สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

THE STUDYING TWO STAGE REFRIGERATION SYSTEM

นาย กฤติก์ นิ่มวิฉัยกุล
นาย ณัฐภณ สุขุมาลชาติสกุล
นาย เปรมปรีดิ์ ธีรวิทยานิพนธ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61787
วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

The Studying Two Stage Refrigeration System

ผู้จัดทำ

1. นาย กฤติก์ นิ่มวิฉัยกุล รหัสประจำตัว 44010632
2. นาย ณัฐภณ สุขุมาลชาติสกุล รหัสประจำตัว 44010700
3. นาย เปรมปรีดิ์ ธีรวิทยานิพนธ์ รหัสประจำตัว 44010765

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

นาย กฤติก์ นิ่มวิฉัยกุล
นาย ณัฐภณ สุขุมาลชาติสกุล
นาย เปรมปรีดิ์ ธีรวิทยานิพนธ์
ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

เครื่องทำความเย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงทำให้มีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาระบบทำความเย็นให้มีสมรรถนะสูงยิ่งขึ้น โดยมีระบบหนึ่งที่น่าสนใจคือระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นซึ่งมีสมรรถนะสูงกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียว แต่การที่จะทำให้ระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นทำงานได้อย่างมีสมรรถนะสูงสุดต้องมีการควบคุมการทำงานที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น การทดลองนี้เป็นการศึกษาเพื่อค้นหาแนวทางที่จะทำให้ระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง และปรากฏผลการทำงานที่มีสมรรถนะสูงกว่าการอัดแบบขั้นเดียวอย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Studying Two Stage Refrigeration System

Krit Nimwichaikul

Nattapon Sukhumalchatsakul

Prempree Teerawittayanipon

Assist.Prof. Tawatchai Nakpipat Advisor

ABSTRACT

Nowadays, refrigerators are the important electric appliances for our life. Therefore it is interesting to educate and develop the refrigeration system to be much more better. One system , which is interesting, is two stage refrigeration system that is more performance than conventional system. But operating two stage refrigeration system with high performance must have complicated controlling. This experiment's purpose is to find out the proper method for making two stage refrigeration system operate with the optimum performance. The result is clearly seen that two stage compression system has the better performance than single stage compression system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้คำปรึกษาและเอาใจใส่ดูแลเสมอมา ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงสามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณ คุณภูไท ฤทธิ์ธาร รุ่นพี่ปริญญาโทผู้ร่วมทำปริญญานิพนธ์ ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ คุณมะโน ละมูล ที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน และขอขอบพระคุณอาจารย์ภาคเครื่องกลทุกท่านที่ได้ให้โอกาสและคำแนะนำจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

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

กฤติก์ นิ่มวิฉัยกุล
ณัฐภณ สุขุมาลชาติสกุล
เปรมปรีดิ์ ธีรวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญภาพ		VII
บทที่	1 บทนำ	
	1.1 ความสำคัญและที่มา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
	1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
	1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
บทที่	2 ทฤษฎีและหลักการ	
	2.1 การทำความเย็น	3
	2.2 หน่วยของการทำความเย็น	4
	2.3 ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ	4
	2.4 วงจรของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	4
	2.5 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	5
	2.6 การคำนวณค่าต่างๆสำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียว	7
	2.7 ระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้น	8
	2.8 การคำนวณค่าต่างๆสำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น	9
	2.9 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวและสองขั้น	10
	2.10 การคำนวณเพื่อเลือกคอมเพรสเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับชุดทดลอง	13
บทที่	3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
	3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	14
	3.2 ตรวจสอบการรั่ว	19
	3.3 การทำสุญญากาศระบบ	20
	3.4 การเติมสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบ	20
	3.5 วิธีการทดลอง	21
บทที่	4 ผลการทดลอง	
	4.1 ผลการทดลองส่วนแรก	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองส่วนที่สอง 31
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง 43
5.2 สรุปผลการทดลอง 47
5.3 ข้อเสนอแนะ 48
ภาคผนวก 49
บรรณานุกรม 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 4-1 แสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 200 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 25
ตารางที่ 4-2 แสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 300 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 25
ตารางที่ 4-3 แสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 400 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 25
ตารางที่ 4-4 ชุดตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่สภาวะวาล์วต่างๆ 28
ตารางที่ 4-5 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 100 Watt 30
ตารางที่ 4-6 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 200 Watt 30
ตารางที่ 4-7 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 300 Watt 31
ตารางที่ 4-8 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 400 Watt 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2-1 แสดงระบบการอัดไอแบบธรรมดา 5
รูปที่ 2-2 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบธรรมดา 6
รูปที่ 2-3 ภาพแสดงระบบการอัดไอแบบอัดสองขั้น 8
รูปที่ 2-4 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบสองขั้น 8
รูปที่ 2-5 แสดงวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดสองขั้น 9
รูปที่ 2-6 แสดงวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดสองขั้น 10
รูปที่ 2-7 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบธรรมดา 12
รูปที่ 3-1 ภาพแสดงระบบทดลอง 14
รูปที่ 3-2 อีวาพอเรเตอร์ 14
รูปที่ 3-3 คอนเดนเซอร์ 15
รูปที่ 3-4-1 และ 3-4-2 คอมเพรสเซอร์ 15
รูปที่ 3-5-1 Mixing chamber 16
รูปที่ 3-5-2 แสดงภายใน Mixing chamber 16
รูปที่ 3-6 Electronic Liquid Control ที่ขับด้วย Step motor 16
รูปที่ 3-7 แผงวงจรที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วของ Liquid Control 16
รูปที่ 3-8 กระจกมองน้ำยา 17
รูปที่ 3-9 ตัวกรอง 17
รูปที่ 3-10 มาตรวัดความดัน 17
รูปที่ 3-11 มาตรวัดอุณหภูมิ 18
รูปที่ 3-12 ท่อสารทำความเย็น 18
รูปที่ 3-13 แผงหลอดไฟ 19
รูปที่ 3-14 ห้องทำความเย็น 19
รูปที่ 3-15-1 แสดงสภาวะที่จุดต่างๆ 22
รูปที่ 3-15-2 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบสองขั้น 22
รูปที่ 3-16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นโดยเปลี่ยน ความดันสัมบูรณ์ที่ Mixing Chamber เป็นค่าต่างๆ 22
รูปที่ 4-1 P-h Diagram ของระบบ 23
รูปที่ 4-2 แสดงสภาวะที่จุดต่างๆ 23
รูปที่ 4-3 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Coolpack 25
รูปที่ 4-4 แสดงการ plot P-h Diagram ของโปรแกรม Coolpack 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-5 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 200 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 27
รูปที่ 4-6 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 300 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 27
รูปที่ 4-7 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 400 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 27
รูปที่ 4-8 กราฟแสดงอุณภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เมื่อควบคุมวาล์วบนให้คงที่แล้วปรับวาล์วล่างเป็นค่าต่างๆ 28
รูปที่ 4-9 กราฟแสดงอุณภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงที่แล้วปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ 28
รูปที่ 4-10 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt 33
รูปที่ 4-11 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt 33
รูปที่ 4-12 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt 34
รูปที่ 4-13 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt 34
รูปที่ 4-14 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt 35
รูปที่ 4-15 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt 35
รูปที่ 4-16 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt 36
รูปที่ 4-17 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt 36
รูปที่ 4-18 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt 37
รูปที่ 4-19 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt 37
รูปที่ 4-20 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt 38
รูปที่ 4-21 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-22 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt 39
รูปที่ 4-23 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt 39
รูปที่ 4-24 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt 40
รูปที่ 4-25 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt 40
รูปที่ 4-26 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 200 step และวาล์วล่าง 110 step 41
รูปที่ 4-27 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 300 step และวาล์วบน 140 step 41
รูปที่ 4-28 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 400 step และวาล์วบน 260 step 42
รูปที่ 5-1 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมรรถนะของระบบที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆ 43
รูปที่ 5-2 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนอัตราการไหลของระบบที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆ 43
รูปที่ 5-3 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์กับวาล์วที่วัฏจักรความดันต่ำ 44
รูปที่ 5-4 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์กับวาล์วที่วัฏจักรความดันสูง 44
รูปที่ 5-5 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ทั้งสองตัวกับเวลาที่เปลี่ยนไป 45
รูปที่ 5-6 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของระบบกับเวลาที่เปลี่ยนไป 45
รูปที่ 5-7 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องกับเวลาที่เปลี่ยนไป 46
รูปที่ 5-8 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของระบบกับเวลาที่เปลี่ยนไป 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันเครื่องทำความเย็นได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ยิ่งขึ้น ไม่ว่าในแง่ของการเก็บรักษาอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค ไปจนถึงเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาระบบการทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด ดังนั้นจึงมีระบบการทำความเย็นเกิดขึ้นมามากมาย แต่หนึ่งในจำนวนนั้นก็มีระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ประหยัด ทั้งยังน่าสนใจต่อการศึกษา นั่นก็คือระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

ระบบการทำความเย็นแบบธรรมดาที่สุดที่ใช้กันในปัจจุบันประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ อีวาพอเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ และลิควิดคอนโทรล เชื่อมต่อกันด้วยท่อทางเดินน้ำยา เมื่อให้งานกับคอมเพรสเซอร์ ระบบจะรับความร้อนที่อีวาพอเรเตอร์แล้วนำไปถ่ายเทออกจากระบบที่คอนเดนเซอร์ เพราะฉะนั้นหากต้องการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำๆก็จะต้องเพิ่มงานให้กับคอมเพรสเซอร์มากขึ้นซึ่งระบบนี้จะค่อนข้างสิ้นเปลืองพลังงานและทำให้อายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์สั้นลง

จากปัญหาข้างต้นระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้นจึงถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำได้โดยที่ประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ให้ยืนยาวมากขึ้น โดยระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นเกิดจากการเชื่อมต่อระบบทำความเย็นแบบธรรมดาทั้งสองระบบเข้าด้วยกันด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแต่เนื่องจากระบบแบบอัดสองขั้นประกอบด้วยระบบย่อยสองระบบจึงยากต่อการควบคุมเนื่องจากถ้าระบบย่อยระบบใดระบบหนึ่งมีการควบคุมที่ไม่ดีพอก็จะส่งผลต่อระบบโดยรวมทั้งหมดดังนั้นระบบนี้จึงต้องมีการควบคุมที่พิถีพิถันมากขึ้น

