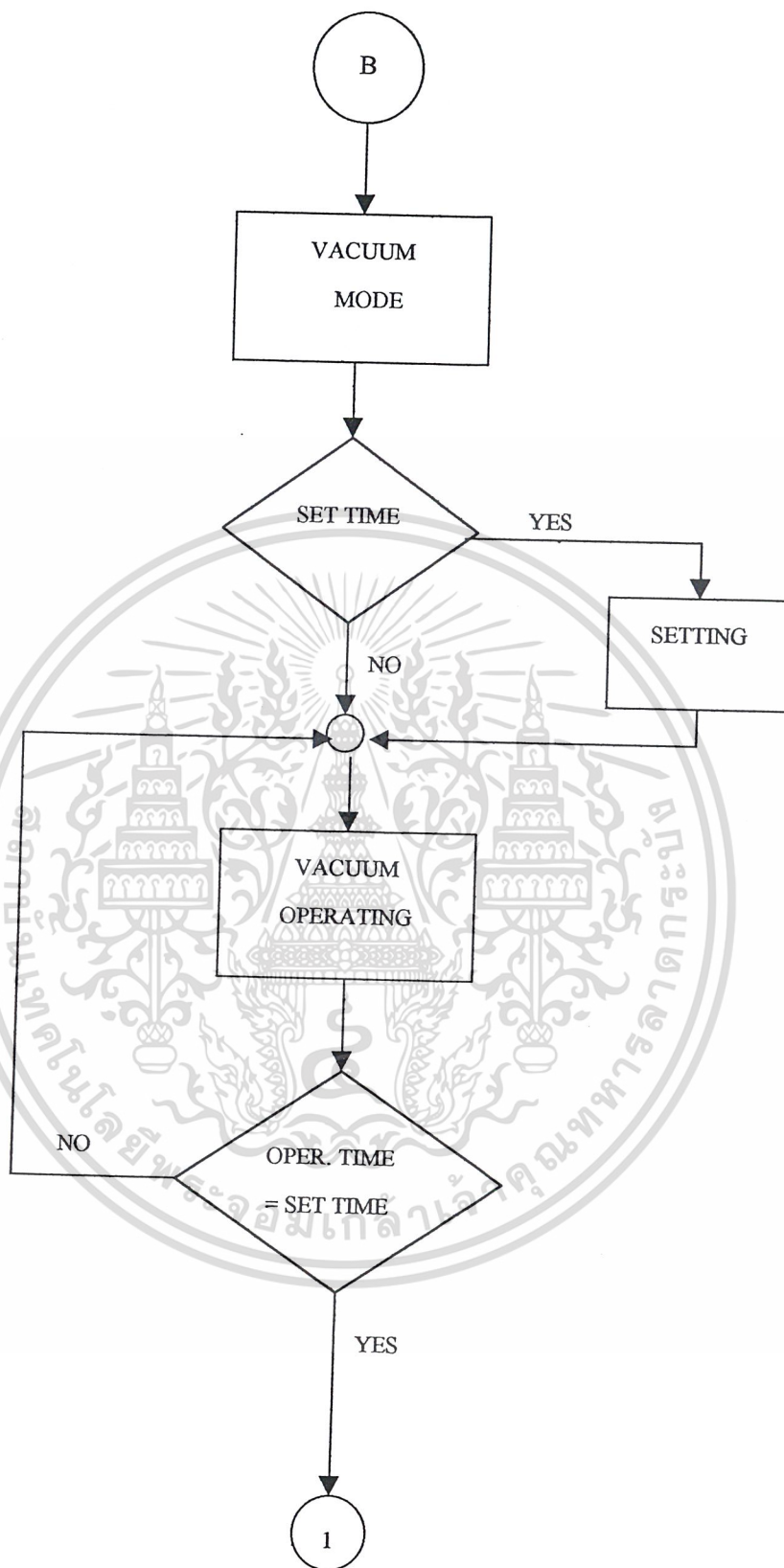
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



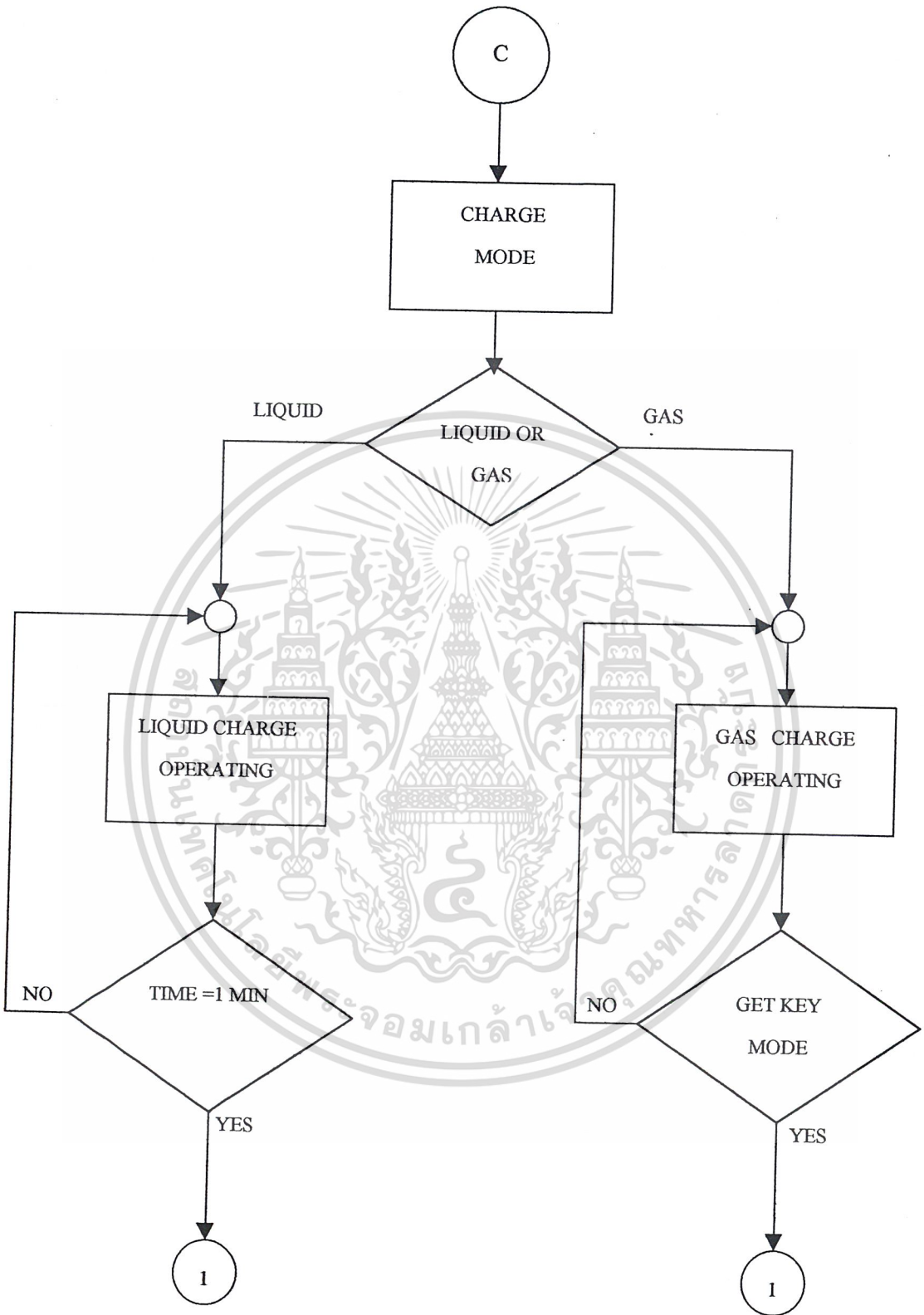
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-7 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมการทำงานทั้งหมด
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-8 แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

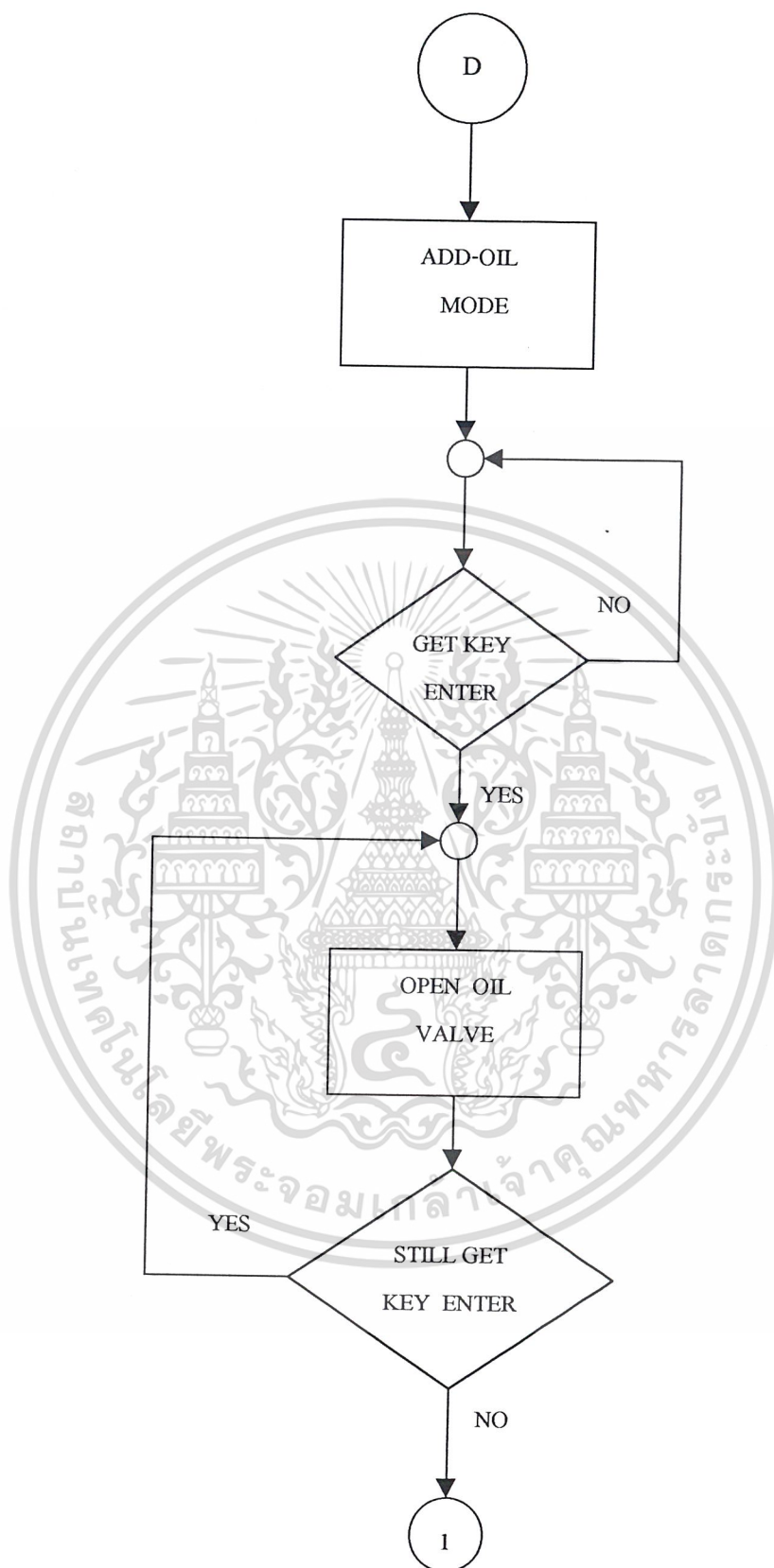


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-9 แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดแวกคัม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-10 แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดชาร์จน้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 แผนภาพแสดงการทำงานของโหมดเติมน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การทดลอง

เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่อง ว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่รวมถึงเครื่องปรับอากาศที่นำมาทดลอง มีผลให้ประสิทธิภาพการทำงานเย็นลดลงไปหรือเกิดผลกระทบจากการใช้เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น และตรวจหาข้อผิดพลาดเพื่อนำมาแก้ไขต่อไป

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น
2. เครื่องทำสูญญากาศ
3. ถังน้ำยาชนิดที่มี liquid valve และ gas valve
4. แมนนิโฟลด์เกจ
5. รถยนต์ที่มีระบบปรับอากาศ
6. ชุดเครื่องมือช่าง

5.2 การทดลอง

การทดลองจะเริ่มจากเปิดเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็น แล้วแบ่งการทดลองออกเป็นหัวข้อ ตามโหมดการทำงาน คือ

- โหมดดูดเก็บสารทำความเย็น
- โหมดแวกคัม
- โหมดชาร์จน้ำยา
- โหมดเติมน้ำมัน

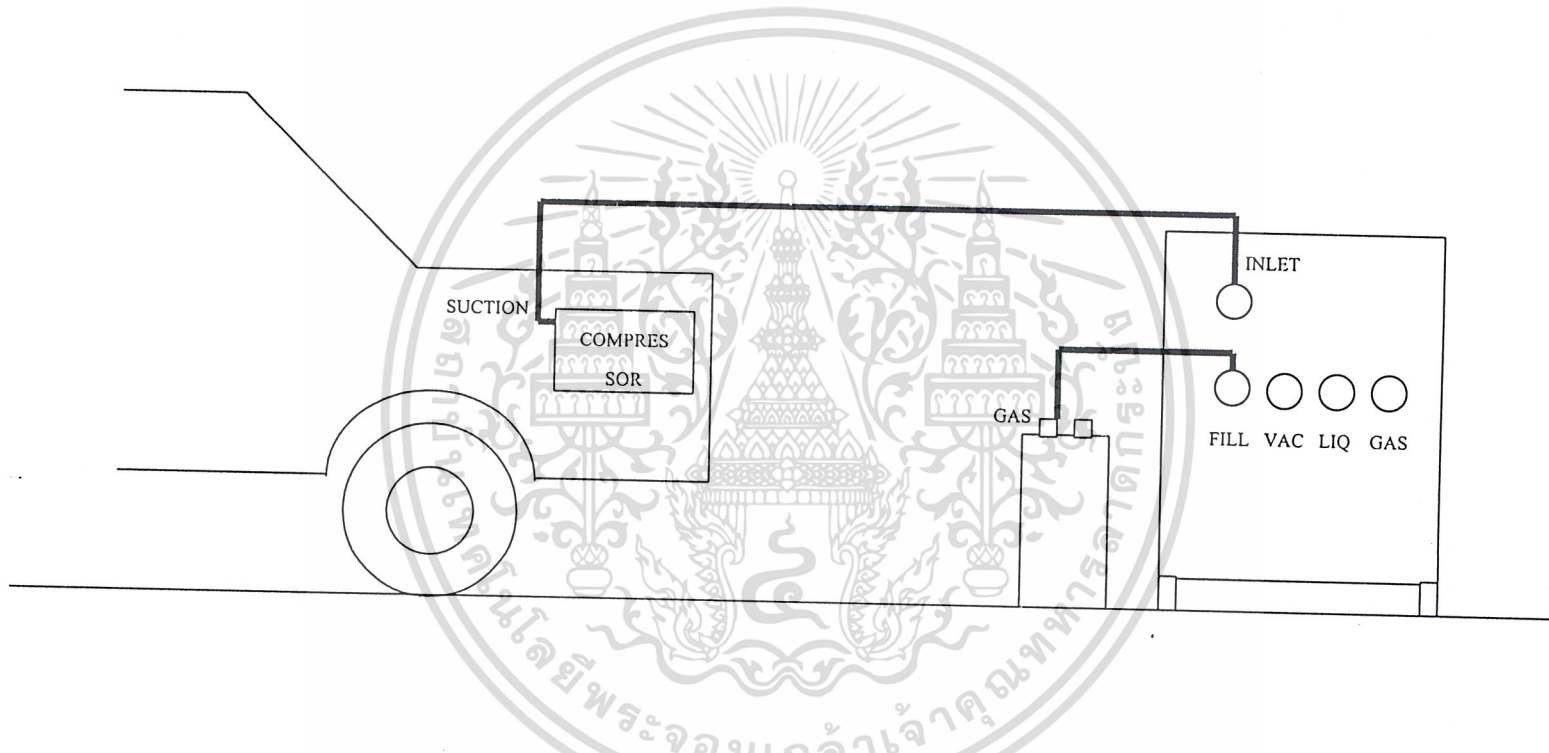
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานของโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น (RECOVERY MODE)

1. ต่อสายแมนนิโฟลด์เกจที่ช่องทางดูด(Suction) จากคอมเพรสเซอร์ในรถยนต์เข้ากับ ช่อง ทางดูด ของตัวเครื่อง
2. ต่อสายแมนนิโฟลด์เกจจากช่องจ่ายน้ำยาออก (Filling) ของตัวเครื่องไปยังถังเก็บน้ำยา
3. เปิดเครื่องเพื่อเริ่มการทำงาน
4. เข้าสู่โหมดดูดเก็บสารทำความเย็น สั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน
5. จับเวลาการทำงานที่หน้าจอ LCD
6. สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่แมนนิโฟลด์เกจ

จากการทดลองเมื่อต่อสายแมนนิโฟลด์เกจจากคอมเพรสเซอร์รถยนต์ เข็มที่แมนนิโฟลด์เกจจะแสดงระดับความดันของสารทำความเย็นที่มีอยู่ในระบบ หลังจากเครื่องเริ่มทำงานความดันที่แมนนิโฟลด์เกจจะลดลงเรื่อยๆ จนต่ำสุดสเกลเครื่องจะหยุดทำงาน โดยอัตโนมัติแสดงว่าภายในระบบกลายเป็นสุญญากาศ และสารทำความเย็นได้ถูกเก็บไว้ในถังเก็บแล้ว แต่เนื่องจากระบบทำความเย็นในรถยนต์มีขนาดเล็กเวลาที่ใช้ในการทำงานของโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น จากการทดลองจึงแค่ประมาณ 5 นาที ก็สามารถดูดเก็บสารทำความเย็นได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-1 แสดงการต่อสายแมนนิโฟลด์เกจในโหมดการดูดเก็บสารทำความเย็น

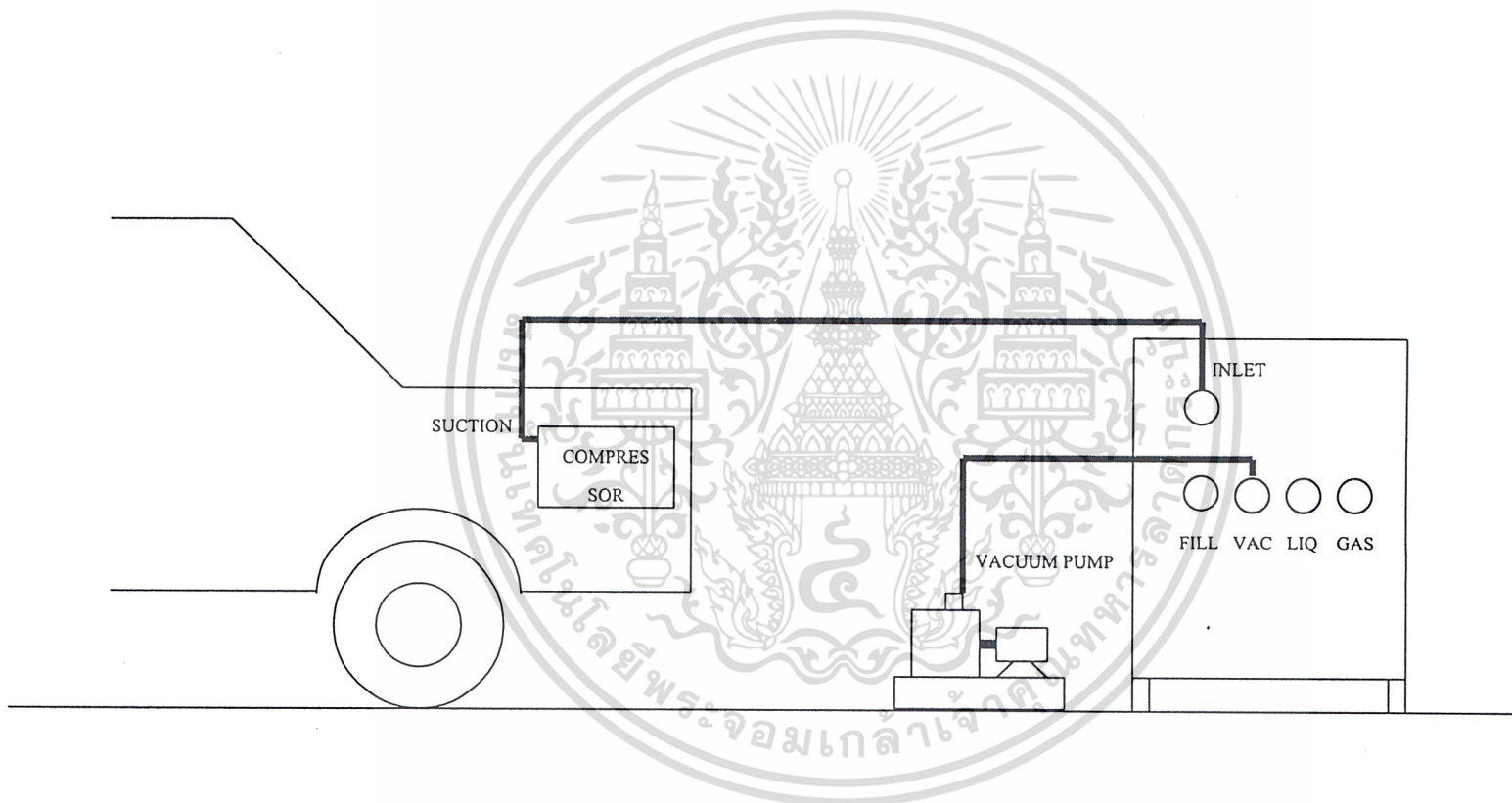
การใช้งานของโหมดแวกคัม (VACUUM MODE)

1. ต่อสายแมนนิโฟลด์เกจจากช่องแวกคัมของตัวเครื่อง ไปยังเครื่องทำสุญญากาศ
2. เข้าสู่โหมดแวกคัม สั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน
3. สังเกตปริมาณลมที่ออกมาจากเครื่องทำสุญญากาศ
4. สังเกตระดับแรงดันที่แมนนิโฟลด์เกจ

การทำสุญญากาศในโหมดแวกคัม จะสังเกตการทำงานง่าย ๆ จากความแรงของลมที่ออกมาจากเครื่องทำสุญญากาศ ถ้าไม่มีลมที่ออกมาจากเครื่องทำสุญญากาศ ก็แสดงว่าภายในระบบสามารถทำสุญญากาศได้สมบูรณ์หรืออาจสังเกตได้จากแมนนิโฟลด์เกจถ้าระบบเป็นสุญญากาศโดยสมบูรณ์ ที่แมนนิโฟลด์เกจจะมีความดันติดลบ หรือเข็มอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

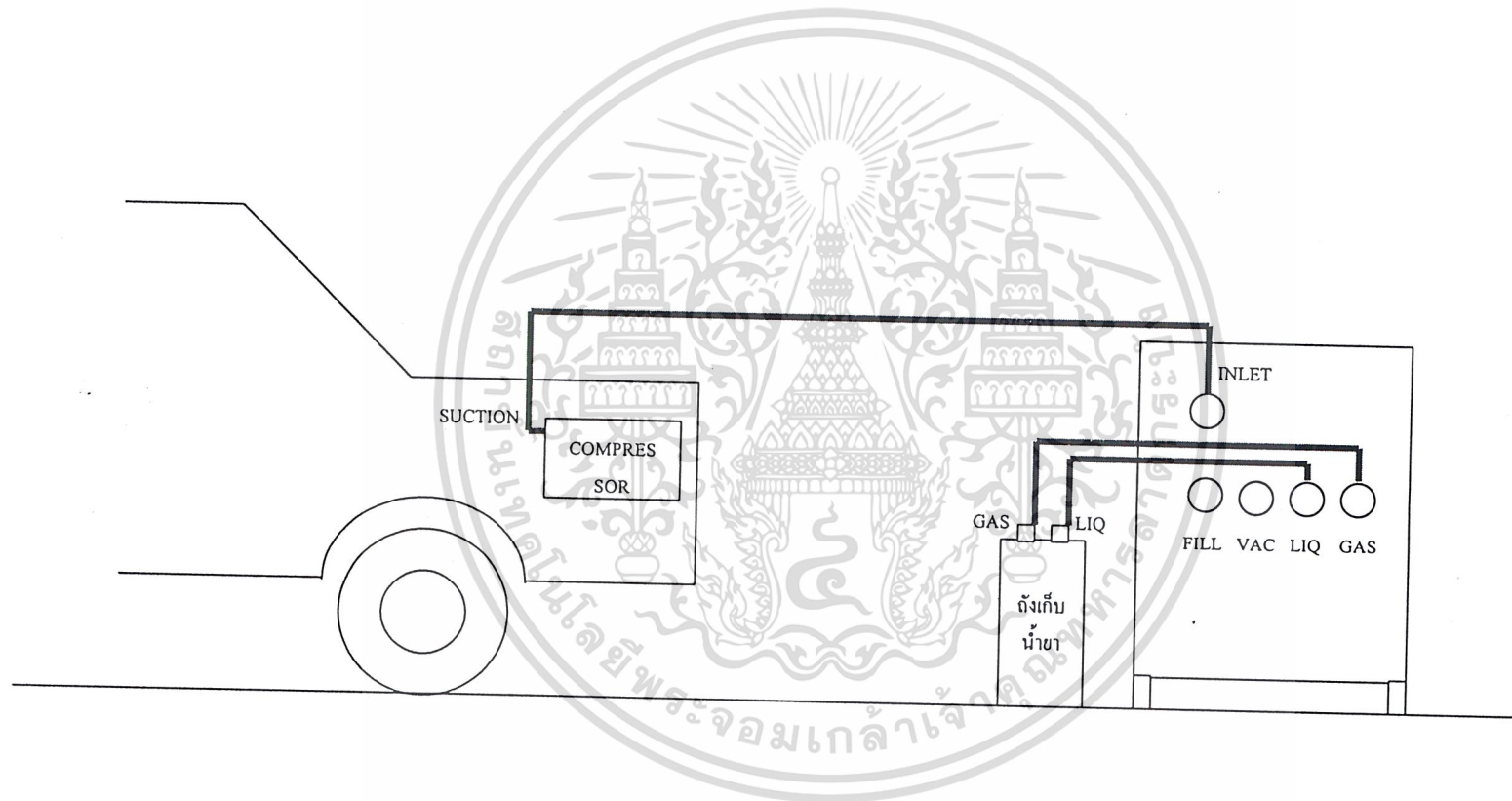


รูป 5-2 แสดงการต่อสายแมนนิโฟลด์เกจในโหมมการทำความสุญญากาศ

การใช้งานของโหมดชาร์จน้ำยา (CHARGE MODE)

1. ต่อด้ายแมนนิโฟลด์เกจจากช่อง LIQUID ของตัวเครื่องไปยัง liquid valve ของถัง R-12
2. ต่อด้ายแมนนิโฟลด์เกจจากช่อง GAS ของตัวเครื่องไปยัง gas valve ของถัง R-12
3. เข้าสู่โหมดชาร์จน้ำยา
4. สั่งให้เครื่องชาร์จน้ำยาแบบของเหลว
5. สั่งให้เครื่องชาร์จน้ำยาแบบแก๊ส
6. สตาร์ทเครื่องยนต์
7. สังเกตระดับแรงดันที่แมนนิโฟลด์เกจ
7. หยุดชาร์จสังเกตเข็มของแมนนิโฟลด์เกจจะลดลงเรื่อยๆ
8. ชาร์จแบบแก๊สเข็มของแมนนิโฟลด์เกจจะเริ่มสูงขึ้น
9. เร่งเครื่องยนต์ สลับกับการเปิด-ปิด วาล์วชาร์จแบบแก๊ส เป็นระยะ
10. สังเกตดูที่แมนนิโฟลด์เกจ ความดันของเกจที่ด้าน โลว์และด้าน ไฮต้องอ่านค่าได้ประมาณ 30 และ 200 PSI ตามลำดับและที่คูน้ายา (Sight glass) ที่ครายเออร์ของรถยนต์ดูให้ไม่มีฟองอากาศ เสร็จสิ้นการทำงานของเครื่องชาร์จน้ำยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-3 แสดงการต่อสายเมนนิฟอลด์เกจในโหมดชาร์จน้ำยา

บทที่ 6 ข้อเสนอแนะและแนวทางวิจัย

จากการทดลองในบทที่แล้วทำให้ทราบถึงจุดดีและข้อบกพร่องของการทำงานของเครื่องว่าสามารถใช้งานได้ดีเพียงใด แบ่งเป็นโหมดได้ดังนี้

โหมดดูดเก็บสารทำความเย็น (RECOVERY MODE)

1. เครื่องสามารถดูดเก็บสารทำความเย็นจากระบบได้จริง และสามารถดูดเก็บได้เกือบทั้งหมด
2. ระบบทำความเย็นในรถยนต์มีขนาดเล็ก ทำให้เวลาในการดูดสารทำความเย็นสั้น (จากการทดลองใช้เวลาเพียง 5 นาที)

จุดบกพร่อง

1. เนื่องจาก Low pressure SW. ที่ใช้จะทำงานเมื่อความดันในระบบปรับอากาศลดลงเหลือประมาณ 5 Psig ดังนั้นจึงมีสารทำความเย็นบางส่วนหลงเหลืออยู่ในระบบ
2. ที่ถึงเก็บสารทำความเย็นที่ได้จากการทำงานของโหมดดูดเก็บสารทำความเย็น ยังไม่มีตัวตรวจจับที่สามารถบอกได้ว่าถึงบรรจุสารทำความเย็นอยู่เต็มถึงแล้ว ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายเมื่อทำการดูดเก็บต่อไปเรื่อยๆ วิธีแก้ไขก็คือกำหนดน้ำหนักสุทธิของถังว่าสามารถบรรจุสารทำความเย็นได้เท่าใด

โหมดแวกคัม (VACUUM MODE)

1. จากการทดลองเครื่องสามารถใช้งานได้เหมือนกับการทำสุญญากาศโดยทั่วไป

จุดบกพร่อง

1. การทำสุญญากาศให้กับระบบจะต้องคอยดูที่แมนนิโฟลด์เกจ ว่าความดันที่อ่านได้เป็นสุญญากาศแล้วหรือไม่ แต่การทำสุญญากาศจากเครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นจะตั้งเวลาไว้แน่นอน ทำให้การทำสุญญากาศของเครื่องนานเกินความจำเป็น
2. เครื่องรีไซเคิลระบบสารทำความเย็นไม่สามารถทำสุญญากาศด้วยตัวของมันเองได้ ยังคงต้องอาศัยเครื่องทำสุญญากาศอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดชาร์จน้ำยา (CHARGE MODE)

1. จากการทดลองการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะของเหลว จะทำให้สารทำความเย็นเข้าสู่ระบบได้รวดเร็วกว่าการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะแก๊ส
2. ง่ายต่อการทำงาน

จุดบกพร่อง

1. จากข้อดีของการชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะของเหลว ก็มีข้อจำกัดด้วยเช่นกันคือ เมื่อความดันภายในถังกับภายในระบบเท่ากันแล้ว การชาร์จน้ำยาเข้าระบบในสถานะของเหลว ก็จะไม่เป็นผล
2. เราไม่สามารถกำหนดปริมาณสารทำความเย็นที่ใช้ได้ตายตัว ว่าเครื่องปรับอากาศเครื่องหนึ่ง จะใช้สารทำความเย็นปริมาณเท่าใด
3. จะต้องอาศัยการเร่งเครื่องยนต์ช่วยในการชาร์จน้ำยาเข้าสู่ระบบ ไม่เช่นนั้นสารทำความเย็นจะเข้าสู่ระบบได้ยาก

โหมดเติมน้ำมัน (ADD-OIL MODE)

เนื่องจากการทำงานในโหมดเติมน้ำยาจะใช้การกดปุ่ม เพื่อให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน และวาล์วที่ใช้จะต้องเป็นวาล์วชนิดที่ใช้กับน้ำมันคอมเพรสเซอร์ได้ ซึ่งมีราคาแพงทำให้ไม่สามารถจัดหามาใช้ในการทดลองได้ และขวดที่ใช้บรรจุน้ำมันที่จะใช้เติมให้กับคอมเพรสเซอร์ของระบบ จะต้องมียกฉพาะซึ่งยังไม่สามารถจัดหามาได้

ดังนั้นแนวทางการแก้ไขคืออาจใช้แฮนด์วาล์วแทนการใช้โซลินอยด์วาล์ว แต่จะไม่สามารถสั่งงานจากชุดควบคุมได้ ซึ่งจะนำไปแก้ไขต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