ในโครงงานนี้จะศึกษาระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นโดยควบคุมและปรับแต่งด้วยมือ ซึ่งการศึกษาในโครงงานนี้จะเป็นการค้นหาแนวทางที่จะนำไปสู่ระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นที่ควบคุมการทำงานให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติเพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในภายภาคหน้า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อให้ประหยัดพลังงานมากขึ้นและได้ระบบที่มีสมรรถนะสูง
2. เพื่อเป็นแนวทางไปสู่ระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นที่ควบคุมอย่างอัตโนมัติ
3. เพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เป็นการวิจัยระบบที่มีการควบคุมโดยมนุษย์
2. สามารถทำงานที่สมรรถนะสูงกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวที่สภาวะเดียวกัน
3. เป็นงานวิจัยสำหรับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก

1.4 วิธีการดำเนินงาน

วิธีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก โดยที่ขั้นแรกจะต้องศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการทำความเย็นปกติเสียก่อนเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงระบบการทำงานและการคำนวณค่าต่างๆที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ รวมถึงการศึกษาทฤษฎีการทำความเย็นแบบอัดไอสองขั้น และเปรียบเทียบการทำงานโดยใช้ P-h Diagram ช่วยในการคำนวณ ซึ่งส่วนนี้จะมีรายละเอียดอยู่ในบทที่สอง

ในส่วนต่อมาจะศึกษาและเลือกอุปกรณ์มาสร้างชุดทดลอง ตรวจสอบหาจุดรั่วของระบบโดยการอัดสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบ หากไม่มีการรั่วก็จะทำสุญญากาศและอัดสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบ หลังจากนั้นก็จะกำหนดวิธีการทดลอง โดยที่รายละเอียดของส่วนนี้จะกล่าวถึงในบทที่สาม

เมื่อดำเนินการทดลองตามที่กำหนดแล้ว จะนำส่วนของข้อมูลที่บันทึกไว้มาสร้างกราฟซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ไว้ในบทที่สี่

ในส่วนสุดท้ายคือบทที่ห้า ซึ่งจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลที่ได้จากการวิจัยนี้ รวมทั้งประโยชน์ที่ได้รับและข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและประยุกต์ให้สามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การทำความเย็น(Refrigeration)

การทำความเย็นหมายถึงการทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นต่ำลงโดยการดูดความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการให้เย็น แล้วนำความร้อนนั้นไปคายออกในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่า

ในทางเทอร์โมไดนามิกส์มีกระบวนการต่างๆหลายกระบวนการที่สามารถทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงได้ดังนี้

1. การเพิ่มอุณหภูมิของสารที่เย็น

โดยการนำสารที่ต้องการทำให้เย็นมาสัมผัสกับสารที่เย็นกว่า ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน โดยเรียกสารที่ใช้เป็นตัวนำเอาความร้อนออกจากสิ่งที่ต้องการลดอุณหภูมิเรียกว่า"สารทำความเย็น"

2. การเปลี่ยนแปลงสถานะ

ความร้อนที่สารทำความเย็นต้องการเพื่อใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอเรียกว่า "ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ"ซึ่งค่าความร้อนแฝงนี้จะมีค่ามาก ดังนั้นการดูดความร้อนด้วยหลักการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจากของเหลวกลายเป็นไอจึงสามารถดูดความร้อนได้มาก และถูกใช้กันอย่างกว้างขวาง อีกทั้งกระบวนการนี้ยังเป็นกระบวนการที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นชนิดอัดไอ โดยที่การควบคุมความดันของสารทำความเย็น การกลายเป็นไอจะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิของกระบวนการ

3. การขยายตัวของของเหลว

การขยายตัวของของเหลวเป็นผลทำให้อุณหภูมิลดลง อุณหภูมิจะลดลงเล็กน้อยถ้าการขยายตัวอยู่ในสถานะของเหลว แต่หากกระบวนการนี้เกิดขึ้นในขณะที่สถานะอยู่ระหว่างไอและของเหลวแล้วอุณหภูมิจะลดลงอย่างมาก กระบวนการนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในระบบทำความเย็น

4. การขยายตัวและไหลอย่างสม่ำเสมอของก๊าซสมบูรณ์

ในกระบวนการนี้จะต้องอาศัยอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดกระบวนการทรอทริ่ง แต่กระบวนการทรอทริ่งของก๊าซสมบูรณ์นี้จะไม่เป็นผลในการทำงานที่อุณหภูมิต่ำ แต่การไหลอย่างสม่ำเสมอในการขยายตัวเมื่อได้งานแล้วจะเป็นผลให้อุณหภูมิลดลงอย่างมาก

5. การขยายตัวของก๊าซที่แท้จริง

เมื่อก๊าซที่แท้จริงขยายตัวค่าเอนทาลปีจะคงที่แต่อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก(ต่างจากการขยายตัวของก๊าซสมบูรณ์ซึ่งอุณหภูมิคงที่) กระบวนการนี้เป็นประโยชน์ต่อการทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำ เช่น การผลิตก๊าซไนโตรเจน

ในการทำให้อุณหภูมิลดลงจากปกติลงมาที่อุณหภูมิที่ต้องการนั้น สามารถใช้ระบบทำความเย็นได้หลายแบบ ทั้งชนิดที่เป็นทางกลและไม่ใช่ทางกลดังนี้

1. ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)
2. ระบบการทำความเย็นแบบดูดละลาย (Absorption Refrigeration System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบการทำความเย็นด้วยอากาศ(ระบบปิด) (Air Refrigeration Closed)
4. ระบบการทำความเย็นแบบใช้หัวฉีดไอน้ำ (Steam Jet Refrigeration System)
5. ระบบการทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเลคทริค (Thermoelectric Refrigeration System)
6. ระบบแม่เหล็กที่ใช้ในการทำอุณหภูมิต่ำ (Magnetic System of Producing low Temperature)

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

2.2 หน่วยของการทำความเย็น

หน่วยที่ใช้ในการวัดอัตราการทำความเย็นใช้หน่วยที่เรียกว่า "ตันของการทำความเย็น" (Ton of Refrigeration) หนึ่งตันของการทำความเย็น หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งบริสุทธิ์ 1 ตัน (2000 ปอนด์) ที่อุณหภูมิ 32 °F กลายเป็นน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 32 °F ภายในเวลา 24 ชม.

จาก $Q = mL$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็ง 1 ตันละลายเป็นน้ำ (Btu/hr)

m คือ มวลของน้ำแข็ง (lb)

L คือความร้อนแฝงของน้ำแข็ง = 144 Btu/min

ดังนั้น 1 ตัน ของการทำความเย็นจึงมีค่าเท่ากับ 12000 Btu/hr หรือ 200 Btu/min

2.3 ระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอได้รับการออกแบบ และสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์ดังนี้

1. ของไหลดูดความร้อนในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ และคายความร้อนในขณะขณะที่เปลี่ยนสถานะจากไอกลายเป็นของเหลว
2. ในขณะที่เกิดการเปลี่ยนสถานะอุณหภูมิจะคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงตามความดันที่คงที่ ณ จุดๆหนึ่ง การกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น
3. ความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิที่ต่ำกว่า
4. การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ดีและไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารทำความเย็น
5. พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก โดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

2.4 วงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นจะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของของไหลคือ การระเหย การอัดตัว การควบแน่น และการลดลงของความดัน ซึ่งกระบวนการต่างๆนี้จะเกิดขึ้นได้ด้วยอุปกรณ์ดังนี้

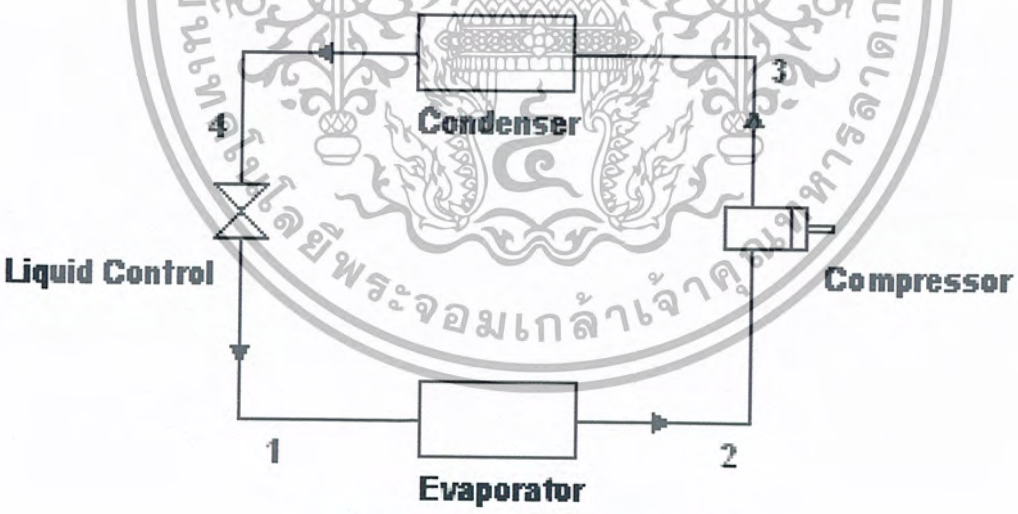
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) เป็นอุปกรณ์หลักทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น
2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับระบายความร้อนเพื่อให้ไอสารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว
3. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะที่เป็นไอ
4. วาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่จะไหลไปยังอีวาพอเรเตอร์ โดยลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลงจนสามารถระเหยที่อุณหภูมิต่ำได้
5. ท่อ (Tube) ใช้ส่งสารทำความเย็นไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นต่อการทำงานอื่นๆอีกคือ