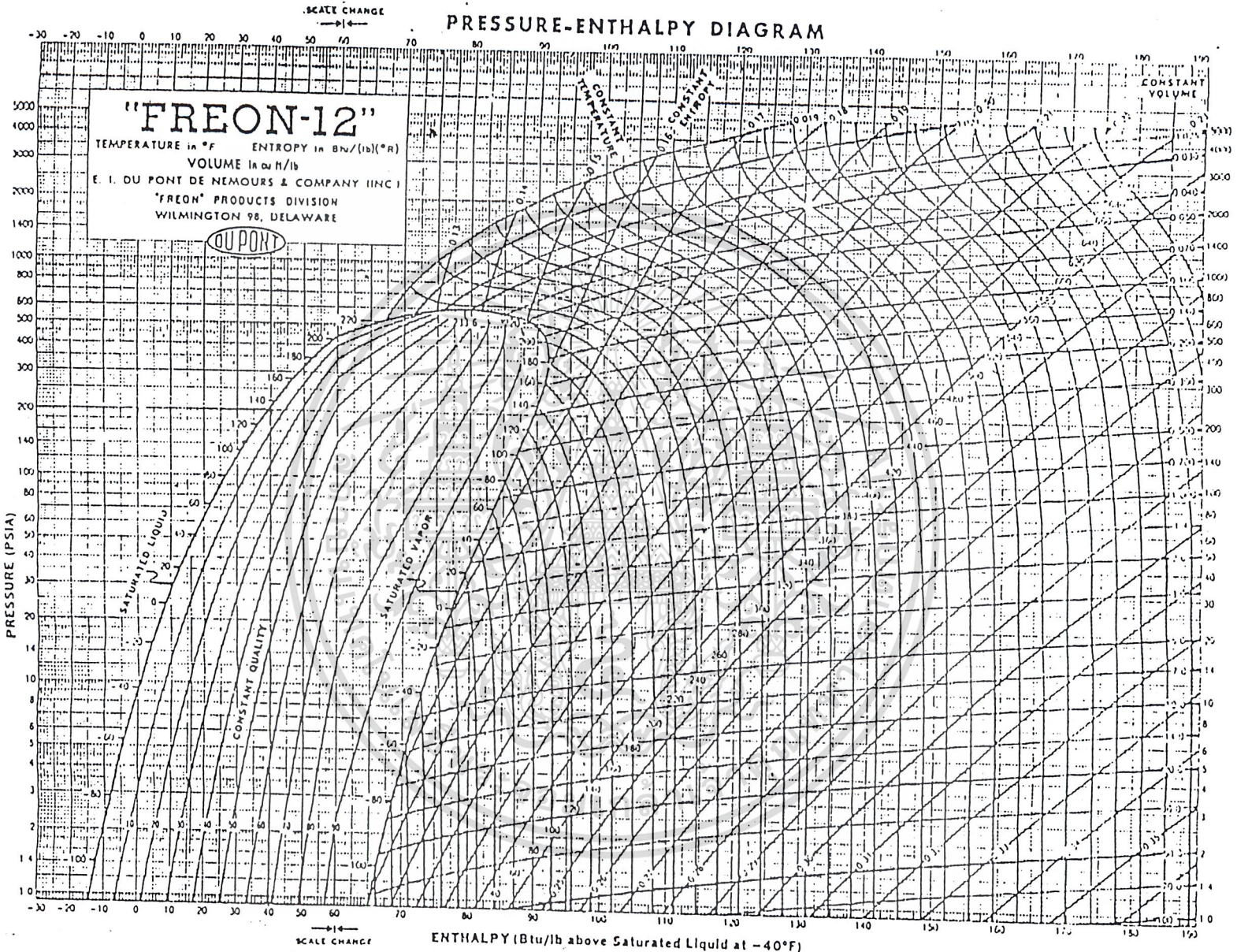
1. “การทำความเย็นและห้องเย็น”, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. สอนง อิมเอม, “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์”
3. สมยศ จุณณะปิยะ, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. สุเจตน์ จันทรัมย์, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051”, โครงการตำราวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
5. ชีรวัดน์ ประกอบผล, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
6. วิชัย ศังขจันทรานนท์, “การควบคุมไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
7. “คู่มือ ไอซี TTL”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
8. “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เล่ม 1”, บริษัทสตาร์เสิร์ฟ จำกัด
9. “แนวทางการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
10. “วารสาร ว.ส.ท. เทคโนโลยี”, เล่มที่ 7 ประจำเดือน กรกฎาคม 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRESSURE-ENTHALPY DIAGRAM

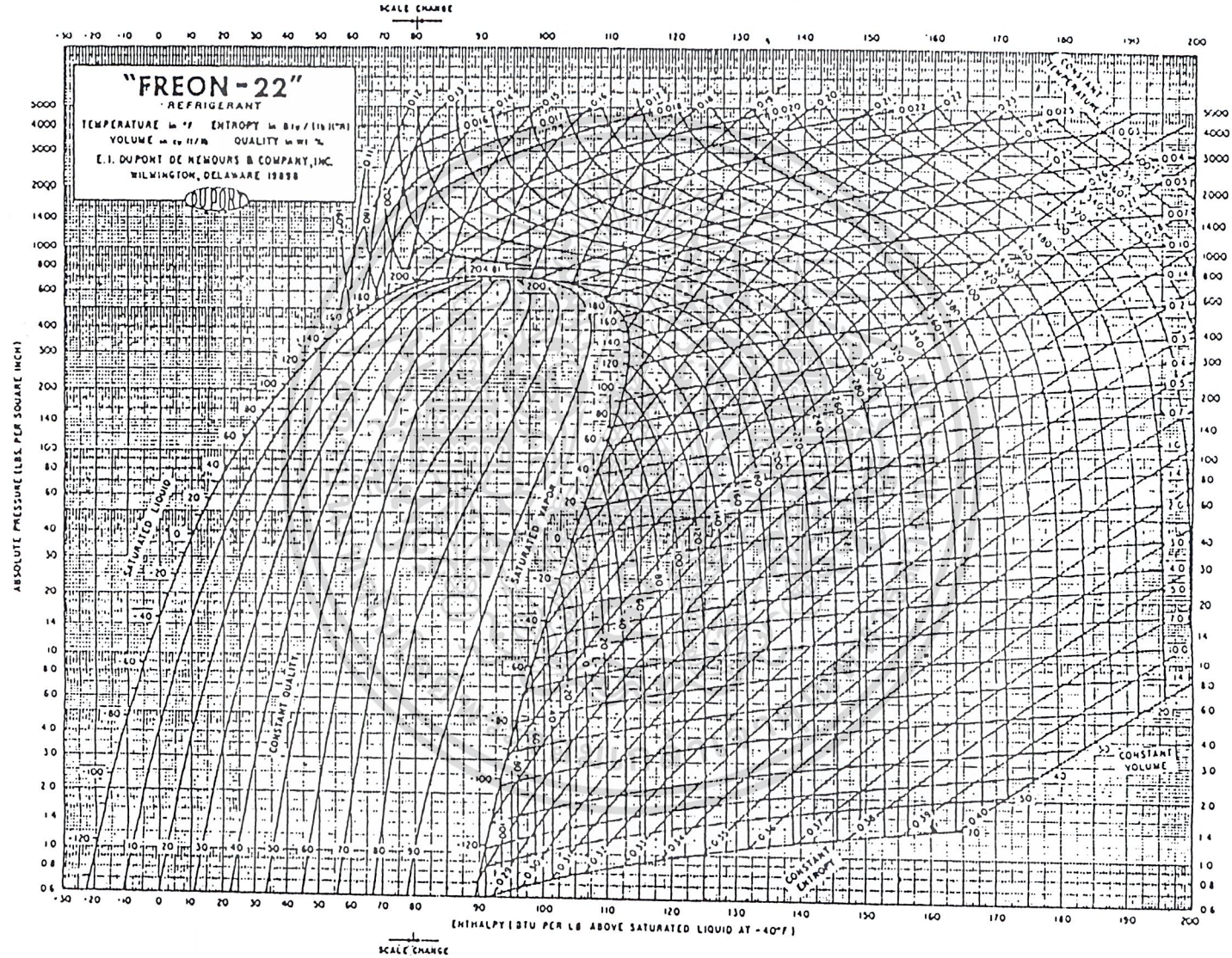


"FREON-12"
TEMPERATURE in °F ENTROPY in Btu/(lb)(°R)
VOLUME in cu ft/lb
E. I. DU PONT DE NEMOURS & COMPANY (INC.)
"FREON" PRODUCTS DIVISION
WILMINGTON 98, DELAWARE



ENTHALPY (Btu/lb above Saturated Liquid at -40°F)

PRESSURE-ENTHALPY DIAGRAM



FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb X °R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
-152	0.13799	29.64024*	0.0095673	197.58	104.52	0.0050614	-23.106	83.734	60.628	-0.063944	0.20818	-152
-151	0.14561	29.62473*	0.0095747	187.34	104.44	0.0053238	-22.901	83.634	60.733	-0.063290	0.20764	-151
-150	0.15359	29.60849*	0.0095822	178.65	104.36	0.0055976	-22.697	83.534	60.837	-0.062519	0.20711	-150
-149	0.16194	29.59150*	0.0095897	169.97	104.28	0.0058832	-22.492	83.435	60.943	-0.061959	0.20658	-149
-148	0.17057	29.57372*	0.0095971	161.78	104.20	0.0061811	-22.288	83.336	61.048	-0.061302	0.20606	-148
-147	0.17930	29.55512*	0.0096047	154.05	104.12	0.0064915	-22.083	83.237	61.154	-0.060647	0.20554	-147
-146	0.18835	29.53563*	0.0096122	146.74	104.03	0.0068149	-21.879	83.138	61.259	-0.059995	0.20503	-146
-145	0.19763	29.51537*	0.0096198	139.33	103.95	0.0071517	-21.674	83.039	61.365	-0.059344	0.20452	-145
-144	0.20715	29.49414*	0.0096274	133.29	103.87	0.0075025	-21.470	82.941	61.471	-0.058696	0.20402	-144
-143	0.21692	29.47198*	0.0096350	127.10	103.79	0.0078675	-21.265	82.842	61.577	-0.058049	0.20353	-143
-142	0.22694	29.44884*	0.0096426	121.25	103.71	0.0082474	-21.061	82.744	61.683	-0.057405	0.20304	-142
-141	0.23720	29.42470*	0.0096502	115.71	103.62	0.0086425	-20.857	82.646	61.789	-0.056763	0.20256	-141
-140	0.24771	29.39951*	0.0096579	110.46	103.54	0.0090533	-20.652	82.548	61.896	-0.056123	0.20208	-140
-139	0.25846	29.37324*	0.0096656	105.48	103.46	0.0094803	-20.448	82.451	62.003	-0.055484	0.20161	-139
-138	0.26945	29.34586*	0.0096733	100.77	103.38	0.0099241	-20.244	82.353	62.109	-0.054848	0.20114	-138
-137	0.28066	29.31732*	0.0096811	96.292	103.29	0.010385	-20.039	82.255	62.216	-0.054214	0.20068	-137
-136	0.29208	29.28759*	0.0096888	92.050	103.21	0.010864	-19.835	82.158	62.323	-0.053582	0.20023	-136
-135	0.30371	29.25663*	0.0096966	88.023	103.13	0.011361	-19.631	82.061	62.430	-0.052952	0.19978	-135
-134	0.31555	29.22439*	0.0097044	84.201	103.05	0.011876	-19.426	81.964	62.538	-0.052324	0.19933	-134
-133	0.32760	29.19084*	0.0097123	80.571	102.96	0.012411	-19.222	81.867	62.645	-0.051697	0.19889	-133
-132	0.33985	29.15593*	0.0097201	77.123	102.88	0.012966	-19.018	81.770	62.752	-0.051073	0.19845	-132
-131	0.35230	29.11962*	0.0097280	73.846	102.80	0.013542	-18.813	81.673	62.860	-0.050450	0.19802	-131
-130	0.36495	29.08187*	0.0097359	70.730	102.71	0.014138	-18.609	81.577	62.968	-0.049830	0.19760	-130
-129	0.37780	29.04262*	0.0097433	67.768	102.63	0.014756	-18.404	81.480	63.076	-0.049211	0.19718	-129
-128	0.39085	29.00184*	0.0097518	64.949	102.55	0.015397	-18.200	81.384	63.184	-0.048594	0.19676	-128
-127	0.40410	28.95947*	0.0097598	62.267	102.46	0.016060	-17.996	81.288	63.292	-0.047979	0.19635	-127
-126	0.41755	28.91546*	0.0097673	59.714	102.38	0.016746	-17.791	81.191	63.400	-0.047366	0.19594	-126
-125	0.43120	28.86978*	0.0097758	57.233	102.29	0.017457	-17.587	81.096	63.509	-0.046754	0.19554	-125
-124	0.44505	28.82236*	0.0097838	54.968	102.21	0.018192	-17.383	81.000	63.617	-0.046144	0.19514	-124
-123	0.45910	28.77315*	0.0097919	52.761	102.13	0.018953	-17.178	80.904	63.726	-0.045537	0.19475	-123
-122	0.47335	28.72211*	0.0098000	50.658	102.04	0.019740	-16.974	80.808	63.834	-0.044930	0.19436	-122
-121	0.48780	28.66917*	0.0098081	48.553	101.96	0.020554	-16.769	80.712	63.943	-0.044326	0.19397	-121
-120	0.50245	28.61429*	0.0098163	46.441	101.87	0.021395	-16.565	80.617	64.052	-0.043723	0.19359	-120
-119	0.51730	28.55741*	0.0098245	44.316	101.79	0.022264	-16.360	80.521	64.161	-0.043122	0.19322	-119
-118	0.53235	28.49846*	0.0098327	43.175	101.70	0.023162	-16.155	80.425	64.270	-0.042522	0.19285	-118
-117	0.54760	28.43740*	0.0098409	41.513	101.62	0.024089	-15.951	80.330	64.379	-0.041925	0.19248	-117
-116	0.56305	28.37416*	0.0098491	39.926	101.53	0.025047	-15.746	80.234	64.488	-0.041329	0.19212	-116
-115	0.57870	28.30869*	0.0098574	38.410	101.45	0.026035	-15.541	80.139	64.598	-0.040734	0.19176	-115
-114	0.59455	28.24092*	0.0098657	36.961	101.36	0.027056	-15.337	80.044	64.707	-0.040141	0.19140	-114
-113	0.61060	28.17078*	0.0098740	35.577	101.28	0.028108	-15.132	79.949	64.817	-0.039550	0.19105	-113
-112	0.62685	28.09823*	0.0098824	34.253	101.19	0.029195	-14.927	79.853	64.926	-0.038960	0.19070	-112
-111	0.64330	28.02318*	0.0098908	32.987	101.10	0.030315	-14.723	79.759	65.036	-0.038372	0.19036	-111
-110	0.66000	27.94558*	0.0098992	31.777	101.02	0.031470	-14.518	79.663	65.145	-0.037786	0.19002	-110
-109	0.67695	27.8654*	0.0099076	30.618	100.93	0.032660	-14.313	79.568	65.255	-0.037201	0.18968	-109
-108	0.69415	27.7824*	0.0099161	29.509	100.85	0.033888	-14.108	79.473	65.365	-0.036618	0.18935	-108
-107	0.71160	27.6968*	0.0099246	28.448	100.76	0.035152	-13.903	79.378	65.475	-0.036038	0.18902	-107
-106	0.72930	27.6083*	0.0099331	27.431	100.67	0.036455	-13.698	79.283	65.585	-0.035455	0.18870	-106
-105	0.74725	27.5169*	0.0099416	26.458	100.59	0.037796	-13.492	79.188	65.696	-0.034877	0.18838	-105
-104	0.76545	27.4225*	0.0099502	25.525	100.50	0.039177	-13.288	79.094	65.806	-0.034299	0.18806	-104
-103	0.78390	27.3251*	0.0099588	24.631	100.41	0.040600	-13.082	78.998	65.916	-0.033723	0.18775	-103
-102	0.80260	27.2245*	0.0099674	23.774	100.33	0.042063	-12.877	78.904	66.027	-0.033149	0.18744	-102
-101	0.82155	27.1208*	0.0099761	22.952	100.24	0.043569	-12.672	78.809	66.137	-0.032576	0.18713	-101
-100	0.84075	27.0138*	0.0099847	22.164	100.15	0.045119	-12.466	78.714	66.248	-0.032005	0.18683	-100
-99	0.86020	26.9034*	0.0099935	21.407	100.07	0.046713	-12.261	78.619	66.358	-0.031435	0.18653	-99
-98	0.88000	26.7896*	0.010002	20.682	99.978	0.048352	-12.055	78.524	66.469	-0.030866	0.18623	-98
-97	0.90015	26.6723*	0.010011	19.985	99.891	0.050037	-11.850	78.429	66.579	-0.030299	0.18594	-97
-96	0.92065	26.5514*	0.010020	19.316	99.803	0.051769	-11.644	78.334	66.690	-0.029733	0.18565	-96
-95	0.94150	26.4268*	0.010029	18.674	99.715	0.053550	-11.438	78.239	66.801	-0.029169	0.18536	-95

*Inches of mercury below one atmosphere

FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lbX° R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID l/v _f	VAPOR l/v _g	LIQUID h _f	LATEX h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
-95	1.7163	26.4268*	0.010029	13.574	99.715	0.053550	-11.433	78.239	66.801	-0.029169	0.18536	-95
-94	1.7794	26.2984*	0.010037	13.957	99.627	0.055379	-11.233	78.144	66.911	-0.028606	0.18508	-94
-93	1.8443	26.1662*	0.010046	17.465	99.539	0.057259	-11.027	78.049	67.022	-0.028044	0.18420	-93
-92	1.9112	26.0301*	0.010055	16.355	99.451	0.059139	-10.821	77.954	67.133	-0.027484	0.18452	-92
-91	1.9800	25.8899*	0.010064	16.347	99.363	0.061172	-10.615	77.859	67.244	-0.026925	0.18425	-91
-90	2.0509	25.7456*	0.010073	15.321	99.274	0.063207	-10.409	77.764	67.355	-0.026367	0.18398	-90
-89	2.1233	25.5971*	0.010082	15.315	99.185	0.065297	-10.203	77.669	67.466	-0.025811	0.18371	-89
-88	2.1973	25.4443*	0.010091	14.329	99.097	0.067441	-9.9971	77.574	67.577	-0.025256	0.18345	-88
-87	2.2720	25.2872*	0.010100	14.359	99.008	0.069642	-9.7908	77.479	67.688	-0.024702	0.18318	-87
-86	2.3554	25.1255*	0.010109	13.508	98.919	0.071900	-9.5845	77.384	67.799	-0.024150	0.18293	-86
-85	2.4371	24.9593*	0.010118	13.474	98.830	0.074216	-9.3782	77.289	67.911	-0.023599	0.18267	-85
-84	2.5210	24.7884*	0.010128	13.056	98.740	0.076591	-9.1717	77.194	68.022	-0.023049	0.18242	-84
-83	2.5273	24.6127*	0.010137	12.654	98.651	0.079027	-8.9652	77.098	68.133	-0.022500	0.18217	-83
-82	2.6260	24.4321*	0.010146	12.266	98.561	0.081525	-8.7586	77.003	68.244	-0.021953	0.18192	-82
-81	2.7271	24.2466*	0.010155	11.893	98.472	0.084085	-8.5519	76.907	68.355	-0.021407	0.18168	-81
-80	2.8307	24.0560*	0.010164	11.533	98.382	0.086708	-8.3451	76.812	68.467	-0.020862	0.18143	-80
-79	2.9769	23.8603*	0.010174	11.186	98.292	0.089397	-8.1383	76.716	68.578	-0.020319	0.18120	-79
-78	3.0756	23.6592*	0.010183	10.852	98.201	0.092151	-7.9314	76.620	68.689	-0.019776	0.18096	-78
-77	3.1770	23.4528*	0.010193	10.529	98.111	0.094973	-7.7244	76.525	68.801	-0.019235	0.18073	-77
-76	3.2811	23.2409*	0.010202	10.218	98.021	0.097863	-7.5173	76.429	68.912	-0.018695	0.18050	-76
-75	3.3879	23.0234*	0.010211	9.9184	97.930	0.10082	-7.3101	76.333	69.023	-0.018156	0.18027	-75
-74	3.4975	22.8002*	0.010221	9.6290	97.839	0.10385	-7.1029	76.238	69.135	-0.017619	0.18004	-74
-73	3.6100	22.5712*	0.010230	9.3497	97.748	0.10695	-6.8955	76.142	69.246	-0.017083	0.17982	-73
-72	3.7254	22.3362*	0.010240	9.0802	97.657	0.11013	-6.6881	76.046	69.358	-0.016547	0.17960	-72
-71	3.8438	22.0953*	0.010249	8.8199	97.566	0.11338	-6.4806	75.949	69.468	-0.016013	0.17938	-71
-70	3.9651	21.8482*	0.010259	8.5637	97.475	0.11670	-6.2730	75.853	69.580	-0.015481	0.17916	-70
-69	4.0956	21.5948*	0.010269	8.3260	97.383	0.12011	-6.0653	75.757	69.692	-0.014949	0.17895	-69
-68	4.2372	21.3350*	0.010278	8.0915	97.292	0.12359	-5.8574	75.660	69.803	-0.014418	0.17874	-68
-67	4.3879	21.0683*	0.010288	7.8651	97.200	0.12714	-5.6496	75.564	69.914	-0.013889	0.17853	-67
-66	4.5419	20.7959*	0.010298	7.6462	97.108	0.13078	-5.4416	75.467	70.025	-0.013361	0.17833	-66
-65	4.6793	20.5164*	0.010308	7.4347	97.016	0.13451	-5.2336	75.371	70.137	-0.012834	0.17812	-65
-64	4.7599	20.2299*	0.010317	7.2302	96.924	0.13831	-5.0254	75.273	70.248	-0.012308	0.17792	-64
-63	4.9040	19.9365*	0.010327	7.0325	96.831	0.14220	-4.8172	75.177	70.360	-0.011783	0.17772	-63
-62	5.0516	19.6360*	0.010337	6.8412	96.739	0.14617	-4.6088	75.080	70.471	-0.011259	0.17753	-62
-61	5.2027	19.3284*	0.010347	6.6563	96.646	0.15023	-4.4004	74.982	70.582	-0.010736	0.17733	-61
-60	5.3575	19.0133*	0.010357	6.4774	96.553	0.15438	-4.1919	74.885	70.693	-0.010214	0.17714	-60
-59	5.5159	18.6908*	0.010367	6.3043	96.460	0.15862	-3.9832	74.788	70.805	-0.009694	0.17695	-59
-58	5.5750	18.3607*	0.010377	6.1367	96.367	0.16295	-3.7745	74.691	70.916	-0.009174	0.17676	-58
-57	5.6349	18.0229*	0.010387	5.9746	96.274	0.16738	-3.5657	74.593	71.027	-0.008656	0.17658	-57
-56	6.0137	17.6773*	0.010397	5.8176	96.180	0.17189	-3.3567	74.495	71.138	-0.008139	0.17639	-56
-55	6.1974	17.3237*	0.010407	5.6656	96.086	0.17650	-3.1477	74.397	71.249	-0.007622	0.17621	-55
-54	6.3850	16.9619*	0.010417	5.5184	95.993	0.18121	-2.9386	74.299	71.360	-0.007107	0.17603	-54
-53	6.5457	16.5920*	0.010428	5.3758	95.899	0.18602	-2.7294	74.201	71.472	-0.006593	0.17585	-53
-52	6.7326	16.2136*	0.010438	5.2377	95.804	0.19092	-2.5200	74.103	71.583	-0.006080	0.17568	-52
-51	6.9226	15.8268*	0.010448	5.1039	95.710	0.19593	-2.3106	74.005	71.694	-0.005568	0.17551	-51
-50	7.1168	15.4313*	0.010459	4.9742	95.616	0.20104	-2.1011	73.906	71.805	-0.005056	0.17533	-50
-49	7.3153	15.0271*	0.010469	4.8485	95.521	0.20625	-1.8914	73.807	71.916	-0.004546	0.17516	-49
-48	7.5183	14.6139*	0.010479	4.7267	95.426	0.21157	-1.6817	73.709	72.027	-0.004037	0.17500	-48
-47	7.7257	14.1917*	0.010490	4.6085	95.331	0.21699	-1.4719	73.610	72.138	-0.003529	0.17483	-47
-46	7.9375	13.7603*	0.010500	4.4940	95.236	0.22252	-1.2619	73.511	72.249	-0.003022	0.17467	-46
-45	8.1540	13.3156*	0.010511	4.3828	95.141	0.22816	-1.0519	73.411	72.359	-0.002516	0.17451	-45
-44	8.3751	12.8693*	0.010521	4.2751	95.045	0.23391	-0.8417	73.312	72.470	-0.002011	0.17435	-44
-43	8.6010	12.4095*	0.010532	4.1705	94.949	0.23978	-0.6314	73.212	72.581	-0.001507	0.17419	-43
-42	8.8315	11.9399*	0.010543	4.0691	94.854	0.24576	-0.4211	73.112	72.691	-0.001003	0.17403	-42
-41	9.0671	11.4605*	0.010553	3.9706	94.758	0.25185	-0.2106	73.013	72.802	-0.000501	0.17388	-41
-40	9.3076	10.9709*	0.010564	3.8750	94.661	0.25806	0	72.913	72.913	0	0.17373	-40

*In of mercury below one atmosphere

FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb·°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
-40	9.3076	10.9709*	0.010564	3.8750	94.661	0.25806	0	72.913	72.913	0	0.17373	-40
-39	9.5530	10.4712*	0.010575	3.7823	94.565	0.26439	0.2107	72.812	73.023	0.000500	0.17357	-39
-38	9.8035	9.9611*	0.010586	3.6922	94.469	0.27054	0.4215	72.712	73.234	0.001000	0.17343	-38
-37	10.059	9.441*	0.010596	3.6047	94.372	0.27741	0.6324	72.611	73.243	0.001498	0.17328	-37
-36	10.320	8.909*	0.010607	3.5198	94.275	0.28411	0.8434	72.511	73.354	0.001995	0.17313	-36
-35	10.586	8.367*	0.010618	3.4373	94.178	0.29093	1.0546	72.409	73.464	0.002492	0.17299	-35
-34	10.858	7.814*	0.010629	3.3571	94.081	0.29728	1.2659	72.309	73.575	0.002988	0.17285	-34
-33	11.135	7.250*	0.010640	3.2792	93.983	0.30395	1.4772	72.208	73.685	0.003482	0.17271	-33
-32	11.417	6.675*	0.010651	3.2035	93.886	0.31216	1.6887	72.106	73.795	0.003976	0.17257	-32
-31	11.706	6.088*	0.010662	3.1300	93.788	0.31949	1.9003	72.004	73.904	0.004469	0.17243	-31
-30	11.999	5.490*	0.010674	3.0585	93.690	0.32656	2.1120	71.903	74.015	0.004961	0.17229	-30
-29	12.299	4.880*	0.010685	2.9890	93.592	0.33457	2.3239	71.801	74.125	0.005452	0.17216	-29
-28	12.604	4.259*	0.010696	2.9214	93.493	0.34231	2.5358	71.698	74.234	0.005942	0.17203	-28
-27	12.916	3.625*	0.010707	2.8556	93.395	0.35018	2.7479	71.596	74.344	0.006431	0.17189	-27
-26	13.233	2.979*	0.010719	2.7917	93.296	0.35820	2.9601	71.494	74.454	0.006919	0.17177	-26
-25	13.556	2.320*	0.010730	2.7295	93.197	0.36636	3.1724	71.391	74.563	0.007407	0.17164	-25
-24	13.886	1.649*	0.010741	2.6691	93.098	0.37466	3.3848	71.288	74.673	0.007894	0.17151	-24
-23	14.222	0.966*	0.010753	2.6102	92.999	0.38311	3.5973	71.185	74.782	0.008379	0.17139	-23
-22	14.564	0.270*	0.010764	2.5529	92.899	0.39171	3.8100	71.081	74.891	0.008864	0.17126	-22
-21	14.912	0.216	0.010776	2.4972	92.799	0.40045	4.0228	70.978	75.001	0.009348	0.17114	-21
-20	15.267	0.571	0.010788	2.4429	92.699	0.40934	4.2357	70.874	75.110	0.009831	0.17102	-20
-19	15.628	0.932	0.010799	2.3901	92.599	0.41839	4.4487	70.770	75.219	0.010314	0.17090	-19
-18	15.996	1.300	0.010811	2.3387	92.499	0.42758	4.6618	70.666	75.328	0.010795	0.17078	-18
-17	16.371	1.675	0.010823	2.2886	92.399	0.43694	4.8751	70.561	75.436	0.011276	0.17066	-17
-16	16.753	2.057	0.010834	2.2399	92.298	0.44645	5.0885	70.456	75.545	0.011755	0.17055	-16
-15	17.141	2.445	0.010846	2.1924	92.197	0.45612	5.3020	70.352	75.654	0.012234	0.17043	-15
-14	17.536	2.840	0.010858	2.1461	92.096	0.46595	5.5157	70.246	75.762	0.012712	0.17032	-14
-13	17.939	3.243	0.010870	2.1011	91.995	0.47595	5.7295	70.141	75.871	0.013190	0.17021	-13
-12	18.348	3.652	0.010882	2.0572	91.893	0.48611	5.9434	70.036	75.979	0.013666	0.17010	-12
-11	18.765	4.069	0.010894	2.0144	91.791	0.49643	6.1574	69.930	76.087	0.014142	0.16999	-11
-10	19.189	4.493	0.010906	1.9727	91.689	0.50693	6.3716	69.824	76.196	0.014617	0.16989	-10
-9	19.621	4.925	0.010919	1.9320	91.587	0.51759	6.5859	69.718	76.304	0.015091	0.16978	-9
-8	20.059	5.363	0.010931	1.8924	91.485	0.52843	6.8003	69.611	76.411	0.015564	0.16967	-8
-7	20.506	5.810	0.010943	1.8538	91.382	0.53944	7.0149	69.505	76.520	0.016037	0.16957	-7
-6	20.960	6.264	0.010955	1.8161	91.280	0.55063	7.2296	69.397	76.627	0.016508	0.16947	-6
-5	21.422	6.726	0.010968	1.7794	91.177	0.56199	7.4444	69.291	76.735	0.016979	0.16937	-5
-4	21.891	7.195	0.010980	1.7436	91.074	0.57354	7.6594	69.183	76.842	0.017449	0.16927	-4
-3	22.369	7.673	0.010993	1.7086	90.970	0.58526	7.8745	69.075	76.950	0.017919	0.16917	-3
-2	22.854	8.158	0.011005	1.6745	90.867	0.59718	8.0898	68.967	77.057	0.018388	0.16907	-2
-1	23.348	8.652	0.011018	1.6413	90.763	0.60927	8.3052	68.859	77.164	0.018855	0.16897	-1
0	23.849	9.153	0.011030	1.6089	90.659	0.62156	8.5207	68.750	77.271	0.019323	0.16883	0
1	24.359	9.663	0.011043	1.5772	90.554	0.63404	8.7364	68.642	77.378	0.019789	0.16878	1
2	24.878	10.182	0.011056	1.5463	90.450	0.64670	8.9522	68.533	77.485	0.020255	0.16869	2
3	25.404	10.708	0.011069	1.5161	90.345	0.65957	9.1682	68.424	77.592	0.020719	0.16860	3
4	25.939	11.243	0.011082	1.4867	90.240	0.67263	9.3843	68.314	77.698	0.021184	0.16851	4
5	26.483	11.787	0.011094	1.4580	90.135	0.68588	9.6005	68.204	77.805	0.021647	0.16842	5
6	27.036	12.340	0.011107	1.4299	90.030	0.69934	9.8169	68.094	77.911	0.022110	0.16833	6
7	27.597	12.901	0.011121	1.4025	89.924	0.71300	10.033	67.984	78.017	0.022572	0.16824	7
8	28.167	13.471	0.011134	1.3758	89.818	0.72687	10.250	67.873	78.123	0.023033	0.16815	8
9	28.747	14.051	0.011147	1.3496	89.712	0.74094	10.467	67.762	78.229	0.023494	0.16807	9
10	29.335	14.639	0.011160	1.3241	89.606	0.75523	10.684	67.651	78.335	0.023954	0.16798	10
11	29.932	15.236	0.011173	1.2992	89.499	0.76972	10.901	67.539	78.440	0.024413	0.16790	11
12	30.539	15.843	0.011187	1.2748	89.392	0.78443	11.118	67.428	78.546	0.024871	0.16782	12
13	31.155	16.459	0.011200	1.2510	89.285	0.79935	11.336	67.315	78.651	0.025329	0.16774	13
14	31.780	17.084	0.011214	1.2278	89.178	0.81449	11.554	67.203	78.757	0.025786	0.16765	14
15	32.415	17.719	0.011227	1.2050	89.070	0.82986	11.771	67.090	78.861	0.026243	0.16758	15