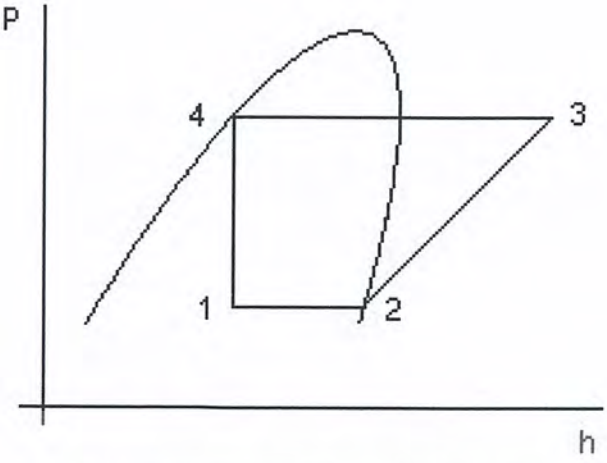
6. ตัวกรอง (Filter-Drier) มีหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกก่อนที่สารทำความเย็นเข้าสู่ อีวาพอเรเตอร์
7. กระจกมองน้ำยา (Sight glass) ติดตั้งสำหรับมองดูสารทำความเย็นภายในระบบว่าเพียงพอหรือไม่

2.5 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 2-1 แสดงระบบการอัดไอแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบธรรมดา

การทำงานของระบบจะเริ่มอธิบายจากสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลว โดยที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ และดูดความร้อนได้จะถูกส่งไปยังอีวาพอเรเตอร์

ขณะที่สารทำความเย็นเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดความร้อนจากอากาศรอบ ๆอีวาพอเรเตอร์ภายนอกระบบทำให้บริเวณที่ต้องการทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลง

ไอที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำจะถูกคอมเพรสเซอร์ดูด และอัดออกไปทางท่อส่งในลักษณะไอร้อนยวดยิ่งที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวจนเป็นของเหลวที่คอนเดนเซอร์โดยการระบายความร้อนออก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเพื่อให้สารทำความเย็นถูกนำมาใช้ได้อีก สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิและความดันสูงจะถูกลดความดันโดยการถูกส่งเข้าไปยังเอกซ์แพนชันวาล์ว ซึ่งเอกซ์แพนชันวาล์วจะควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่จะถูกส่งเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์อีกครั้ง เพื่อให้มีความดันและอุณหภูมิต่ำอีกครั้ง เป็นอันครบวัฏจักรการทำงาน

การทำงานของระบบทำความเย็นสามารถแสดงด้วยP-h diagram ได้ดังนี้

ที่สภาวะ 2>>3 สารทำความเย็นสถานะไออิ่มตัวจะถูกอัดตัวจนกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่ง

ที่สภาวะ 3>>4 สารทำความเย็นสถานะไอร้อนยวดยิ่งไหลเข้าคอนเดนเซอร์ และถูกหล่อเย็นภายใต้กระบวนการความดันคงที่ โดยสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอร้อนยวดยิ่งจะคายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์จนกระทั่งควบแน่นเป็นของเหลว

ที่สภาวะ 4>>1 สารทำความเย็นที่ไหลผ่านเอกซ์แพนชันวาล์วจะขยายตัวแบบสม่ำเสมอภายใต้กระบวนการเอนทาลปีคงที่จนทำให้อุณหภูมิและความดันลดลง

ที่สภาวะ 1>>2 สารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์ จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลาย เป็นไอโดยดูดความร้อนในอีวาพอเรเตอร์ ทำให้อุณหภูมิรอบๆอีวาพอเรเตอร์ต่ำลงและให้ความเย็นออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การคำนวณค่าต่างๆสำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียว

สำหรับคอมเพรสเซอร์มีสมการที่ใช้หากำลังงานดังนี้

$W_c = m_1(h_3 - h_2)$

เมื่อ W_c คือ กำลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ (Btu/min)

m_1 คือ ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์ (lb/min)

h_2 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (Btu/lb)

h_3 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ (Btu/lb)

สำหรับคอนเดนเซอร์มีสมการที่ใช้หาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกดังนี้

$Q_{cond} = m_h (h_4 - h_3)$

เมื่อ Q_{cond} คือ ปริมาณความร้อนที่คายออกจากคอนเดนเซอร์ (Btu/min)

m_h คือ ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (lb/min)

h_3 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ (Btu/lb)

h_4 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ (Btu/lb)

สำหรับอีวาพอเรเตอร์มีสมการที่ใช้หาค่าการทำความเย็นดังนี้

$Q_{eva} = m_1(h_2 - h_1)$

เมื่อ Q_{eva} คือ ค่าการทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ (Btu/min)

m_1 คือ ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ (lb/min)

h_1 คือ คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาพอเรเตอร์ (Btu/lb)

h_2 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาพอเรเตอร์ (Btu/lb)

สมรรถนะของระบบทำความเย็นคือ

$COP = Q_{eva} / W_c$

(หมายเหตุ: 1 kW = 56.867 Btu/min

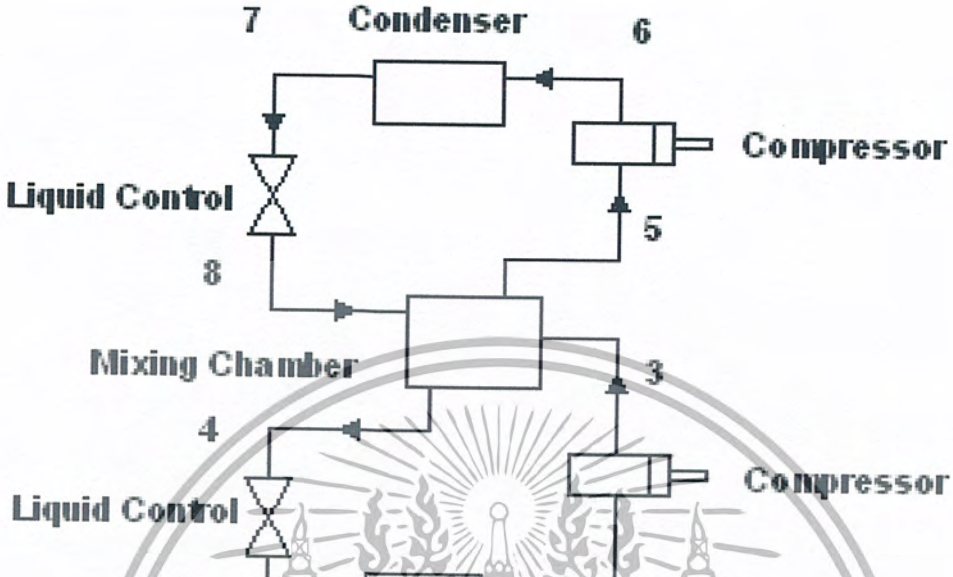
1 kJ/kg = 0.4299 Btu/lb

1 kg/s = 132.3 lb/min)

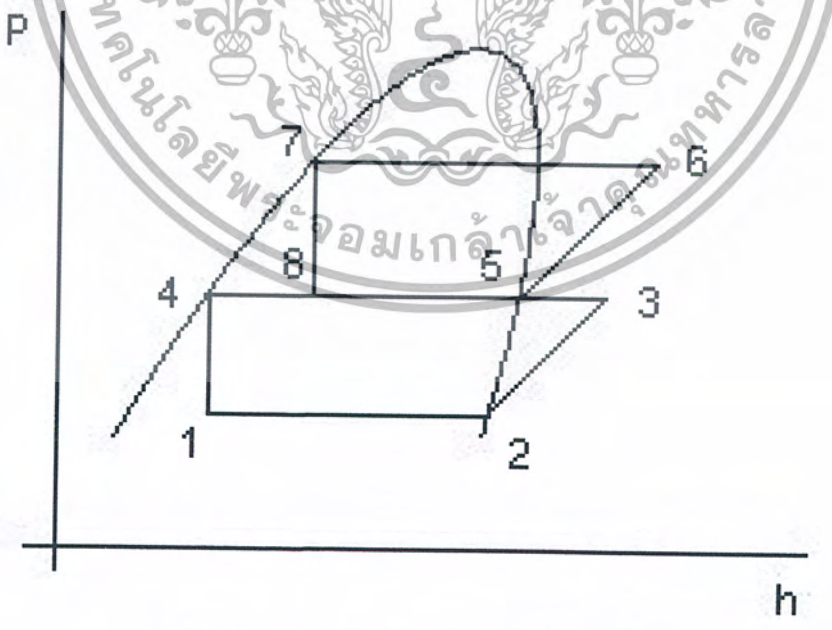
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบการทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

การทำงานเบื้องต้นของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น



รูปที่2-3 ภาพแสดงระบบการอัดไอแบบอัดสองขั้น



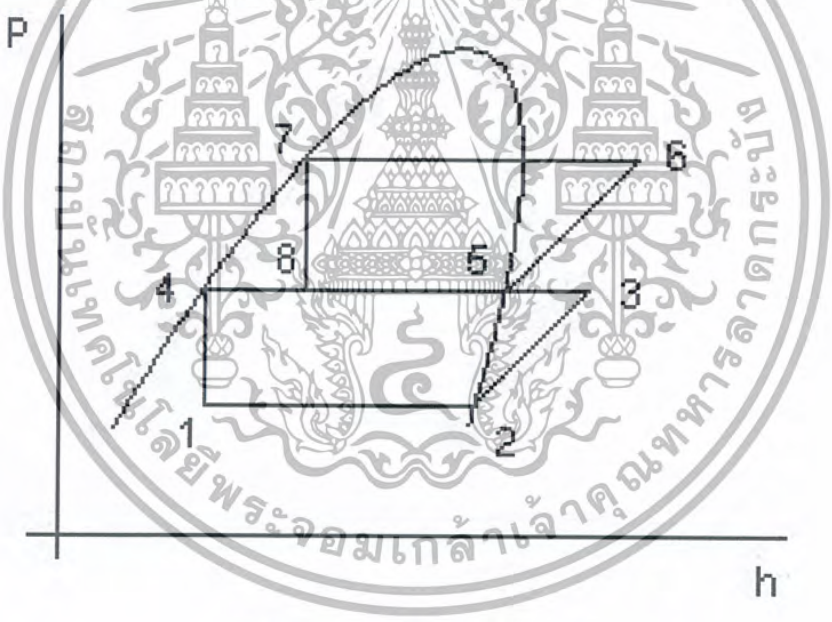
รูปที่2-4 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบสองขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานเริ่มจากสารทำความเย็นที่สถานะเป็นของเหลวไหลเข้าสู่ อีวาพอเรเตอร์ (ที่สภาวะ 1) เพื่อรับความร้อนจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำความเย็น จากนั้นไอของสารทำความเย็นจะถูกคอมเพรสเซอร์ที่วัฏจักรความดันต่ำดูดแล้วอัดเข้าสู่ Mixing chamber ซึ่งในขณะนั้นจะมีสารทำความเย็นที่สถานะเป็นของเหลวซึ่งไหลมาจาก คอนเดนเซอร์ จะไหลผ่าน Liquid control เพื่อลดความดันจนมีความดันเท่ากับความดันใน Mixing chamber ซึ่งมีความดันอยู่ระหว่างความดันของ คอมเพรสเซอร์ ทั้งสองตัว ในระหว่างกระบวนการนี้จะมีของเหลวบางส่วนระเหยกลายเป็นไออิ่มตัว (ที่สภาวะ 5) เมื่อไปผสมกับไอร้อนยวดยิ่งที่มาจาก คอมเพรสเซอร์ ที่วัฏจักรความดันต่ำ (ที่สภาวะ 3) จากนั้นไอผสมนี้จะถูกดูดโดยคอมเพรสเซอร์ ที่วัฏจักรความดันสูงเพื่อไประบายความร้อนที่ คอนเดนเซอร์ ส่วนสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวอิ่มตัวใน จะไหลผ่าน Liquid control(ที่สภาวะ4)

สำหรับวัฏจักร 1>>2>>3>>4 จะเรียกว่าวัฏจักรความดันต่ำ และวัฏจักร 5>>6>>7>>8 จะเรียกว่าวัฏจักรความดันสูง

2.8 การคำนวณค่าต่างๆสำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น



รูปที่ 2-5 แสดงวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

การหาค่าคุณภาพไอ

$$x_8 = (h_8 - h_4) / (h_5 - h_4)$$

การหาอัตราการไหลของสารทำความเย็นสถานะไอที่ไหลออกจากเอกซ์แพนชันวาล์วตัวบนและไม่ได้ผ่านไปสู่อีวาโพเรเตอร์ ในที่นี้ขอเรียกว่า"ไอฝาก"

$$m_i = m_l (x_8 / (1 - x_8))$$

เมื่อ m_l คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวบางส่วนไหลผ่านเอกซ์แพนชันวาล์วแต่ไม่ได้ไหลไปที่อีวาพอเรเตอร์

$$m_{mixing} = m_l (h_3 - h_5) / (h_5 - h_8)$$

ดังนั้นปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์จึงมีค่าเท่ากับ

$$m_h = m_l + m_i + m_{mixing}$$

อีวาพอเรเตอร์มีสมการที่ใช้หาค่าการทำความเย็นดังนี้

$$q_{eva} = h_2 - h_1$$

คอนเดนเซอร์มีสมการที่ใช้หาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกดังนี้

$$q_{cond} = h_6 - h_7$$

คอมเพรสเซอร์ที่ความดันต่ำมีสมการที่ใช้หากำลังงานดังนี้

$$w_l = h_3 - h_2$$

คอมเพรสเซอร์ที่ความดันต่ำมีสมการที่ใช้หากำลังงานดังนี้

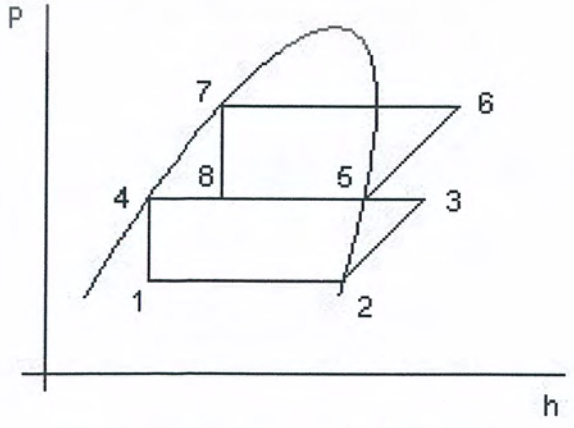
$$w_h = h_6 - h_5$$

ดังนั้นสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นคือ

$$COP = q_{eva} / (w_l + w_h (m_h / m_l))$$

2.9 การเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวและสองขั้น

-สำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น



รูปที่ 2-6 แสดงวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดสองขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดสภาวะการทำงานของระบบดังนี้คือ

1. กำหนดการทำงานด้านความดันสูงที่ 180 psi
2. กำหนดการทำงานด้านความดันต่ำที่ 20 psi
3. Mixing chamber ทำงานที่ความดัน 60 psi
4. สารทำความเย็น R-12
5. ภาระของระบบคือ 1310 Btu/hr

โดยมีสมมุติฐานดังนี้คือ

1. สารทำความเย็นออกจาก Evaporator ที่สภาวะไออิ่มตัว
2. สารทำความเย็นออกจาก Condenser ที่สภาวะของเหลวอิ่มตัว
3. Compressor อัดไอน้ำยาแบบ Isentropic
4. ระบบทำงานที่สภาวะ Steady
5. Mixing chamber อยู่ในสภาวะ Adiabatic

จากตารางคุณสมบัติของสารทำความเย็น R-12 สามารถเปิดค่า Enthalpy ณ สภาวะการทำงานได้ดังนี้ คือ

$h_1 = 19.202$ Btu/lb $\quad h_5 = 82.299$ Btu/lb

$h_2 = 76.396$ Btu/lb $\quad h_6 = 90.673$ Btu/lb

$h_3 = 84.524$ Btu/lb $\quad h_7 = 36.863$ Btu/lb

$h_4 = 19.202$ Btu/lb $\quad h_8 = 36.863$ Btu/lb

$X_8 = (h_8 - h_4)/(h_5 - h_4) = 0.2799$

$m_l (h_2 - h_1) = 1310/60$

$m_l = 1310 /(60 \times (76.396 - 19.202)) = 0.38174$ lb/min

$m_i = x_8 RF / (1 - x_8) = 0.14838$ lb/min

$m_{mixing} = m_l (h_3 - h_5)/(h_5 - h_8) = 0.01869$ lb/min

$m_h = m_l + m_i + m_{mixing} = 0.54881$ lb/min

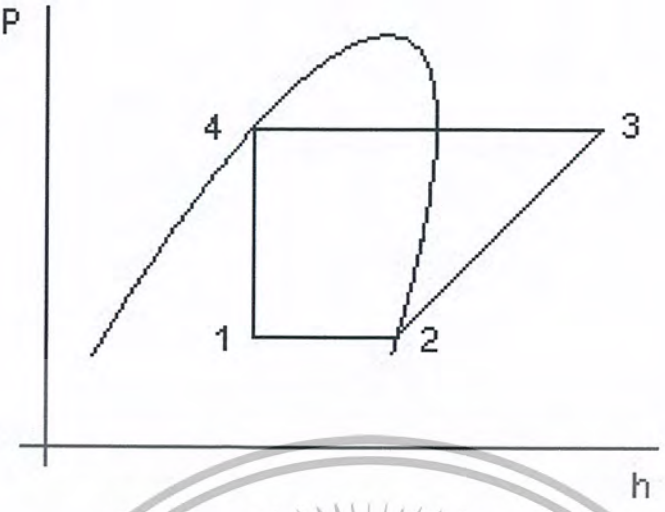
COP (coefficient of performance) ของระบบ

$COP = (h_2 - h_1) / ((h_3 - h_2) + (m_h / m_l)(h_6 - h_5))$

$= 2.836$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียว



รูปที่ 2-7 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบธรรมดา

กำหนดสภาวะการทำงานของระบบโดยที่มีความดันสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับระบบแบบอัดสองขั้นคือ

1. กำหนดการทำงานด้านความดันสูงที่ 180 psi
2. กำหนดการทำงานด้านความดันต่ำที่ 20 psi
3. สารทำความเย็น R-12

จากตารางคุณสมบัติ ของสารทำความเย็น R-12 สามารถเปิดค่า Enthalpy ณ สภาวะการทำงานได้ดังนี้ คือ

h_1= 36.863 Btu/lb h_3 = 93.255 Btu/lb

h_2 = 76.396 Btu/lb h_4 = 36.863 Btu/lb

ผลการทำความเย็นที่ Evaporator และงานที่ใช้ขับ Compressor ดังนี้คือ

$q_{eva} = h_2 - h_1 = 39.533$ Btu/lb

$w_c = w_1 = h_3 - h_2 = 16.859$ Btu/lb

$COP = q_{eva}/w_c = 2.3449$

การคำนวณข้างต้นเป็นการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่า COP (coefficient of performance) ของการทำงานแบบอัดสองขั้น **(COP=2.836)** และอัดขั้นเดียว **(COP=2.3449)** ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่า ค่า COP ของการอัดแบบสองขั้นมีค่ามากกว่าระบบการอัดแบบขั้นเดียวถึง 20.94%การทำงานที่ความดันต่ำ คือ ความดันที่ Evaporatorที่ 20 psi นั้น อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ –22.4 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสำหรับ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การคำนวณเพื่อเลือกคอมเพรสเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับชุดทดลอง

การคำนวณเพื่อเลือกคอมเพรสเซอร์นำข้อมูลดังที่ให้มาข้างต้นเพื่อคำนวณต่อดังนี้

เปิดตารางได้ค่าเพิ่มมา 2 ค่าคือ

1. $v_2 = 1.89785$ cf/lb

2. $v_5 = 0.67020$ cf/lb

$m_l = 0.38174 \times v_2 = 0.72449$ cf/min

$m_h = 0.54881 \times v_5 = 0.36781$ cf/min

แต่คอมเพรสเซอร์ทำงานที่ r = 1450 rev/min

m (cf/min) = r (rev/min) x V_d (cf/rev)