*Inches of mercury below one atmosphere. ห้ามดื่มหรือใช้ในที่สาธารณะ ห้ามสูดดมหรือสัมผัสโดยตรงกับผิวหนัง ห้ามเผาไหม้เด็ดขาด และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb)(°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v _f	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _f	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
15	32.415	17.719	0.011227	1.2050	89.070	0.82926	11.771	67.090	78.861	0.026243	0.16758	15
16	33.060	18.364	0.011241	1.1828	88.962	0.84544	11.989	66.977	78.966	0.026639	0.16750	16
17	33.714	19.018	0.011254	1.1611	88.854	0.86125	12.207	66.864	79.071	0.027154	0.16742	17
18	34.378	19.682	0.011268	1.1399	88.746	0.87729	12.425	66.750	79.176	0.027638	0.16734	18
19	35.052	20.356	0.011282	1.1191	88.637	0.89356	12.644	66.636	79.280	0.028255	0.16727	19
20	35.736	21.040	0.011296	1.0988	88.529	0.91006	12.863	66.522	79.385	0.028851	0.16719	20
21	36.430	21.734	0.011310	1.0790	88.419	0.92579	13.081	66.407	79.488	0.028568	0.16712	21
22	37.135	22.439	0.011324	1.0596	88.310	0.94377	13.300	66.293	79.593	0.029420	0.16704	22
23	37.849	23.153	0.011338	1.0406	88.201	0.96053	13.520	66.177	79.697	0.029871	0.16697	23
24	38.574	23.878	0.011352	1.0220	88.091	0.97843	13.739	66.061	79.800	0.030322	0.16690	24
25	39.310	24.614	0.011366	1.0039	87.981	0.99613	13.958	65.946	79.904	0.030772	0.16683	25
26	40.056	25.360	0.011380	0.98612	87.870	1.0141	14.178	65.829	80.007	0.031221	0.16676	26
27	40.813	26.117	0.011395	0.96874	87.760	1.0323	14.398	65.713	80.111	0.031670	0.16669	27
28	41.580	26.884	0.011409	0.95173	87.649	1.0507	14.618	65.596	80.214	0.032118	0.16662	28
29	42.359	27.663	0.011424	0.93509	87.537	1.0694	14.838	65.478	80.316	0.032566	0.16655	29
30	43.148	28.452	0.011438	0.91880	87.426	1.0884	15.058	65.361	80.419	0.033013	0.16648	30
31	43.948	29.252	0.011453	0.90286	87.314	1.1075	15.279	65.243	80.522	0.033460	0.16642	31
32	44.760	30.064	0.011468	0.88725	87.202	1.1271	15.500	65.124	80.624	0.033905	0.16635	32
33	45.583	30.887	0.011482	0.87197	87.090	1.1463	15.720	65.006	80.726	0.034351	0.16629	33
34	46.417	31.721	0.011497	0.85702	86.977	1.1658	15.942	64.886	80.828	0.034796	0.16622	34
35	47.263	32.567	0.011512	0.84237	86.865	1.1871	16.163	64.767	80.930	0.035240	0.16616	35
36	48.120	33.424	0.011527	0.82803	86.751	1.2077	16.384	64.647	81.031	0.035683	0.16610	36
37	48.989	34.293	0.011542	0.81399	86.638	1.2285	16.606	64.527	81.133	0.036126	0.16604	37
38	49.870	35.174	0.011557	0.80023	86.524	1.2496	16.828	64.406	81.234	0.036569	0.16598	38
39	50.763	36.067	0.011573	0.78676	86.410	1.2710	17.050	64.285	81.335	0.037011	0.16592	39
40	51.667	36.971	0.011588	0.77357	86.296	1.2927	17.273	64.163	81.436	0.037453	0.16586	40
41	52.584	37.888	0.011603	0.76064	86.181	1.3147	17.495	64.042	81.537	0.037893	0.16580	41
42	53.513	38.817	0.011619	0.74798	86.066	1.3369	17.718	63.919	81.637	0.038334	0.16574	42
43	54.454	39.758	0.011635	0.73557	85.951	1.3595	17.941	63.796	81.737	0.038774	0.16568	43
44	55.407	40.711	0.011650	0.72341	85.836	1.3823	18.164	63.673	81.837	0.039213	0.16562	44
45	56.373	41.677	0.011666	0.71149	85.720	1.4055	18.387	63.550	81.937	0.039652	0.16557	45
46	57.352	42.656	0.011682	0.69982	85.604	1.4289	18.611	63.426	82.037	0.040091	0.16551	46
47	58.343	43.647	0.011698	0.68837	85.487	1.4527	18.835	63.301	82.136	0.040529	0.16546	47
48	59.347	44.651	0.011714	0.67715	85.371	1.4768	19.059	63.177	82.236	0.040966	0.16540	48
49	60.364	45.668	0.011730	0.66616	85.254	1.5012	19.283	63.051	82.334	0.041403	0.16535	49
50	61.394	46.698	0.011746	0.65537	85.136	1.5258	19.507	62.926	82.433	0.041839	0.16530	50
51	62.437	47.741	0.011762	0.64480	85.018	1.5509	19.732	62.800	82.532	0.042276	0.16524	51
52	63.494	48.798	0.011779	0.63444	84.900	1.5762	19.957	62.673	82.630	0.042711	0.16519	52
53	64.563	49.867	0.011795	0.62428	84.782	1.5019	20.182	62.546	82.728	0.043146	0.16514	53
54	65.646	50.950	0.011811	0.61431	84.663	1.6278	20.408	62.418	82.826	0.043581	0.16509	54
55	66.743	52.047	0.011828	0.60453	84.544	1.6542	20.634	62.290	82.924	0.044015	0.16504	55
56	67.853	53.157	0.011845	0.59495	84.425	1.6808	20.859	62.162	83.021	0.044449	0.16499	56
57	68.977	54.281	0.011862	0.58554	84.305	1.7078	21.086	62.033	83.119	0.044883	0.16494	57
58	70.115	55.419	0.011879	0.57632	84.185	1.7352	21.312	61.903	83.215	0.045316	0.16489	58
59	71.267	56.571	0.011896	0.56727	84.065	1.7628	21.539	61.773	83.312	0.045748	0.16484	59
60	72.433	57.737	0.011913	0.55839	83.944	1.7909	21.766	61.643	83.409	0.046180	0.16479	60
61	73.613	58.917	0.011930	0.54967	83.823	1.8193	21.993	61.512	83.505	0.046612	0.16474	61
62	74.807	60.111	0.011947	0.54112	83.701	1.8480	22.221	61.380	83.601	0.047044	0.16470	62
63	76.016	61.320	0.011965	0.53273	83.580	1.8771	22.448	61.248	83.696	0.047475	0.16465	63
64	77.239	62.543	0.011982	0.52450	83.457	1.9066	22.676	61.116	83.792	0.047905	0.16460	64
65	78.477	63.781	0.012000	0.51642	83.335	1.9364	22.905	60.982	83.887	0.048336	0.16456	65
66	79.729	65.033	0.012017	0.50848	83.212	1.9666	23.133	60.849	83.982	0.048765	0.16451	66
67	80.996	66.300	0.012035	0.50070	83.089	1.9972	23.362	60.715	84.077	0.049195	0.16447	67
68	82.279	67.583	0.012053	0.49305	82.965	2.0282	23.591	60.580	84.171	0.049624	0.16442	68
69	83.576	68.880	0.012071	0.48555	82.841	2.0595	23.821	60.445	84.266	0.050053	0.16438	69
70	84.888	70.192	0.012089	0.47818	82.717	2.0913	24.050	60.309	84.359	0.050482	0.16434	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การพิมพ์เพื่อการศึกษาด้านวิศวกรรมเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางราชการ
 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
 10/2558

FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb·°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
70	84.388	70.192	0.012089	0.47313	82.717	2.0913	24.050	60.209	84.359	0.050492	0.16434	70
71	85.216	71.520	0.012103	0.47094	82.592	2.1231	24.231	60.172	84.153	0.0505910	0.16429	71
72	87.553	72.863	0.012126	0.46853	82.467	2.1559	24.511	60.035	84.546	0.051338	0.16425	72
73	88.918	74.222	0.012145	0.46636	82.341	2.1888	24.741	59.998	84.639	0.051766	0.16421	73
74	90.292	75.596	0.012163	0.46430	82.215	2.2222	24.973	59.759	84.732	0.052193	0.16417	74
75	91.682	76.986	0.012182	0.46237	82.089	2.2560	25.204	59.621	84.825	0.052520	0.16412	75
76	93.087	78.391	0.012201	0.46056	81.962	2.2901	25.435	59.481	84.916	0.053047	0.16408	76
77	94.509	79.813	0.012220	0.45885	81.835	2.3247	25.667	59.341	85.008	0.053473	0.16404	77
78	95.946	81.250	0.012239	0.45723	81.707	2.3597	25.899	59.201	85.100	0.053900	0.16400	78
79	97.400	82.704	0.012258	0.45571	81.579	2.3951	26.132	59.059	85.191	0.054326	0.16396	79
80	98.870	84.174	0.012277	0.45428	81.450	2.4310	26.365	58.917	85.282	0.054751	0.16392	80
81	100.36	85.66	0.012297	0.45293	81.322	2.4673	26.598	58.775	85.373	0.055177	0.16388	81
82	101.86	87.16	0.012316	0.45166	81.192	2.5041	26.832	58.633	85.463	0.055602	0.16384	82
83	103.38	88.68	0.012336	0.45045	81.063	2.5412	27.065	58.488	85.553	0.056027	0.16380	83
84	104.92	90.22	0.012356	0.44929	80.932	2.5789	27.300	58.343	85.643	0.056452	0.16376	84
85	106.47	91.77	0.012376	0.44818	80.802	2.6170	27.534	58.198	85.732	0.056877	0.16372	85
86	108.04	93.34	0.012396	0.44711	80.671	2.6556	27.769	58.052	85.821	0.057301	0.16368	86
87	109.63	94.93	0.012416	0.44608	80.539	2.6946	28.005	57.905	85.910	0.057725	0.16364	87
88	111.23	96.53	0.012437	0.44509	80.407	2.7341	28.241	57.757	85.998	0.058149	0.16360	88
89	112.85	98.15	0.012457	0.44414	80.275	2.7741	28.477	57.609	86.086	0.058573	0.16357	89
90	114.49	99.79	0.012478	0.44322	80.142	2.8146	28.713	57.461	86.174	0.058997	0.16353	90
91	116.15	101.45	0.012499	0.44233	80.008	2.8556	28.950	57.311	86.261	0.059420	0.16349	91
92	117.82	103.12	0.012520	0.44148	79.874	2.8970	29.187	57.161	86.348	0.059844	0.16345	92
93	119.51	104.81	0.012541	0.44066	79.740	2.9390	29.425	57.009	86.434	0.060267	0.16341	93
94	121.22	106.52	0.012562	0.43987	79.605	2.9815	29.663	56.858	86.521	0.060690	0.16338	94
95	122.95	108.25	0.012583	0.43911	79.470	3.0245	29.901	56.705	86.606	0.061113	0.16334	95
96	124.70	110.00	0.012605	0.43838	79.334	3.0680	30.140	56.551	86.691	0.061536	0.16330	96
97	126.46	111.76	0.012627	0.43768	79.198	3.1120	30.380	56.397	86.777	0.061959	0.16325	97
98	128.24	113.54	0.012649	0.43700	79.061	3.1566	30.619	56.242	86.861	0.062381	0.16323	98
99	130.04	115.34	0.012671	0.43633	78.923	3.2017	30.859	56.086	86.945	0.062804	0.16319	99
100	131.86	117.16	0.012693	0.43569	78.785	3.2474	31.100	55.929	87.029	0.063227	0.16315	100
101	133.70	119.00	0.012715	0.43507	78.647	3.2936	31.341	55.772	87.113	0.063649	0.16312	101
102	135.56	120.86	0.012738	0.43447	78.508	3.3404	31.583	55.613	87.196	0.064072	0.16308	102
103	137.44	122.74	0.012760	0.43389	78.368	3.3877	31.824	55.454	87.278	0.064494	0.16304	103
104	139.33	124.63	0.012783	0.43333	78.228	3.4357	32.067	55.293	87.359	0.064916	0.16301	104
105	141.25	126.55	0.012806	0.43279	78.088	3.4842	32.310	55.132	87.442	0.065339	0.16297	105
106	143.18	128.48	0.012829	0.43227	77.945	3.5333	32.553	54.970	87.523	0.065761	0.16293	106
107	145.13	130.43	0.012853	0.43176	77.804	3.5829	32.797	54.807	87.604	0.066184	0.16290	107
108	147.11	132.41	0.012876	0.43127	77.662	3.6332	33.041	54.643	87.684	0.066606	0.16286	108
109	149.10	134.40	0.012900	0.43079	77.519	3.6841	33.286	54.478	87.764	0.067028	0.16282	109
110	151.11	136.41	0.012924	0.43032	77.376	3.7357	33.531	54.313	87.844	0.067451	0.16279	110
111	153.14	138.44	0.012948	0.42986	77.231	3.7878	33.777	54.146	87.923	0.067873	0.16275	111
112	155.19	140.49	0.012972	0.42941	77.087	3.8406	34.023	53.978	88.001	0.068295	0.16271	112
113	157.27	142.57	0.012997	0.42897	76.941	3.8941	34.270	53.809	88.079	0.068719	0.16268	113
114	159.36	144.66	0.013022	0.42853	76.795	3.9482	34.517	53.639	88.156	0.069141	0.16264	114
115	161.47	146.77	0.013047	0.42810	76.649	4.0029	34.765	53.468	88.233	0.069564	0.16260	115
116	163.61	148.91	0.013072	0.42768	76.501	4.0584	35.014	53.295	88.310	0.069987	0.16256	116
117	165.76	151.06	0.013097	0.42727	76.353	4.1145	35.263	53.123	88.385	0.070410	0.16253	117
118	167.94	153.24	0.013123	0.42687	76.205	4.1713	35.512	52.949	88.461	0.070833	0.16249	118
119	170.13	155.43	0.013148	0.42647	76.056	4.2288	35.762	52.774	88.536	0.071257	0.16245	119
120	172.35	157.65	0.013174	0.42608	75.906	4.2870	36.013	52.597	88.610	0.071680	0.16241	120
121	174.59	159.89	0.013200	0.42570	75.755	4.3459	36.264	52.420	88.684	0.072104	0.16237	121
122	176.85	162.15	0.013227	0.42532	75.604	4.4056	36.516	52.241	88.757	0.072528	0.16234	122
123	179.13	164.43	0.013254	0.42495	75.452	4.4660	36.768	52.062	88.830	0.072952	0.16230	123
124	181.43	166.73	0.013280	0.42459	75.299	4.5272	37.021	51.881	88.902	0.073376	0.16226	124
125	183.76	169.06	0.013303	0.42424	75.145	4.5891	37.275	51.698	88.973	0.073800	0.16222	125