เมื่อ V_d คือ displacement volume ของคอมเพรสเซอร์

ดังนั้น

$V_{d1} = m_l / r = 0.72449 \times 30 \times 30 \times 30/1450$

$= 13.49981$ cc/rev

$V_{d2} = m_h / r = 0.36781 \times 30 \times 30 \times 30/1450$

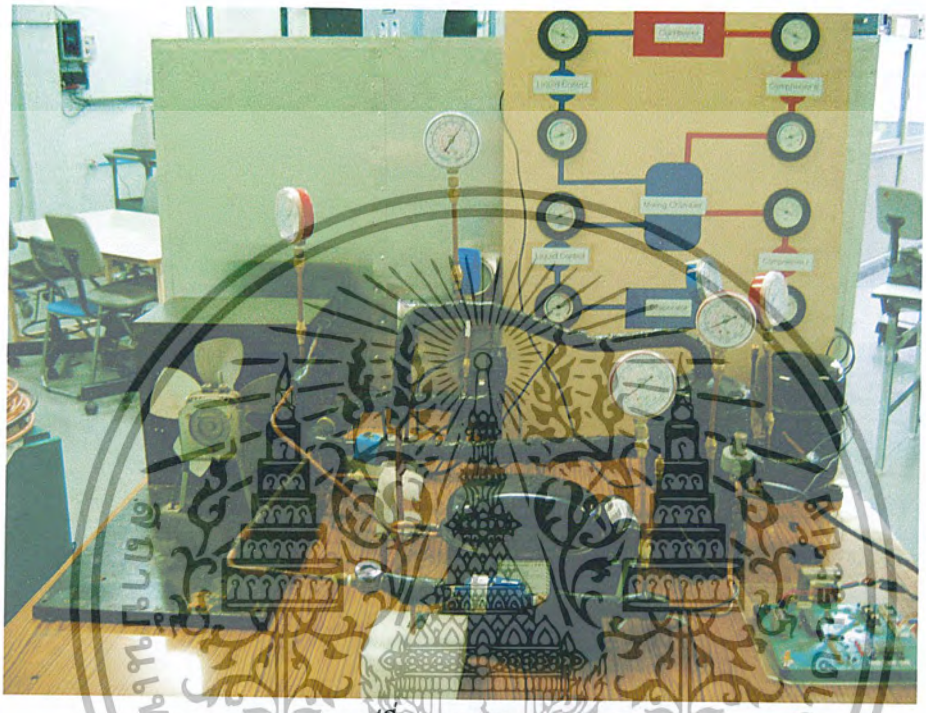
$= 6.84888$ cc/rev

จากการคำนวณเบื้องต้นผนวกกับความดันที่คอมเพรสเซอร์ทั้งสองตัวทำงานก็เพียงพอที่จะเลือกคอมเพรสเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับระบบที่สามารถหาได้ในท้องตลาด ซึ่งคอมเพรสเซอร์ที่เลือกเพื่อนำมาใช้ในวัฏจักรความดันต่ำคือรุ่น AE2415AK ขนาด 1/2 แรงม้า displacement volume 1.65cc ส่วนคอมเพรสเซอร์ที่เลือกมาใช้ในวัฏจักรความดันสูงคือรุ่น AE4430AK ขนาด 1/4 แรงม้า และ displacement volume 2.6 cc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3-1 ภาพแสดงระบบทดลอง

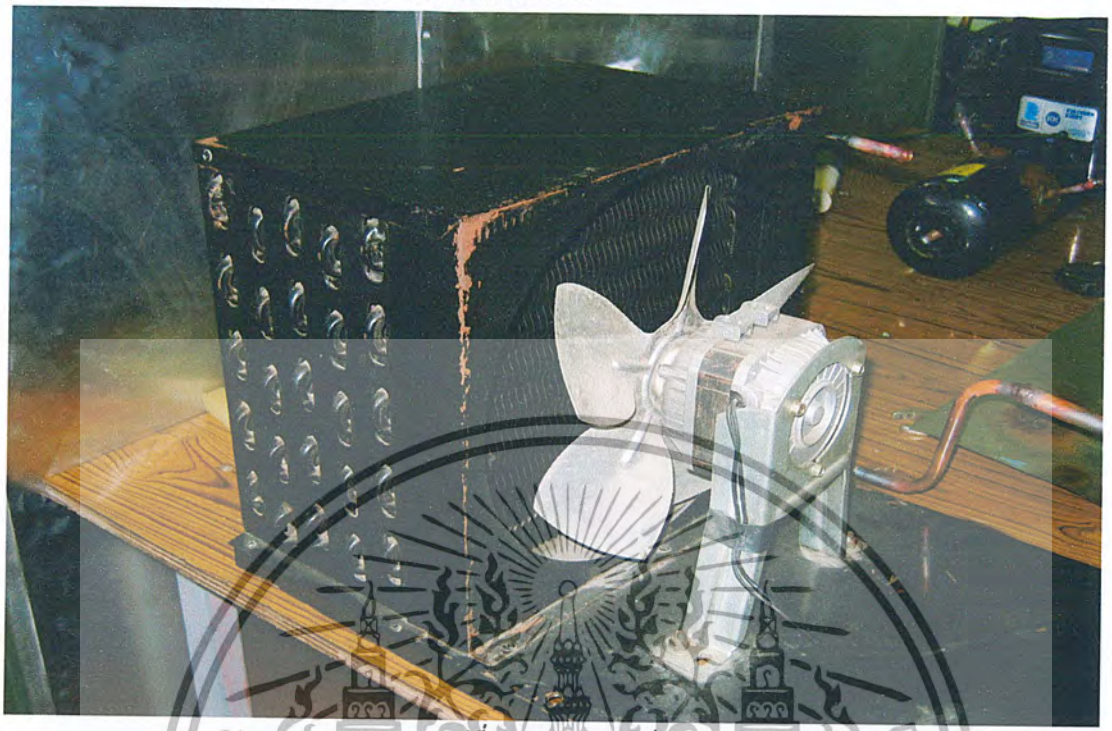
อุปกรณ์ที่สำคัญที่ติดตั้งในระบบมีดังนี้

1. Evaporator เป็นอุปกรณ์หลักทำหน้าที่ดูดรับความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น

รูปที่ 3-2 อีวาพอเรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Condenser เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับระบายความร้อนเพื่อให้ไอสารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว โดยเลือกใช้ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ



รูปที่ 3-3 คอนเดนเซอร์

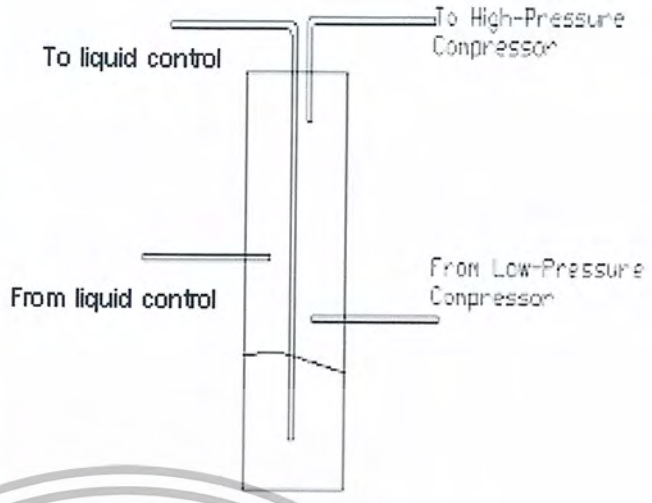
3. Compressor ใช้ชนิด Hermatic motor compressor ซึ่งประกอบด้วย motor และ Compressor อยู่ภายในตัวเรือนที่เชื่อมปิดมิดชิด ที่เลือกใช้ชนิดนี้เพราะ พื้นที่ติดตั้งน้อย น้ำหนักเบา ทำงานเสียงไม่ดัง ซึ่งเหมาะสำหรับเครื่องทำความเย็นชนิด ตู้เย็น ตู้แช่ ซึ่งในระบบนี้จะต้องใช้สองตัว

รูปที่ 3-4-1 และ 3-4-2 คอมเพรสเซอร์

4. Mixing chamber เป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเสมือน intercooler แบบเปิด ใช้สำหรับถ่ายเทความร้อนจากวัฏจักรความดันต่ำสู่วัฏจักรความดันสูง ภายนอกหุ้มด้วยฉนวน แต่เนื่องจากอุปกรณ์นี้ไม่มีจำหน่ายตามท้องตลาดดังนั้นจะ ดัดแปลงจากถังพักน้ำยามีลักษณะเป็นทรงกระบอกแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

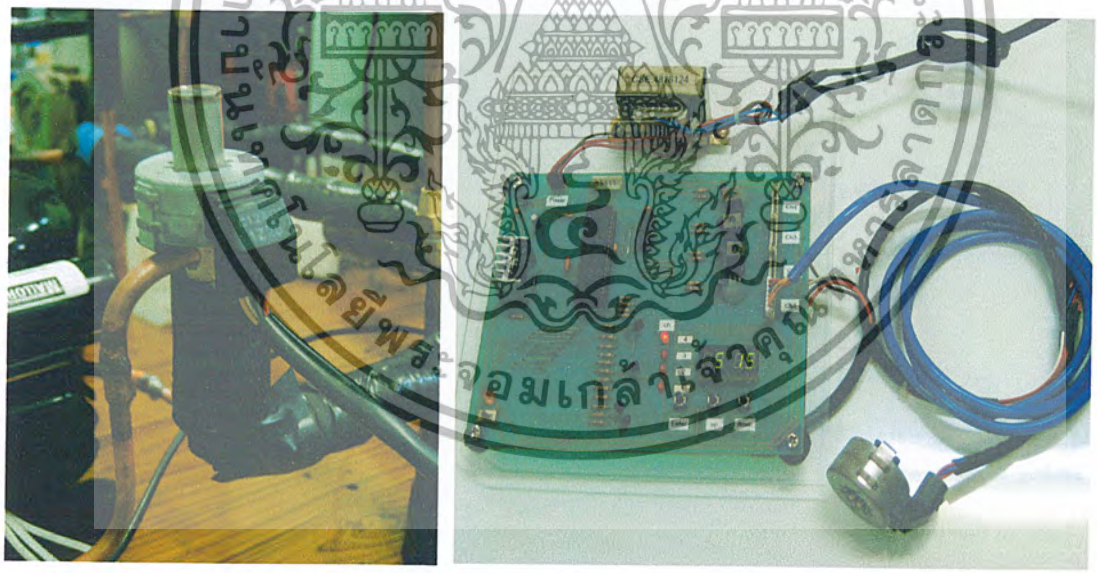
รูปที่ 3-5-1 Mixing chamber



รูปที่ 3-5-2 แสดงภายใน Mixing chamber

5. Liquid control ทำหน้าที่เป็นตัวลดความดันของสารทำความเย็นจากด้านความดันสูง ซึ่งระบบนี้จะเลือกใช้แบบที่ควบคุมด้วยระบบอิเลคโทรนิค เนื่องจากมีความแม่นยำสูงกว่าการปรับด้วยมือมาก โดยมีหลักการควบคุมโดยใช้สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำโดยที่แบ่งการปรับออกเป็น 515 step

6. แผงวงจรที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วของ Liquid Control



รูปที่ 3-6 และ 3-7 Electronic Liquid Control ที่ขับด้วย Step motor และแผงวงจรที่ใช้ควบคุมการเปิด-ปิด วาล์วของ Liquid control ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

7. กระจกมองน้ำยา (Sight glass) ติดตั้งสำหรับมองดูสารทำความเย็นที่ไหลภายในระบบว่าเพียงพอหรือไม่ ซึ่งระบบนี้จำเป็นต้องใช้สองตำแหน่งโดยติดตั้งก่อนถึง Liquid control ทั้งสองตัว

รูปที่ 3-8 กระจกมองน้ำยา

8. ตัวกรอง (Filter-Drier) มีหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกก่อนที่สารทำความเย็นเข้า Evaporator ซึ่งระบบนี้ใช้จำนวนสองตัว ติดตั้งที่ตำแหน่งก่อนผ่าน Liquid control ทั้งสองตัว

รูปที่ 3-9 ตัวกรอง

9. มาตรวัดความดัน (Pressure gauge) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความดันซึ่งมีความจำเป็นในการวิเคราะห์ระบบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความดันแต่ละจุดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบ

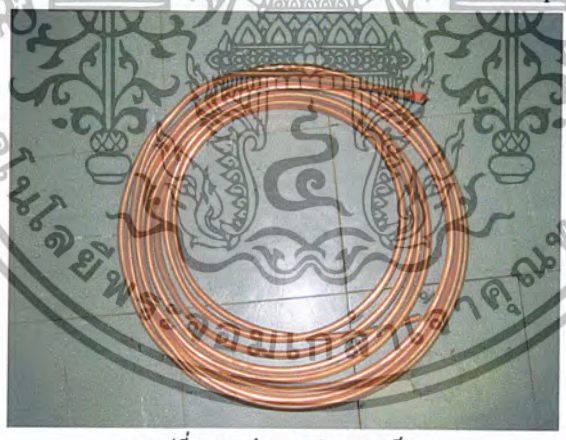
รูปที่ 3-10 มาตรวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61787

10. มาตรวัดอุณหภูมิ (Temperature gauge) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิซึ่งติดตั้งควบคู่ไปกับมาตรวัดความดัน

รูปที่ 3-11 มาตรวัดอุณหภูมิ

11. ท่อสารทำความเย็น (Tube) ใช้ท่อทองแดงซึ่งประกอบด้วยท่อต่างๆดังนี้คือ ท่อทางดูด โดยปกติท่อทางดูดต้องมีความระมัดระวังในการออกแบบมากกว่าท่อสารทำความเย็นอื่น ถ้าขนาดของท่อทางดูดเล็กเกินไป จะทำให้ความดันของสารทำความเย็นในท่อดูดลดลง ถ้าหากมีขนาดใหญ่เกินไปทำให้ความเร็วของสารทำความเย็นลดลง สิ่งที่เป็นตัวลดประสิทธิภาพและความสามารถของระบบคือความดันที่ลดลงภายในท่อ ท่อของเหลวเป็นตัวพาสารทำความเย็นเหลวผ่าน Liquid control ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นก่อนที่สารทำความเย็นจะไหลผ่าน Liquid control

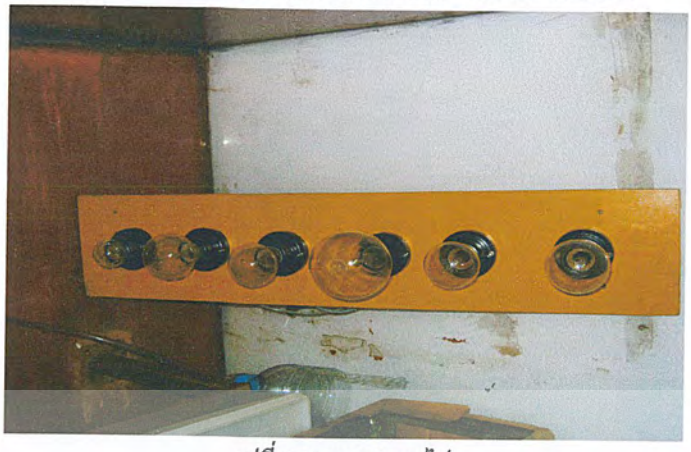


รูปที่ 3-12 ท่อสารทำความเย็น

12. สารทำความเย็น R-12 เป็นสารทำความเย็นที่ใช้ในการทดลองเนื่องจากเป็นสารที่มีความปลอดภัย ไม่ติดไฟและไม่จุดระเบิด นอกจากนี้ยังสามารถคงสภาพได้ดี ไม่เสียหายแม้ว่าจะอยู่ในสภาวะงานหนัก แต่อย่างไรก็ตามถ้า R-12 สัมผัสกับเปลวไฟ หรือได้รับความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าก็อาจกลายเป็นสารพิษได้ R-12 ควบแน่นที่ความดันปานกลาง มีจุดเดือดต่ำกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ มีจุดเดือด –29.8 องศาเซลเซียส สามารถใช้ได้ทั้งระบบที่มีอุณหภูมิสูง ปานกลางและต่ำ R-12 สามารถรวมตัวกับน้ำมันหล่อลื่นได้โดยที่ไม่ทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ และอีวาพอเรเตอร์ลดลง

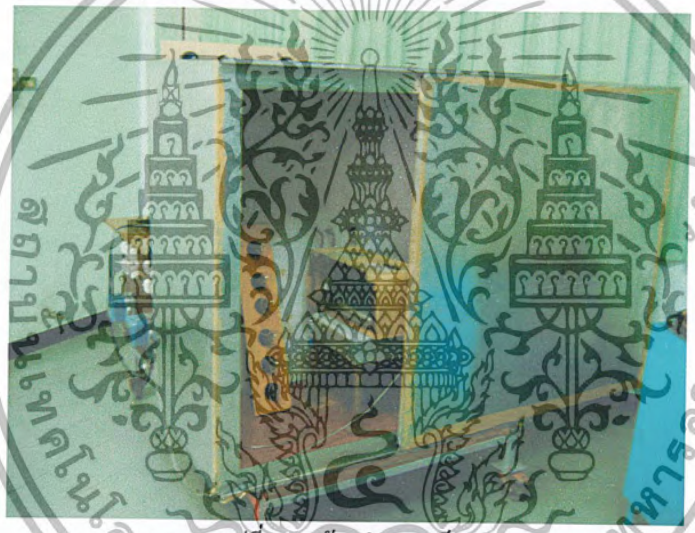
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. หลอดไฟ ใช้เป็นตัวจ่ายความร้อนเพื่อเป็นภาระของการทำความเย็น



รูปที่ 3-13 แผงหลอดไฟ

14. ห้องทำความเย็นที่หุ้มฉนวน



รูปที่ 3-14 ห้องทำความเย็น

หลังจากได้อุปกรณ์มาครบก็จะทำการเชื่อมต่อระบบเข้าด้วยกันซึ่งในส่วนนี้ขอละไว้เนื่องจากเป็นรายละเอียดปลีกย่อย

3.2 ตรวจสอบการรั่ว

การตรวจสอบการรั่วสำหรับระบบนี้จะใช้การอัดไอของสารทำความเย็นเข้าไปในระบบโดยใช้วาล์วเกจแมนิโฟลด์เป็นตัวกลาง จนระบบมีความดันประมาณ 20-30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นใช้น้ำสบู่ที่มีฟองมากลูบให้ทั่วระบบ ทั้งส่วนของท่อและรอยเชื่อมต่อต่างๆ หากสังเกตเห็นฟองอากาศมีการพองตัวที่จุดใดจุดหนึ่งก็ทำการแก้ไข

หากไม่พบรอยรั่วในขั้นตอนนี้ก็จะอัดไอของสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบอีกจนระบบมีความดันประมาณ 70-100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นก็ตรวจสอบเช่นเคย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายหากไม่พบรอยรั่วในขั้นตอนทั้งสองข้างต้นแล้วก็จะอัดไอของสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบอีกจนระบบมีความดันประมาณ 120-190 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อเป็นการตรวจสอบรอยรั่วครั้งสุดท้ายก่อนทำสุญญากาศระบบ

3.3 การทำสุญญากาศระบบ

การทำสุญญากาศระบบจะกระทำหลังจากตรวจสอบการรั่วของระบบแล้ว ในขั้นตอนนี้จะต้องใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) ดูดอากาศและความชื้นออกจากระบบ หากเป็นระบบเก่าก็จะเป็นการขจัดสารทำความเย็นที่เสื่อมคุณภาพออกจากระบบ

ในขณะที่กำลังทำสุญญากาศระบบ ค่าความดันเกจที่อ่านได้ในวัฏจักรความดันต่ำจะลดลงจนต่ำกว่า 0 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความดันของระบบต่ำกว่าความดันบรรยากาศนั่นคือระบบนี้เป็นระบบสุญญากาศนั่นเอง