FREON-12 SATURATION PROPERTIES-TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lbX R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
125	183.76	169.06	0.013368	0.21791	75.145	4.5891	37.275	51.698	88.973	0.073800	0.16222	125
126	186.10	171.40	0.013335	0.21497	74.991	4.6513	37.529	51.515	89.044	0.074225	0.16218	126
127	188.47	173.77	0.013363	0.21207	74.836	4.7153	37.785	51.330	89.115	0.074650	0.16214	127
128	190.86	176.16	0.013330	0.20922	74.680	4.7796	38.040	51.144	89.184	0.075075	0.16210	128
129	193.27	178.57	0.013419	0.20641	74.524	4.8443	38.296	50.957	89.253	0.075501	0.16206	129
130	195.71	181.01	0.013447	0.20364	74.367	4.9107	38.553	50.768	89.321	0.075927	0.16202	130
131	198.16	183.46	0.013476	0.20091	74.209	4.9777	38.811	50.573	89.389	0.076353	0.16198	131
132	200.64	185.94	0.013504	0.19821	74.050	5.0451	39.069	50.387	89.456	0.076779	0.16194	132
133	203.15	188.45	0.013534	0.19556	73.891	5.1126	39.328	50.194	89.522	0.077206	0.16189	133
134	205.67	190.97	0.013563	0.19294	73.732	5.1802	39.588	50.000	89.588	0.077633	0.16185	134
135	208.22	193.52	0.013593	0.19036	73.573	5.2482	39.848	49.805	89.653	0.078067	0.16181	135
136	210.79	196.09	0.013623	0.18782	73.415	5.3164	40.110	49.608	89.718	0.078489	0.16177	136
137	213.39	198.69	0.013653	0.18531	73.257	5.3849	40.372	49.409	89.781	0.078917	0.16172	137
138	216.01	201.31	0.013684	0.18283	73.099	5.4536	40.634	49.210	89.844	0.079346	0.16168	138
139	218.65	203.95	0.013715	0.18039	72.941	5.5225	40.898	49.008	89.906	0.079775	0.16163	139
140	221.32	206.62	0.013746	0.17799	72.784	5.5914	41.162	48.805	89.967	0.080205	0.16159	140
141	224.00	209.30	0.013778	0.17561	72.628	5.6604	41.427	48.601	90.028	0.080635	0.16154	141
142	226.72	212.02	0.013810	0.17327	72.473	5.7295	41.693	48.394	90.087	0.081065	0.16150	142
143	229.46	214.76	0.013842	0.17096	72.317	5.7987	41.959	48.187	90.146	0.081497	0.16145	143
144	232.22	217.52	0.013874	0.16868	72.162	5.8681	42.227	47.977	90.204	0.081928	0.16140	144
145	235.00	220.30	0.013907	0.16644	72.007	5.9376	42.495	47.765	90.261	0.082361	0.16135	145
146	237.82	223.12	0.013941	0.16422	71.852	6.0072	42.765	47.553	90.318	0.082794	0.16130	146
147	240.65	225.95	0.013974	0.16203	71.697	6.0769	43.035	47.338	90.373	0.083227	0.16125	147
148	243.51	228.81	0.014008	0.15987	71.542	6.1467	43.306	47.122	90.428	0.083661	0.16120	148
149	246.40	231.70	0.014043	0.15774	71.387	6.2166	43.578	46.904	90.482	0.084096	0.16115	149
150	249.31	234.61	0.014078	0.15564	71.232	6.2866	43.850	46.684	90.534	0.084531	0.16110	150
151	252.24	237.54	0.014113	0.15356	71.077	6.3567	44.124	46.462	90.586	0.084967	0.16105	151
152	255.20	240.50	0.014148	0.15151	70.922	6.4269	44.399	46.238	90.637	0.085404	0.16099	152
153	258.19	243.49	0.014184	0.14949	70.767	6.4972	44.675	46.012	90.687	0.085842	0.16094	153
154	261.20	246.50	0.014221	0.14750	70.612	6.5676	44.951	45.784	90.735	0.086280	0.16088	154
155	264.24	249.54	0.014258	0.14552	70.457	6.6381	45.229	45.554	90.783	0.086719	0.16083	155
156	267.30	252.60	0.014295	0.14358	70.302	6.7087	45.508	45.322	90.830	0.087159	0.16077	156
157	270.39	255.69	0.014333	0.14166	70.147	6.7794	45.787	45.088	90.875	0.087600	0.16071	157
158	273.51	258.81	0.014371	0.13976	69.992	6.8502	46.068	44.852	90.920	0.088041	0.16065	158
159	276.65	261.95	0.014410	0.13789	69.837	6.9211	46.350	44.614	90.964	0.088484	0.16059	159
160	279.82	265.12	0.014449	0.13604	69.682	6.9921	46.633	44.373	91.006	0.088927	0.16053	160
161	283.02	268.32	0.014489	0.13421	69.527	7.0632	46.917	44.130	91.047	0.089371	0.16047	161
162	286.24	271.54	0.014529	0.13241	69.372	7.1344	47.202	43.885	91.087	0.089817	0.16040	162
163	289.49	274.79	0.014570	0.13062	69.217	7.2057	47.489	43.637	91.126	0.090263	0.16034	163
164	292.77	278.07	0.014611	0.12886	69.062	7.2771	47.777	43.386	91.163	0.090710	0.16027	164
165	296.07	281.37	0.014653	0.12712	68.907	7.3486	48.065	43.134	91.199	0.091159	0.16021	165
166	299.40	284.70	0.014695	0.12540	68.752	7.4202	48.355	42.879	91.234	0.091608	0.16014	166
167	302.76	288.06	0.014738	0.12370	68.597	7.4919	48.647	42.620	91.267	0.092059	0.16007	167
168	306.15	291.45	0.014782	0.12202	68.442	7.5637	48.939	42.360	91.299	0.092511	0.16000	168
169	309.56	294.86	0.014826	0.12037	68.287	7.6356	49.233	42.097	91.330	0.092964	0.15992	169
170	313.00	298.30	0.014871	0.11873	68.132	7.7076	49.529	41.830	91.359	0.093418	0.15985	170
171	316.47	301.77	0.014917	0.11710	67.977	7.7797	49.825	41.562	91.387	0.093874	0.15977	171
172	319.97	305.27	0.014963	0.11550	67.822	7.8519	50.123	41.290	91.413	0.094330	0.15969	172
173	323.50	308.80	0.015010	0.11392	67.667	7.9242	50.423	41.015	91.438	0.094789	0.15961	173
174	327.06	312.36	0.015058	0.11235	67.512	7.9966	50.724	40.736	91.460	0.095248	0.15953	174
175	330.64	315.94	0.015106	0.11080	67.357	8.0691	51.026	40.455	91.481	0.095709	0.15945	175
176	334.25	319.55	0.015155	0.10927	67.202	8.1417	51.330	40.171	91.501	0.096172	0.15936	176
177	337.90	323.20	0.015205	0.10775	67.047	8.2144	51.636	39.883	91.519	0.096635	0.15928	177
178	341.57	326.87	0.015256	0.10625	66.892	8.2872	51.943	39.592	91.535	0.097102	0.15919	178
179	345.27	330.57	0.015308	0.10477	66.737	8.3601	52.252	39.297	91.549	0.097569	0.15910	179
180	349.00	334.30	0.015360	0.10330	66.582	8.4331	52.562	38.999	91.561	0.098039	0.15900	180

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
 ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb*°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
-155	0.20832	29.49604	0.010135	180.81	98.669	0.0055308	-27.095	114.040	86.945	-0.07512	0.29917	-155
-154	0.22227	29.47273	0.010144	171.96	98.582	0.0058153	-26.870	113.931	87.060	-0.07438	0.29832	-154
-153	0.23225	29.44833	0.010153	163.61	98.496	0.0061121	-26.646	113.822	87.175	-0.07365	0.29748	-153
-152	0.24479	29.42290	0.010162	155.72	98.409	0.0064216	-26.422	113.713	87.291	-0.07292	0.29665	-152
-151	0.25791	29.39609	0.010171	148.27	98.323	0.0067443	-26.198	113.604	87.406	-0.07219	0.29583	-151
-150	0.27153	29.36816	0.010180	141.23	98.236	0.0070805	-25.974	113.495	87.521	-0.07147	0.29501	-150
-149	0.28537	29.33997	0.010189	134.57	98.149	0.0074308	-25.749	113.386	87.637	-0.07074	0.29421	-149
-148	0.30035	29.30847	0.010198	128.28	98.062	0.0077956	-25.525	113.277	87.753	-0.07002	0.29341	-148
-147	0.31560	29.27661	0.010207	122.32	97.975	0.0081754	-25.300	113.168	87.868	-0.06930	0.29262	-147
-146	0.33294	29.24334	0.010216	116.68	97.888	0.0085707	-25.075	113.059	87.984	-0.06859	0.29183	-146
-145	0.34999	29.20861	0.010225	111.34	97.800	0.0089815	-24.851	112.951	88.100	-0.06787	0.29106	-145
-144	0.36779	29.17238	0.010234	106.27	97.712	0.0094096	-24.626	112.842	88.215	-0.06716	0.29029	-144
-143	0.38636	29.13458	0.010243	101.48	97.625	0.0098542	-24.401	112.733	88.332	-0.06645	0.28953	-143
-142	0.40571	29.09516	0.010252	96.933	97.538	0.010316	-24.175	112.624	88.448	-0.06574	0.28877	-142
-141	0.42589	29.05407	0.010262	92.622	97.450	0.010797	-23.950	112.515	88.564	-0.06503	0.28803	-141
-140	0.44692	29.01126	0.010271	88.532	97.363	0.011295	-23.725	112.405	88.681	-0.06432	0.28729	-140
-139	0.46883	28.96665	0.010280	84.650	97.275	0.011813	-23.499	112.296	88.797	-0.06362	0.28655	-139
-138	0.49165	28.92020	0.010289	80.965	97.187	0.012351	-23.274	112.187	88.914	-0.06291	0.28583	-138
-137	0.51540	28.87184	0.010299	77.466	97.099	0.012909	-23.048	112.078	89.030	-0.06221	0.28511	-137
-136	0.54012	28.82151	0.010308	74.141	97.011	0.013483	-22.822	111.969	89.147	-0.06152	0.28440	-136
-135	0.56594	28.76914	0.010318	70.981	96.922	0.014088	-22.596	111.859	89.263	-0.06082	0.28369	-135
-134	0.59260	28.71467	0.010327	67.978	96.834	0.014711	-22.369	111.750	89.380	-0.06012	0.28299	-134
-133	0.62041	28.65803	0.010336	65.127	96.746	0.015356	-22.143	111.640	89.497	-0.05943	0.28230	-133
-132	0.64933	28.59915	0.010346	62.404	96.657	0.016025	-21.917	111.530	89.614	-0.05874	0.28162	-132
-131	0.67938	28.53797	0.010355	59.818	96.569	0.016717	-21.690	111.421	89.731	-0.05805	0.28094	-131
-130	0.71050	28.47441	0.010365	57.356	96.480	0.017435	-21.463	111.311	89.848	-0.05736	0.28027	-130
-129	0.74302	28.40840	0.010374	55.013	96.391	0.018178	-21.236	111.201	89.965	-0.05667	0.27960	-129
-128	0.77669	28.33985	0.010384	52.780	96.302	0.018947	-21.009	111.091	90.082	-0.05598	0.27894	-128
-127	0.81163	28.26871	0.010394	50.653	96.213	0.019742	-20.781	110.980	90.199	-0.05530	0.27829	-127
-126	0.84789	28.19488	0.010403	48.625	96.124	0.020565	-20.554	110.870	90.316	-0.05462	0.27764	-126
-125	0.88551	28.11829	0.010413	46.692	96.035	0.021417	-20.326	110.760	90.433	-0.05394	0.27700	-125
-124	0.92452	28.03886	0.010423	44.849	95.945	0.022297	-20.098	110.649	90.551	-0.05326	0.27636	-124
-123	0.96497	27.95650	0.010432	43.090	95.856	0.023207	-19.870	110.538	90.668	-0.05258	0.27573	-123
-122	1.0069	27.8711	0.010442	41.411	95.767	0.024148	-19.642	110.427	90.785	-0.05190	0.27511	-122
-121	1.0504	27.7827	0.010452	39.809	95.677	0.025120	-19.413	110.316	90.903	-0.05123	0.27449	-121
-120	1.0954	27.6910	0.010462	38.280	95.587	0.026124	-19.185	110.205	91.020	-0.05055	0.27388	-120
-119	1.1420	27.5961	0.010471	36.818	95.497	0.027160	-18.956	110.093	91.138	-0.04988	0.27327	-119
-118	1.1903	27.4978	0.010481	35.423	95.407	0.028231	-18.727	109.982	91.255	-0.04921	0.27267	-118
-117	1.2402	27.3961	0.010491	34.088	95.317	0.029335	-18.497	109.870	91.373	-0.04854	0.27207	-117
-116	1.2920	27.2907	0.010501	32.813	95.227	0.030476	-18.268	109.758	91.490	-0.04787	0.27148	-116
-115	1.3455	27.1818	0.010511	31.594	95.137	0.031652	-18.038	109.646	91.608	-0.04720	0.27090	-115
-114	1.4008	27.0691	0.010521	30.427	95.047	0.032865	-17.808	109.533	91.725	-0.04654	0.27032	-114
-113	1.4581	26.9525	0.010531	29.311	94.956	0.034116	-17.578	109.421	91.843	-0.04587	0.26974	-113
-112	1.5173	26.8320	0.010541	28.244	94.866	0.035406	-17.348	109.308	91.960	-0.04521	0.26918	-112
-111	1.5784	26.7075	0.010551	27.221	94.775	0.036736	-17.117	109.195	92.078	-0.04455	0.26861	-111
-110	1.6417	26.5788	0.010561	26.242	94.684	0.038106	-16.886	109.082	92.196	-0.04389	0.26805	-110
-109	1.7070	26.4458	0.010572	25.305	94.593	0.039518	-16.655	108.968	92.313	-0.04323	0.26750	-109
-108	1.7744	26.3084	0.010582	24.407	94.502	0.040972	-16.424	108.854	92.431	-0.04257	0.26695	-108
-107	1.8441	26.1666	0.010592	23.546	94.411	0.042470	-16.192	108.740	92.548	-0.04191	0.26641	-107
-106	1.9161	26.0201	0.010602	22.721	94.320	0.044012	-15.960	108.626	92.666	-0.04125	0.26587	-106
-105	1.9903	25.8689	0.010613	21.930	94.228	0.045599	-15.728	108.512	92.783	-0.04060	0.26533	-105
-104	2.0669	25.7129	0.010623	21.172	94.137	0.047233	-15.496	108.397	92.901	-0.03995	0.26481	-104
-103	2.1460	25.5520	0.010633	20.444	94.045	0.048914	-15.263	108.282	93.018	-0.03929	0.26429	-103
-102	2.2275	25.3860	0.010644	19.746	93.953	0.050644	-15.031	108.167	93.136	-0.03864	0.26376	-102
-101	2.3116	25.2148	0.010654	19.076	93.862	0.052423	-14.798	108.051	93.253	-0.03799	0.26325	-101

*Inches of mercury below one atmosphere

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb)(°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l_f	VAPOR l_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
-100	2.3983	25.0383	0.010664	18.433	93.770	0.054252	-14.564	107.935	93.371	-0.03734	0.26274	-100
-99	2.4877	24.8563	0.010675	17.815	93.678	0.056133	-14.331	107.819	93.488	-0.03670	0.26223	-99
-98	2.5798	24.6628	0.010685	17.222	93.585	0.058066	-14.097	107.702	93.606	-0.03605	0.26173	-98
-97	2.6747	24.4755	0.010696	16.652	93.493	0.060053	-13.863	107.586	93.723	-0.03540	0.26123	-97
-96	2.7724	24.2755	0.010707	16.104	93.401	0.062095	-13.628	107.469	93.840	-0.03476	0.25074	-96
-95	2.8731	24.0715	0.010717	15.573	93.308	0.064192	-13.393	107.351	93.953	-0.03411	0.26025	-95
-94	2.9768	23.8604	0.010728	15.072	93.215	0.066347	-13.158	107.233	94.075	-0.03347	0.25977	-94
-93	3.0836	23.6430	0.010739	14.586	93.123	0.068559	-12.923	107.115	94.192	-0.03283	0.25929	-93
-92	3.1934	23.4193	0.010749	14.118	93.030	0.070831	-12.688	106.997	94.309	-0.03219	0.25881	-92
-91	3.3065	23.1891	0.010760	13.668	92.937	0.073163	-12.452	106.878	94.426	-0.03155	0.25834	-91
-90	3.4229	22.9522	0.010771	13.235	92.843	0.075557	-12.216	106.759	94.544	-0.03091	0.25787	-90
-89	3.5426	22.7085	0.010782	12.818	92.750	0.078014	-11.979	106.640	94.661	-0.03027	0.25741	-89
-88	3.6657	22.4579	0.010793	12.417	92.657	0.080534	-11.743	106.520	94.777	-0.02963	0.25695	-88
-87	3.7922	22.2002	0.010803	12.031	92.563	0.083120	-11.506	106.400	94.894	-0.02900	0.25649	-87
-86	3.9224	21.9352	0.010814	11.659	92.469	0.085772	-11.268	106.279	95.011	-0.02836	0.25604	-86
-85	4.0562	21.6628	0.010825	11.301	92.376	0.088491	-11.031	106.159	95.128	-0.02773	0.25560	-85
-84	4.1936	21.3829	0.010836	10.955	92.282	0.091280	-10.793	106.037	95.244	-0.02709	0.25515	-84
-83	4.3349	21.0953	0.010847	10.623	92.188	0.094138	-10.555	105.916	95.361	-0.02646	0.25471	-83
-82	4.4800	20.7998	0.010859	10.302	92.093	0.097068	-10.316	105.794	95.478	-0.02583	0.25428	-82
-81	4.6291	20.4963	0.010870	9.9929	91.999	0.10007	-10.077	105.671	95.594	-0.02520	0.25384	-81
-80	4.7822	20.1846	0.010881	9.6949	91.905	0.10315	-9.838	105.548	95.710	-0.02457	0.25342	-80
-79	4.9394	19.8646	0.010892	9.4074	91.810	0.10630	-9.599	105.425	95.827	-0.02394	0.25299	-79
-78	5.1007	19.5361	0.010903	9.1301	91.715	0.10953	-9.359	105.302	95.943	-0.02331	0.25257	-78
-77	5.2664	19.1989	0.010915	8.8625	91.620	0.11283	-9.119	105.178	96.059	-0.02269	0.25215	-77
-76	5.4363	18.8528	0.010926	8.6043	91.525	0.11622	-8.878	105.053	96.175	-0.02206	0.25174	-76
-75	5.6107	18.4977	0.010937	8.3551	91.430	0.11969	-8.638	104.928	96.290	-0.02143	0.25133	-75
-74	5.7896	18.1334	0.010949	8.1145	91.335	0.12324	-8.397	104.803	96.406	-0.02081	0.25092	-74
-73	5.9732	17.7598	0.010960	7.8822	91.240	0.12687	-8.155	104.677	96.522	-0.02019	0.25052	-73
-72	6.1614	17.3766	0.010972	7.6579	91.144	0.13058	-7.914	104.551	96.637	-0.01956	0.25012	-72
-71	6.3543	16.9837	0.010983	7.4412	91.048	0.13439	-7.672	104.424	96.753	-0.01894	0.24972	-71
-70	6.5522	16.5809	0.010995	7.2318	90.952	0.13828	-7.429	104.297	96.868	-0.01832	0.24932	-70
-69	6.7550	16.1680	0.011006	7.0295	90.856	0.14226	-7.187	104.170	96.983	-0.01770	0.24893	-69
-68	6.9628	15.7449	0.011018	6.8339	90.760	0.14633	-6.944	104.042	97.098	-0.01708	0.24855	-68
-67	7.1757	15.3113	0.011030	6.6449	90.664	0.15049	-6.700	103.913	97.213	-0.01646	0.24816	-67
-66	7.3939	14.8671	0.011041	6.4621	90.568	0.15475	-6.457	103.785	97.328	-0.01584	0.24778	-66
-65	7.6174	14.4120	0.011053	6.2854	90.471	0.15910	-6.213	103.655	97.443	-0.01522	0.24740	-65
-64	7.8463	13.9460	0.011065	6.1144	90.374	0.16355	-5.968	103.525	97.557	-0.01460	0.24703	-64
-63	8.0808	13.4687	0.011077	5.9491	90.277	0.16809	-5.724	103.395	97.672	-0.01399	0.24666	-63
-62	8.3208	12.9800	0.011089	5.7891	90.180	0.17274	-5.479	103.264	97.786	-0.01337	0.24629	-62
-61	8.5665	12.4798	0.011101	5.6343	90.083	0.17749	-5.233	103.133	97.900	-0.01276	0.24592	-61
-60	8.8180	11.9677	0.011113	5.4844	89.986	0.18233	-4.987	103.001	98.014	-0.01214	0.24556	-60
-59	9.0754	11.4436	0.011125	5.3394	89.888	0.18729	-4.741	102.869	98.128	-0.01153	0.24520	-59
-58	9.3388	10.9074	0.011137	5.1989	89.791	0.19235	-4.495	102.736	98.241	-0.01092	0.24484	-58
-57	9.6082	10.3587	0.011149	5.0629	89.693	0.19752	-4.248	102.603	98.355	-0.01030	0.24449	-57
-56	9.8839	9.7975	0.011161	4.9312	89.595	0.20279	-4.001	102.469	98.468	-0.00969	0.24414	-56
-55	10.166	9.223	0.011174	4.8036	89.497	0.20818	-3.754	102.335	98.581	-0.00908	0.24379	-55
-54	10.454	8.635	0.011186	4.6799	89.399	0.21368	-3.506	102.200	98.694	-0.00847	0.24345	-54
-53	10.749	8.036	0.011198	4.5601	89.300	0.21929	-3.258	102.065	98.807	-0.00786	0.24310	-53
-52	11.051	7.422	0.011211	4.4440	89.202	0.22502	-3.009	101.929	98.920	-0.00725	0.24276	-52
-51	11.359	6.795	0.011223	4.3315	89.103	0.23087	-2.761	101.793	99.032	-0.00665	0.24243	-51
-50	11.674	6.154	0.011235	4.2224	89.004	0.23683	-2.511	101.656	99.144	-0.00604	0.24209	-50
-49	11.996	5.498	0.011248	4.1156	88.905	0.24292	-2.262	101.519	99.257	-0.00543	0.24176	-49
-48	12.324	4.829	0.011261	4.0140	88.805	0.24913	-2.012	101.381	99.369	-0.00483	0.24143	-48
-47	12.660	4.144	0.011273	3.9145	88.707	0.25546	-1.762	101.242	99.480	-0.00422	0.24110	-47
-46	13.004	3.445	0.011286	3.8179	88.607	0.26192	-1.511	101.103	99.592	-0.00361	0.24078	-46

*Inches of Mercury below one atmosphere

งานการค้
ใช้
ไม่ใช้

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb)(°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
-45	13.354	2.732*	0.011298	3.7243	88.507	0.26851	-1.260	100.963	99.703	-0.00301	0.24046	-45
-44	13.712	2.002*	0.011311	3.6334	88.407	0.27523	-1.009	100.823	99.814	-0.00241	0.24014	-44
-43	14.078	1.258*	0.011324	3.5452	88.307	0.28207	-0.757	100.683	99.925	-0.00181	0.23982	-43
-42	14.451	0.498*	0.011337	3.4596	88.207	0.28905	-0.505	100.541	100.036	-0.00120	0.23951	-42
-41	14.833	0.137	0.011350	3.3764	88.107	0.29617	-0.253	100.399	100.147	-0.00060	0.23919	-41
-40	15.222	0.526	0.011363	3.2957	88.006	0.30342	0.000	100.257	100.257	0.00000	0.23883	-40
-39	15.619	0.923	0.011376	3.2173	87.905	0.31082	0.253	100.114	100.367	0.00060	0.23858	-39
-38	16.024	1.328	0.011389	3.1412	87.805	0.31835	0.506	99.971	100.477	0.00120	0.23827	-38
-37	16.437	1.741	0.011402	3.0673	87.703	0.32602	0.760	99.826	100.587	0.00180	0.23797	-37
-36	16.859	2.163	0.011415	2.9954	87.602	0.33384	1.014	99.682	100.696	0.00240	0.23767	-36
-35	17.290	2.594	0.011428	2.9256	87.501	0.34181	1.269	99.536	100.805	0.00300	0.23737	-35
-34	17.728	3.032	0.011442	2.8578	87.399	0.34992	1.524	99.391	100.914	0.00359	0.23707	-34
-33	18.176	3.480	0.011455	2.7919	87.297	0.35818	1.779	99.244	101.023	0.00419	0.23678	-33
-32	18.633	3.937	0.011469	2.7278	87.195	0.36660	2.035	99.097	101.132	0.00479	0.23649	-32
-31	19.098	4.402	0.011482	2.6655	87.093	0.37517	2.291	98.949	101.240	0.00538	0.23620	-31
-30	19.573	4.877	0.011495	2.6049	86.991	0.38389	2.547	98.801	101.348	0.00598	0.23591	-30
-29	20.056	5.360	0.011509	2.5460	86.888	0.39278	2.804	98.652	101.456	0.00657	0.23563	-29
-28	20.549	5.853	0.011523	2.4887	86.785	0.40182	3.061	98.503	101.564	0.00716	0.23534	-28
-27	21.052	6.356	0.011536	2.4329	86.682	0.41103	3.318	98.353	101.671	0.00775	0.23506	-27
-26	21.564	6.868	0.011550	2.3787	86.579	0.42040	3.576	98.202	101.778	0.00835	0.23478	-26
-25	22.086	7.390	0.011564	2.3260	86.476	0.42993	3.834	98.051	101.885	0.00894	0.23451	-25
-24	22.617	7.921	0.011578	2.2746	86.372	0.43964	4.093	97.899	101.992	0.00953	0.23423	-24
-23	23.159	8.463	0.011592	2.2246	86.269	0.44951	4.352	97.746	102.098	0.01013	0.23396	-23
-22	23.711	9.015	0.011606	2.1760	86.165	0.45956	4.611	97.593	102.204	0.01072	0.23369	-22
-21	24.272	9.576	0.011620	2.1287	86.061	0.46978	4.871	97.439	102.310	0.01131	0.23342	-21
-20	24.845	10.149	0.011634	2.0826	85.956	0.48018	5.131	97.285	102.415	0.01189	0.23315	-20
-19	25.427	10.731	0.011648	2.0377	85.852	0.49075	5.391	97.129	102.521	0.01248	0.23289	-19
-18	26.020	11.324	0.011662	1.9940	85.747	0.50151	5.652	96.974	102.626	0.01307	0.23262	-18
-17	26.624	11.928	0.011677	1.9514	85.642	0.51245	5.913	96.817	102.730	0.01366	0.23236	-17
-16	27.239	12.543	0.011691	1.9099	85.537	0.52358	6.175	96.660	102.835	0.01425	0.23210	-16
-15	27.865	13.169	0.011705	1.8695	85.431	0.53489	6.436	96.502	102.939	0.01483	0.23184	-15
-14	28.501	13.805	0.011720	1.8302	85.326	0.54640	6.699	96.344	103.043	0.01542	0.23159	-14
-13	29.149	14.453	0.011734	1.7918	85.220	0.55810	6.961	96.185	103.146	0.01600	0.23133	-13
-12	29.809	15.113	0.011749	1.7544	85.114	0.56999	7.224	96.025	103.250	0.01659	0.23108	-12
-11	30.480	15.784	0.011764	1.7180	85.008	0.58207	7.488	95.865	103.353	0.01717	0.23083	-11
-10	31.162	16.466	0.011778	1.6825	84.901	0.59436	7.751	95.704	103.455	0.01776	0.23058	-10
-9	31.856	17.160	0.011793	1.6479	84.795	0.60685	8.015	95.542	103.558	0.01834	0.23033	-9
-8	32.563	17.867	0.011808	1.6141	84.688	0.61954	8.280	95.380	103.660	0.01892	0.23008	-8
-7	33.281	18.585	0.011823	1.5812	84.581	0.63244	8.545	95.217	103.762	0.01950	0.22984	-7
-6	34.011	19.315	0.011838	1.5491	84.473	0.64555	8.810	95.053	103.863	0.02009	0.22960	-6
-5	34.754	20.058	0.011853	1.5177	84.366	0.65887	9.075	94.889	103.964	0.02067	0.22936	-5
-4	35.509	20.813	0.011868	1.4872	84.258	0.67240	9.341	94.724	104.065	0.02125	0.22912	-4
-3	36.277	21.581	0.011884	1.4574	84.150	0.68615	9.608	94.558	104.166	0.02183	0.22888	-3
-2	37.057	22.361	0.011899	1.4283	84.042	0.70012	9.874	94.391	104.266	0.02241	0.22864	-2
-1	37.850	23.154	0.011914	1.4000	83.933	0.71431	10.142	94.224	104.366	0.02299	0.22841	-1
0	38.657	23.961	0.011930	1.3723	83.825	0.72872	10.409	94.056	104.465	0.02357	0.22817	0
1	39.476	24.780	0.011945	1.3453	83.716	0.74336	10.677	93.888	104.565	0.02414	0.22794	1
2	40.309	25.613	0.011961	1.3189	83.606	0.75822	10.945	93.718	104.663	0.02472	0.22771	2
3	41.155	26.459	0.011976	1.2931	83.497	0.77332	11.214	93.548	104.762	0.02530	0.22748	3
4	42.014	27.318	0.011992	1.2680	83.387	0.78865	11.483	93.378	104.860	0.02587	0.22725	4
5	42.883	28.192	0.012008	1.2434	83.277	0.80422	11.752	93.206	104.958	0.02645	0.22703	5
6	43.775	29.079	0.012024	1.2195	83.167	0.82003	12.022	93.034	105.056	0.02703	0.22680	6
7	44.676	29.980	0.012040	1.1961	83.057	0.83608	12.292	92.861	105.153	0.02760	0.22658	7
8	45.591	30.895	0.012056	1.1732	82.946	0.85237	12.562	92.688	105.250	0.02818	0.22636	8
9	46.521	31.825	0.012072	1.1509	82.835	0.86892	12.833	92.513	105.346	0.02875	0.22614	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การนำมาใช้ในการเรียนการสอนที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb×°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
10	47.464	32.768	0.012083	1.1290	82.724	0.88571	13.104	92.338	105.442	0.02932	0.22592	10
11	48.423	33.727	0.012105	1.1077	82.612	0.90275	13.376	92.162	105.533	0.02950	0.22570	11
12	49.356	34.700	0.012121	1.0869	82.501	0.92005	13.648	91.986	105.633	0.03047	0.22548	12
13	50.324	35.638	0.012138	1.0655	82.389	0.93751	13.920	91.808	105.723	0.03164	0.22527	13
14	51.387	36.591	0.012154	1.0466	82.276	0.95544	14.193	91.630	105.823	0.03315	0.22505	14
15	52.455	37.709	0.012171	1.0272	82.164	0.97352	14.466	91.451	105.917	0.03213	0.22484	15
16	53.453	38.742	0.012188	1.0082	82.051	0.99153	14.739	91.272	106.011	0.03275	0.22463	16
17	54.437	39.791	0.012204	0.98961	81.932	1.0105	15.013	91.091	106.105	0.03332	0.22442	17
18	55.551	40.855	0.012221	0.97144	81.825	1.0294	15.283	90.910	106.198	0.03389	0.22421	18
19	56.631	41.935	0.012238	0.95353	81.711	1.0466	15.562	90.728	106.290	0.03446	0.22400	19
20	57.727	43.031	0.012255	0.93631	81.597	1.0660	15.837	90.545	106.383	0.03503	0.22379	20
21	58.832	44.143	0.012273	0.91932	81.483	1.0873	16.113	90.362	106.475	0.03560	0.22358	21
22	59.967	45.271	0.012290	0.90270	81.368	1.1073	16.389	90.178	106.566	0.03617	0.22338	22
23	61.111	46.415	0.012307	0.88645	81.253	1.1281	16.665	89.993	106.657	0.03674	0.22318	23
24	62.272	47.576	0.012325	0.87055	81.138	1.1487	16.942	89.807	106.748	0.03730	0.22297	24
25	63.450	48.754	0.012342	0.85500	81.023	1.1695	17.219	89.620	106.839	0.03787	0.22277	25
26	64.644	49.948	0.012360	0.83978	80.907	1.1908	17.496	89.433	106.928	0.03844	0.22257	26
27	65.855	51.159	0.012378	0.82488	80.791	1.2123	17.774	89.244	107.013	0.03900	0.22237	27
28	67.083	52.387	0.012395	0.81031	80.675	1.2341	18.052	89.055	107.107	0.03958	0.22217	28
29	68.328	53.632	0.012413	0.79604	80.558	1.2562	18.330	88.865	107.195	0.04013	0.22198	29
30	69.591	54.895	0.012431	0.78208	80.441	1.2786	18.509	88.674	107.284	0.04070	0.22178	30
31	70.871	56.175	0.012450	0.76842	80.324	1.3014	18.889	88.483	107.372	0.04126	0.22158	31
32	72.169	57.473	0.012468	0.75503	80.207	1.3244	19.169	88.290	107.459	0.04182	0.22139	32
33	73.485	58.789	0.012486	0.74194	80.089	1.3478	19.449	88.097	107.546	0.04239	0.22119	33
34	74.818	60.122	0.012505	0.72911	79.971	1.3715	19.729	87.903	107.632	0.04295	0.22100	34
35	76.170	61.474	0.012523	0.71655	79.852	1.3956	20.010	87.708	107.719	0.04351	0.22081	35
36	77.540	62.844	0.012542	0.70425	79.735	1.4199	20.292	87.512	107.804	0.04407	0.22062	36
37	78.929	64.233	0.012561	0.69221	79.614	1.4447	20.574	87.316	107.889	0.04464	0.22043	37
38	80.336	65.640	0.012579	0.68041	79.495	1.4697	20.856	87.118	107.974	0.04520	0.22024	38
39	81.761	67.065	0.012598	0.66885	79.375	1.4951	21.138	86.920	108.058	0.04576	0.22005	39
40	83.206	68.510	0.012618	0.65753	79.255	1.5208	21.422	86.720	108.142	0.04632	0.21986	40
41	84.670	69.974	0.012637	0.64641	79.134	1.5469	21.705	86.520	108.225	0.04688	0.21968	41
42	86.153	71.457	0.012656	0.63557	79.013	1.5734	21.989	86.319	108.308	0.04744	0.21949	42
43	87.655	72.959	0.012676	0.62492	78.892	1.6002	22.273	86.117	108.390	0.04800	0.21931	43
44	89.177	74.481	0.012695	0.61448	78.770	1.6274	22.558	85.914	108.472	0.04855	0.21912	44
45	90.719	76.023	0.012715	0.60425	78.648	1.6549	22.843	85.710	108.553	0.04911	0.21894	45
46	92.280	77.584	0.012735	0.59422	78.526	1.6829	23.129	85.506	108.634	0.04967	0.21876	46
47	93.861	79.165	0.012755	0.58440	78.403	1.7112	23.415	85.300	108.715	0.05023	0.21858	47
48	95.463	80.767	0.012775	0.57476	78.280	1.7398	23.701	85.094	108.795	0.05079	0.21839	48
49	97.085	82.389	0.012795	0.56532	78.157	1.7689	23.988	84.886	108.874	0.05134	0.21821	49
50	98.727	84.031	0.012815	0.55606	78.033	1.7984	24.275	84.678	108.953	0.05190	0.21803	50
51	100.39	85.69	0.012836	0.54698	77.909	1.8282	24.563	84.468	109.031	0.05245	0.21785	51
52	102.07	87.38	0.012856	0.53808	77.784	1.8585	24.851	84.258	109.109	0.05301	0.21768	52
53	103.78	89.08	0.012877	0.52934	77.659	1.8891	25.139	84.047	109.186	0.05357	0.21750	53
54	105.50	90.81	0.012898	0.52078	77.534	1.9202	25.429	83.834	109.263	0.05412	0.21732	54
55	107.25	92.56	0.012919	0.51238	77.408	1.9517	25.718	83.621	109.339	0.05468	0.21714	55
56	109.02	94.32	0.012940	0.50414	77.282	1.9836	26.008	83.407	109.415	0.05523	0.21697	56
57	110.81	96.11	0.012961	0.49606	77.155	2.0159	26.298	83.191	109.490	0.05579	0.21679	57
58	112.62	97.93	0.012982	0.48813	77.028	2.0486	26.589	82.975	109.564	0.05634	0.21662	58
59	114.46	99.76	0.013004	0.48035	76.900	2.0813	26.880	82.758	109.638	0.05689	0.21644	59
60	116.31	101.62	0.013025	0.47272	76.773	2.1154	27.172	82.540	109.712	0.05745	0.21627	60
61	118.19	103.49	0.013047	0.46523	76.644	2.1495	27.464	82.320	109.785	0.05800	0.21610	61
62	120.09	105.39	0.013069	0.45788	76.515	2.1840	27.757	82.100	109.857	0.05855	0.21592	62
63	122.01	107.32	0.013091	0.45066	76.386	2.2190	28.050	81.878	109.929	0.05910	0.21575	63
64	123.96	109.26	0.013114	0.44358	76.257	2.2544	28.344	81.656	110.000	0.05966	0.21558	64