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการทำสุญญากาศคือ ต้องดูดความชื้นออกจากระบบให้หมด จากหลักการที่ว่าเมื่อค่าความดันที่ผิวหน้าของของเหลวลดลง จะทำให้จุดเดือดของของเหลวต่ำลงด้วย ดังนั้นเมื่อความดันของระบบลดลงจนกระทั่งเป็นสุญญากาศ หรือที่ความสูงของปรอทใกล้เคียง 29 นิ้วปรอท น้ำจะมีจุดเดือดที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ ความชื้นที่มีอยู่ในระบบจะถูกเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซ และถูกดูดออกมา ดังนั้นเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้จึงต้องมากพอสมควร

3.4 การเติมสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบ

การเติมสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบเป็นขั้นตอนที่ต่อจากการทำสุญญากาศ โดยเชื่อมต่อสายของวาล์วเกจแมนิโฟลด์เส้นกลางเข้ากับถังบรรจุสารทำความเย็น

ในขณะที่เติมสารทำความเย็นเข้าสู่ระบบทั้งด้านวัฏจักรความดันสูงและต่ำ จะทำการเดินเครื่องของคอมเพรสเซอร์ไปพร้อมๆกันด้วย ซึ่งวิธีนี้ง่ายและปลอดภัยเนื่องจากสามารถทราบความดันของระบบในขณะเดินระบบเพื่อป้องกันความดันสูงเกินไปซึ่งโดยทั่วไปความดันภายในระบบขณะเดินเครื่องจะมีค่าดังนี้

- ด้านความดันต่ำประมาณ 8 – 12 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- ด้านความดันสูงประมาณ 160 – 170 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ระหว่างที่ระบบทำงานต้องสังเกตที่กระจกมองน้ำยา โดยที่หากสารทำความเย็นมีปริมาณที่พอดีกับระบบแล้วจะเห็นสารทำความเย็นที่ไหลผ่านกระจกมองน้ำยาโดยไม่มีฟองไอให้เห็นเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วิธีการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็นสามส่วนโดยที่แบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วนคือ

1. การศึกษาสมรรถนะของระบบเมื่อปรับวาล์วที่สภาวะต่างๆกัน

สภาวะที่ดำเนินการทดลองมีดังนี้

วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 60 step , 120 step , 180 step , 240 step , 300 step ตามลำดับ

วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 60 step , 120 step , 180 step , 240 step , 300 step ตามลำดับ

วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 60 step , 120 step , 180 step , 240 step , 300 step ตามลำดับ

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เดินระบบ แล้วปรับวาล์วทั้ง 2 ตำแหน่งที่ค่าต่างๆและรอจนระบบเข้าสู่สมดุลทั้งความดันและอุณหภูมิ

2.บันทึกค่าอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นหลังจากระบบเข้าสู่สมดุลไปแล้ว 40 นาที

2. การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้อง

สภาวะที่ดำเนินการทดลองมีดังนี้

วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยให้ความร้อนปริมาณ 100 Watt , 200 Watt , 300 Watt และ 400 Watt ตามลำดับ

วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยให้ความร้อนปริมาณ 100 Watt , 200 Watt , 300 Watt และ 400 Watt ตามลำดับ

วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยให้ความร้อนปริมาณ 100 Watt , 200 Watt , 300 Watt และ 400 Watt ตามลำดับ

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.เดินระบบ แล้วปรับวาล์วทั้ง 2 ตำแหน่งที่ค่าต่างๆและรอจนระบบเข้าสู่สมดุลทั้งความดันและอุณหภูมิ

2.ให้ความร้อนอย่างเต็มที่แก่ระบบจากนั้นรอจนกระทั่งอุณหภูมิของห้องเกิน 20 องศาเซลเซียส

3.ลดความร้อนที่ให้กับระบบลงมาคงที่ที่ค่าๆหนึ่งซึ่งได้กำหนดไว้ข้างต้นแล้ว โดยจะส่งผลให้อุณหภูมิของห้องลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อถึง 20 องศาเซลเซียส จึงเริ่มจับเวลาพร้อมกับบันทึกค่าอุณหภูมิของห้องโดยบันทึกทุกๆ 5 นาที และบันทึกอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นทุกๆ 30 นาที

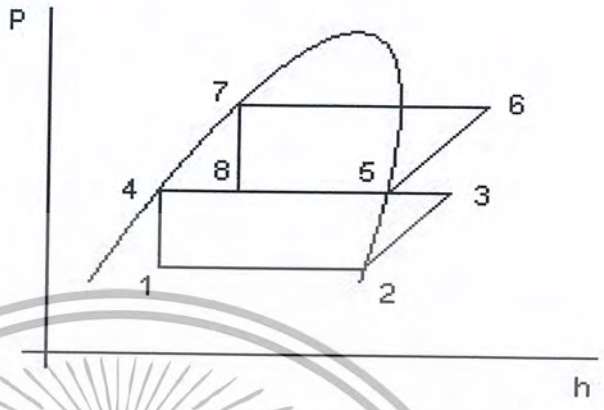
4.ทำการทดลองจนครบ 120 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

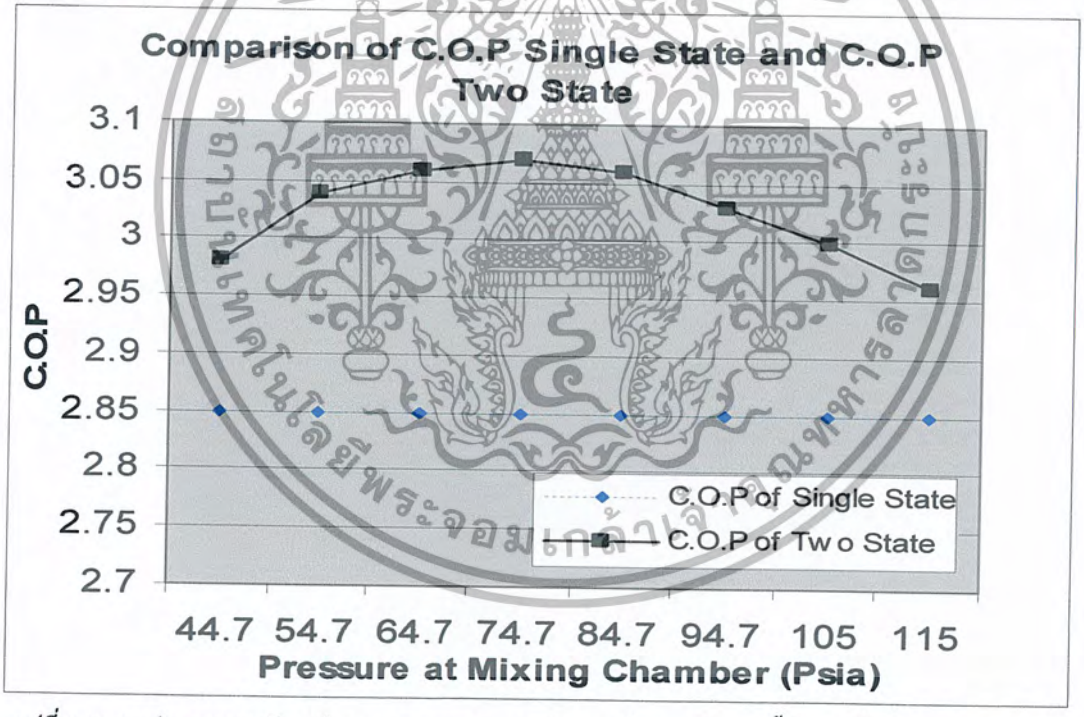
หมายเหตุ: ในวิธีการทดลองส่วนที่สอง เหตุที่เลือกสภาวะการปรับวาล์วข้างต้นเนื่องจากได้ทำการคำนวณเปลี่ยนค่าความดันที่ Mixing Chamber (Point 5 ในรูปที่ 3-15)เป็นค่าต่างๆ โดยรักษาค่าตัวแปรอื่นๆให้คงที่เพื่อหาช่วงความดันที่ Mixing Chamber ที่ทำให้ได้สมรรถนะสูงสุดในแต่ละสภาวะ

Point	P(psig)	T(C)
1	24	-10
2	20	3.5
3	67.5	70
4	70	12
5	70	25
6	185	71
7	180	39
8	70	13

รูปที่ 3-15-1 แสดงสภาวะที่จุดต่างๆ



รูปที่ 3-15-2 P-h diagram ของระบบการอัดไอแบบสองขั้น



รูปที่ 3-16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นโดยเปลี่ยนความดันสัมบูรณ์ที่ Mixing Chamber เป็นค่าต่างๆ

จากกราฟข้างต้น (รูปที่ 3-16) จะเห็นได้ว่าสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นจะมีสมรรถนะสูงสุดโดยที่ความดันสัมบูรณ์ของสารทำความเย็นที่ Mixing Chamber มีค่าประมาณ รากที่สองของผลคูณของความดันระหว่าง ความดันสัมบูรณ์ที่อีวาพอเรเตอร์กับความดันสัมบูรณ์ที่คอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

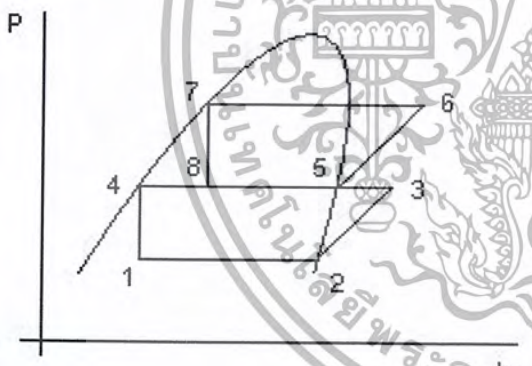
บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และความดัน ที่สภาวะต่างๆของระบบแล้วจะนำข้อมูลเหล่านั้นมาคำนวณหาสมรรถนะของระบบได้ซึ่งในส่วนของข้อมูลที่จะนำเสนอนี้ได้ผ่านการคำนวณมาเรียบร้อยแล้วโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าช่วยเพื่อประหยัดเวลา ซึ่งโปรแกรมนี้ชื่อว่า Coolpack ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความแม่นยำและใช้ทฤษฎีในการคำนวณซึ่งเป็นที่ยอมรับมาคำนวณระบบทำความเย็นที่ได้รับการออกแบบ และปรับปรุงโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเดนมาร์ก (Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark) โดยที่โปรแกรมนี้ได้ใช้หลักการและสูตรคำนวณตรงกันกับหลักการที่ได้นำเสนอไว้แล้วในบทที่ 2 ซึ่งจะคำนวณผลการทดลองเป็นตัวอย่างเพื่อพิสูจน์ว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องตรงกัน