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lb*°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v _l	VAPOR v _g	LIQUID 1/v _l	VAPOR 1/v _g	LIQUID h _f	LATENT h _{fg}	VAPOR h _g	LIQUID s _f	VAPOR s _g	
65	125.93	111.23	0.013136	0.45663	76.126	2.2203	28.638	81.432	110.070	0.06021	0.21541	65
66	127.92	113.22	0.013159	0.44931	75.996	2.3765	28.932	81.203	110.140	0.06076	0.21524	66
67	129.94	115.24	0.013181	0.44211	75.865	2.2635	29.228	80.952	110.209	0.06131	0.21507	67
68	131.97	117.28	0.013204	0.43503	75.733	2.4023	29.523	80.755	110.278	0.06196	0.21490	68
69	134.04	119.34	0.013227	0.42807	75.601	2.4355	29.819	80.527	110.346	0.06241	0.21473	69
70	136.12	121.43	0.013251	0.42123	75.469	2.4753	30.115	80.293	110.414	0.06296	0.21455	70
71	138.23	123.54	0.013274	0.41451	75.336	2.5157	30.413	80.063	110.480	0.06351	0.21439	71
72	140.37	125.67	0.013297	0.40791	75.202	2.5550	30.710	79.836	110.547	0.06406	0.21422	72
73	142.52	127.83	0.013321	0.40143	75.068	2.5943	31.008	79.604	110.612	0.06461	0.21405	73
74	144.71	130.01	0.013345	0.39509	74.934	2.6351	31.307	79.370	110.677	0.06516	0.21388	74
75	146.91	132.22	0.013369	0.38889	74.799	2.6750	31.606	79.135	110.741	0.06571	0.21372	75
76	149.15	134.45	0.013393	0.38280	74.664	2.7174	31.905	78.899	110.805	0.06626	0.21355	76
77	151.40	136.71	0.013418	0.37681	74.528	2.7593	32.205	78.662	110.858	0.06681	0.21338	77
78	153.69	138.99	0.013442	0.37091	74.391	2.8018	32.506	78.423	110.930	0.06736	0.21321	78
79	155.99	141.30	0.013467	0.36511	74.254	2.8449	32.808	78.184	110.991	0.06791	0.21305	79
80	158.33	143.63	0.013492	0.35941	74.116	2.8885	33.109	77.943	111.052	0.06846	0.21288	80
81	160.68	145.99	0.013518	0.35381	73.978	2.9325	33.412	77.701	111.112	0.06901	0.21271	81
82	163.07	148.37	0.013543	0.34831	73.839	2.9774	33.714	77.457	111.171	0.06956	0.21255	82
83	165.48	150.78	0.013569	0.34291	73.700	3.0227	34.018	77.212	111.230	0.07011	0.21238	83
84	167.92	153.22	0.013594	0.33761	73.560	3.0686	34.322	76.966	111.288	0.07065	0.21222	84
85	170.38	155.68	0.013620	0.33241	73.420	3.1151	34.626	76.719	111.345	0.07120	0.21205	85
86	172.87	158.17	0.013647	0.32731	73.278	3.1622	34.931	76.470	111.401	0.07175	0.21188	86
87	175.38	160.69	0.013673	0.32231	73.137	3.2100	35.237	76.220	111.457	0.07230	0.21172	87
88	177.93	163.23	0.013700	0.31741	72.994	3.2583	35.543	75.968	111.512	0.07285	0.21155	88
89	180.50	165.80	0.013727	0.31261	72.851	3.3073	35.850	75.716	111.566	0.07339	0.21139	89
90	183.09	168.40	0.013754	0.30789	72.708	3.3570	36.158	75.461	111.619	0.07394	0.21122	90
91	185.72	171.02	0.013781	0.30329	72.564	3.4073	36.466	75.206	111.671	0.07449	0.21106	91
92	188.37	173.67	0.013809	0.29871	72.419	3.4583	36.774	74.949	111.723	0.07504	0.21089	92
93	191.05	176.35	0.013836	0.29419	72.273	3.5098	37.084	74.690	111.774	0.07559	0.21072	93
94	193.76	179.06	0.013864	0.28973	72.127	3.5621	37.394	74.430	111.824	0.07613	0.21056	94
95	196.50	181.80	0.013893	0.28532	71.980	3.6151	37.704	74.168	111.873	0.07668	0.21039	95
96	199.25	184.56	0.013921	0.28097	71.833	3.6688	38.016	73.905	111.921	0.07723	0.21023	96
97	202.05	187.36	0.013950	0.27669	71.685	3.7232	38.328	73.641	111.968	0.07778	0.21006	97
98	204.87	190.18	0.013979	0.27247	71.536	3.7783	38.640	73.375	112.015	0.07832	0.20989	98
99	207.72	193.03	0.014008	0.26831	71.386	3.8341	38.953	73.107	112.060	0.07887	0.20973	99
100	210.50	195.91	0.014038	0.26421	71.236	3.8907	39.267	72.838	112.105	0.07942	0.20956	100
101	213.51	198.82	0.014068	0.26019	71.084	3.9481	39.582	72.567	112.149	0.07997	0.20939	101
102	216.45	201.76	0.014098	0.25623	70.933	4.0062	39.897	72.294	112.192	0.08052	0.20923	102
103	219.42	204.72	0.014128	0.25233	70.780	4.0651	40.213	72.020	112.233	0.08107	0.20906	103
104	222.42	207.72	0.014159	0.24848	70.626	4.1247	40.530	71.744	112.274	0.08161	0.20889	104
105	225.45	210.75	0.014190	0.24468	70.472	4.1852	40.847	71.467	112.314	0.08216	0.20872	105
106	228.50	213.81	0.014221	0.24093	70.317	4.2465	41.166	71.187	112.353	0.08271	0.20855	106
107	231.59	216.90	0.014253	0.23723	70.161	4.3086	41.485	70.905	112.391	0.08326	0.20838	107
108	234.71	220.02	0.014285	0.23357	70.005	4.3715	41.804	70.623	112.427	0.08381	0.20821	108
109	237.86	223.17	0.014317	0.22996	69.847	4.4354	42.125	70.338	112.463	0.08436	0.20804	109
110	241.04	226.35	0.014350	0.22639	69.689	4.5000	42.446	70.052	112.498	0.08491	0.20787	110
111	244.25	229.56	0.014382	0.22287	69.529	4.5656	42.768	69.763	112.531	0.08546	0.20770	111
112	247.50	232.80	0.014415	0.21939	69.369	4.6321	43.091	69.473	112.564	0.08601	0.20753	112
113	250.77	236.08	0.014449	0.21595	69.208	4.6994	43.415	69.180	112.595	0.08656	0.20735	113
114	254.08	239.38	0.014483	0.21255	69.046	4.7677	43.739	68.886	112.626	0.08711	0.20718	114
115	257.42	242.72	0.014517	0.20919	68.883	4.8370	44.065	68.590	112.655	0.08765	0.20701	115
116	260.79	246.10	0.014552	0.20587	68.719	4.9072	44.391	68.291	112.682	0.08821	0.20684	116
117	264.20	249.50	0.014587	0.20259	68.554	4.9784	44.718	67.991	112.709	0.08876	0.20666	117
118	267.63	252.94	0.014622	0.19935	68.388	5.0506	45.046	67.688	112.735	0.08932	0.20649	118
119	271.10	256.41	0.014658	0.19615	68.221	5.1238	45.375	67.384	112.759	0.08987	0.20631	119

"FREON-22" SATURATION PROPERTIES—TEMPERATURE TABLE

TEMP. °F	PRESSURE		VOLUME cu ft/lb		DENSITY lb/cu ft		ENTHALPY Btu/lb			ENTROPY Btu/(lbX°R)		TEMP. °F
	PSIA	PSIG	LIQUID v_f	VAPOR v_g	LIQUID l/v_f	VAPOR l/v_g	LIQUID h_f	LATENT h_{fg}	VAPOR h_g	LIQUID s_f	VAPOR s_g	
120	274.60	259.91	0.014694	0.19238	68.054	5.1981	45.705	67.077	112.782	0.09042	0.20613	120
121	278.14	263.44	0.014731	0.18963	67.885	5.2734	46.036	66.767	112.803	0.09098	0.20595	121
122	281.71	267.01	0.014768	0.18692	67.714	5.3498	46.363	66.456	112.824	0.09153	0.20578	122
123	285.31	270.62	0.014805	0.18426	67.543	5.4272	46.701	66.142	112.843	0.09203	0.20560	123
124	288.95	274.25	0.014843	0.18163	67.371	5.5058	47.034	65.826	112.860	0.09264	0.20542	124
125	292.62	277.92	0.014882	0.17903	67.197	5.5856	47.369	65.507	112.877	0.09320	0.20523	125
126	296.33	281.63	0.014920	0.17648	67.023	5.6665	47.705	65.186	112.891	0.09375	0.20505	126
127	300.07	285.37	0.014960	0.17396	66.847	5.7486	48.042	64.863	112.905	0.09431	0.20487	127
128	303.84	289.14	0.014999	0.17147	66.670	5.8319	48.380	64.537	112.917	0.09487	0.20468	128
129	307.65	292.95	0.015039	0.16902	66.492	5.9164	48.719	64.208	112.927	0.09543	0.20449	129
130	311.50	296.80	0.015080	0.16661	66.312	6.0022	49.059	63.877	112.936	0.09598	0.20431	130
131	315.38	300.68	0.015121	0.16422	66.131	6.0893	49.400	63.543	112.943	0.09654	0.20412	131
132	319.29	304.60	0.015163	0.16187	65.949	6.1777	49.743	63.206	112.949	0.09711	0.20393	132
133	323.25	308.55	0.015206	0.15956	65.766	6.2674	50.087	62.866	112.953	0.09767	0.20374	133
134	327.23	312.54	0.015248	0.15727	65.581	6.3585	50.432	62.523	112.955	0.09823	0.20354	134
135	331.26	316.56	0.015292	0.15501	65.394	6.4510	50.778	62.178	112.956	0.09879	0.20335	135
136	335.32	320.63	0.015336	0.15279	65.207	6.5450	51.125	61.829	112.954	0.09936	0.20315	136
137	339.42	324.73	0.015381	0.15059	65.017	6.6405	51.474	61.477	112.951	0.09992	0.20295	137
138	343.56	328.86	0.015426	0.14843	64.826	6.7374	51.824	61.123	112.947	0.10049	0.20275	138
139	347.73	333.04	0.015472	0.14629	64.634	6.8359	52.175	60.764	112.940	0.10105	0.20255	139
140	351.94	337.25	0.015518	0.14418	64.440	6.9360	52.528	60.403	112.931	0.10163	0.20235	140
141	356.19	341.50	0.015566	0.14209	64.244	7.0377	52.883	60.038	112.921	0.10220	0.20214	141
142	360.48	345.79	0.015613	0.14004	64.047	7.1410	53.238	59.670	112.908	0.10277	0.20194	142
143	364.81	350.11	0.015662	0.13801	63.848	7.2461	53.596	59.298	112.893	0.10334	0.20173	143
144	369.17	354.43	0.015712	0.13600	63.647	7.3529	53.955	58.922	112.877	0.10391	0.20152	144
145	373.58	358.88	0.015762	0.13402	63.445	7.4615	54.315	58.543	112.858	0.10449	0.20130	145
146	378.02	363.32	0.015813	0.13207	63.240	7.5719	54.677	58.159	112.836	0.10507	0.20109	146
147	382.50	367.81	0.015865	0.13014	63.034	7.6842	55.041	57.772	112.813	0.10564	0.20087	147
148	387.03	372.33	0.015917	0.12823	62.825	7.7985	55.406	57.380	112.813	0.10622	0.20065	148
149	391.59	376.89	0.015971	0.12635	62.615	7.9148	55.774	56.985	112.758	0.10681	0.20042	149
150	396.19	381.50	0.016025	0.12448	62.402	8.0331	56.143	56.585	112.728	0.10739	0.20020	150
151	400.84	386.14	0.016080	0.12265	62.187	8.1536	56.514	56.180	112.694	0.10797	0.19997	151
152	405.52	390.83	0.016137	0.12083	61.970	8.2763	56.887	55.771	112.658	0.10856	0.19974	152
153	410.25	395.56	0.016194	0.11903	61.751	8.4011	57.261	55.358	112.619	0.10915	0.19950	153
154	415.02	400.32	0.016252	0.11726	61.529	8.5284	57.638	54.939	112.577	0.10974	0.19926	154
155	419.83	405.13	0.016312	0.11550	61.305	8.6580	58.017	54.515	112.533	0.11034	0.19902	155
156	424.68	409.99	0.016372	0.11376	61.079	8.7901	58.399	54.087	112.485	0.11093	0.19878	156
157	429.58	414.88	0.016434	0.11205	60.849	8.9247	58.782	53.652	112.435	0.11153	0.19853	157
158	434.52	419.82	0.016497	0.11035	60.617	9.0620	59.168	53.213	112.381	0.11213	0.19828	158
159	439.50	424.80	0.016561	0.10867	60.383	9.2020	59.557	52.767	112.324	0.11273	0.19802	159
160	444.53	429.83	0.016627	0.10701	60.145	9.3449	59.948	52.316	112.263	0.11334	0.19776	160
161	449.59	434.90	0.016693	0.10537	59.904	9.4907	60.341	51.858	112.199	0.11395	0.19750	161
162	454.71	440.01	0.016762	0.10374	59.660	9.6395	60.737	51.394	112.131	0.11456	0.19723	162
163	459.87	445.17	0.016831	0.10213	59.413	9.7915	61.136	50.923	112.060	0.11518	0.19696	163
164	465.07	450.37	0.016902	0.10054	59.163	9.9467	61.538	50.446	111.984	0.11580	0.19668	164
165	470.32	455.62	0.016975	0.098956	58.909	10.106	61.943	49.961	111.904	0.11642	0.19640	165
166	475.61	460.92	0.017050	0.097393	58.651	10.268	62.351	49.469	111.820	0.11705	0.19611	166
167	480.95	466.26	0.017126	0.095844	58.390	10.434	62.763	48.969	111.732	0.11768	0.19581	167
168	486.34	471.65	0.017204	0.094309	58.125	10.603	63.178	48.461	111.639	0.11831	0.19552	168
169	491.78	477.08	0.017285	0.092787	57.855	10.777	63.596	47.945	111.541	0.11895	0.19521	169
170	497.26	482.56	0.017367	0.091279	57.581	10.955	64.019	47.419	111.438	0.11959	0.19490	170
171	502.79	488.09	0.017451	0.089783	57.303	11.138	64.445	46.885	111.330	0.12024	0.19458	171
172	508.37	493.67	0.017538	0.088299	57.019	11.325	64.875	46.340	111.216	0.12089	0.19425	172
173	513.99	499.30	0.017627	0.086827	56.731	11.517	65.310	45.786	111.095	0.12155	0.19392	173
174	519.67	504.97	0.017719	0.085365	56.438	11.714	65.750	45.221	110.970	0.12222	0.19358	174