การคำนวณโดยใช้สูตรจากบทที่สอง

ข้อมูลที่สภาวะต่างๆเป็นดังนี้



รูปที่ 4-1 P-h Diagram ของระบบ

Point	P(psig)	T(C)
1	24	-10
2	20	3.5
3	67.5	70
4	70	12
5	70	25
6	185	71
7	180	39
8	70	13

รูปที่ 4-2 แสดงสภาวะที่จุดต่างๆ

นำข้อมูลข้างต้นมาหาค่าเอนทาลปีได้ดังนี้

$h_1 = h_4 = 219.349$ kJ/kg

$h_2 = 355.556$ kJ/kg

$h_3 = 394.630$ kJ/kg , $h_{3s} = 373.561$ kJ/kg

$h_5 = 359.948$ kJ/kg

$h_6 = 385.360$ kJ/kg , $h_{6s} = 381.188$ kJ/kg

$h_7 = h_7 = 236.636$ kJ/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นคำนวณดังนี้

$x_8 = (h_8 - h_4) / (h_5 - h_4) = (236.636 - 219.349) / (359.948 - 219.349) = 0.123$

$m_h / m_l = 1 + [x_8 /(1 - x_8)] + [(h_3 - h_5)/(h_5 - h_8)]$

$= 1 + [0.123/(1-0.123)] + 0.281$

$= 1.4212$

$q_e = h_2 - h_1 = 355.556 - 219.349 = 136.207$ kJ/kg

$q_{cond} = h_6 - h_7 = 385.360 - 355.556 = 148.724$ kJ/kg

$w_l = h_3 - h_2 = 394.630 - 355.556 = 39.074$ kJ/kg

$w_h = h_6 - h_5 = 385.360 - 359.948 = 25.412$ kJ/kg

$COP = q_e / [w_l + w_h(m_h/m_l)] = 136.207 / [39.074 + (25.412 \times 1.4212)]$

$= 1.81$

การคำนวณโดยใช้โปรแกรม Coolpack

ข้อมูลที่กรอกลงในโปรแกรมมีดังนี้

Evaporating temperature คือ $-10\ ^oC$

Superheated $= T_2 - T_1 = 3.5-(-10) = 13.5\ ^oC$

Pressure drop at evaporator $= P_1 - P_2 = 24 - 20 = 4$ psi

$= 0.27$ bar

Isentropic efficiency of low pressure stage $= (h_{3s} - h_2) / (h_3 - h_2)$

$= (373.561 - 355.556)/(394.630 - 355.556)$

$= 0.46$

Isentropic efficiency of high pressure stage $= (h_{6s} - h_5) / (h_6 - h_5)$

$= (381.188 - 359.948)/(385.360 - 359.948)$

$= 0.84$

Condensing temperature คือ $71\ ^oC$

Subcooled temperature คือ $39\ ^oC$

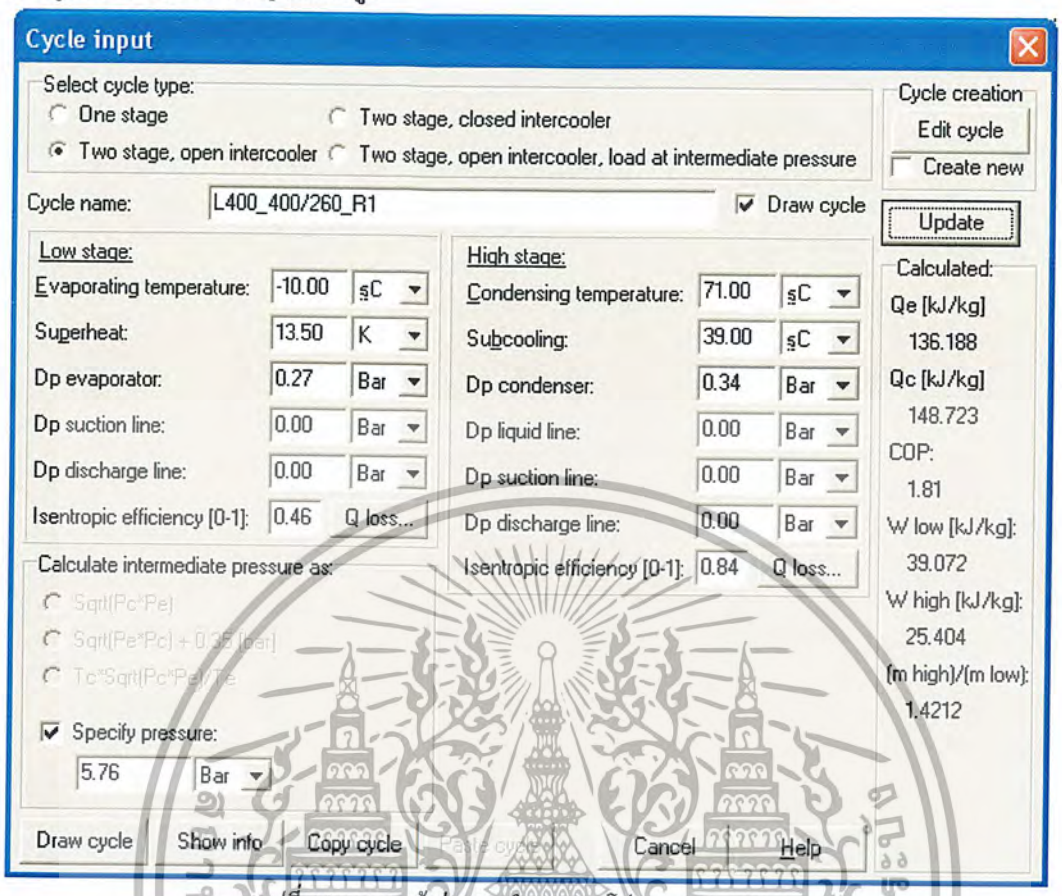
Pressure drop at condenser $= P_6 - P_7 = 5$ psi

$= 0.34$ bar

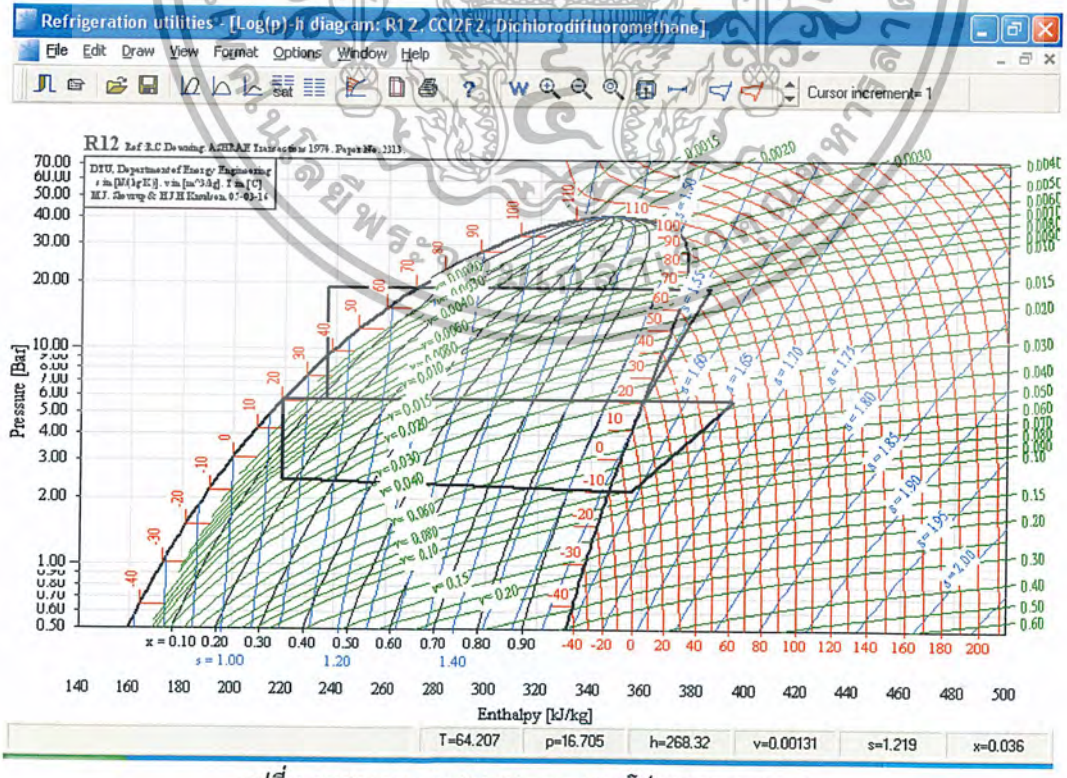
Intermediate pressure $= 70$ psi $= 5.76$ bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่ข้อมูลลงโปรแกรม Coolpack ดังรูป



รูปที่ 4-3 แสดงหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Coolpack



รูปที่ 4-4 แสดงการ plot P-h Diagram ของโปรแกรม Coolpack

จากรูปจะเห็นว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมนี้ตรงตามการคำนวณด้วยสูตรข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการทดลองส่วนแรก

ผลการทดลองการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถนะของระบบเมื่อทำการปรับวาล์ว

ตารางที่ 4-1 แสดงค่า C.O.P. เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 200 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ

200(Low valve)	C.O.P.				
	High valve				
	60	120	180	240	300
Two-Stage(Ideal)	2.77	2.78	2.72	2.68	2.65
Two-Stage(Real)	1.38	1.44	1.47	1.62	1.65
Single-Stage	0.71	0.78	0.88	1.08	1.15

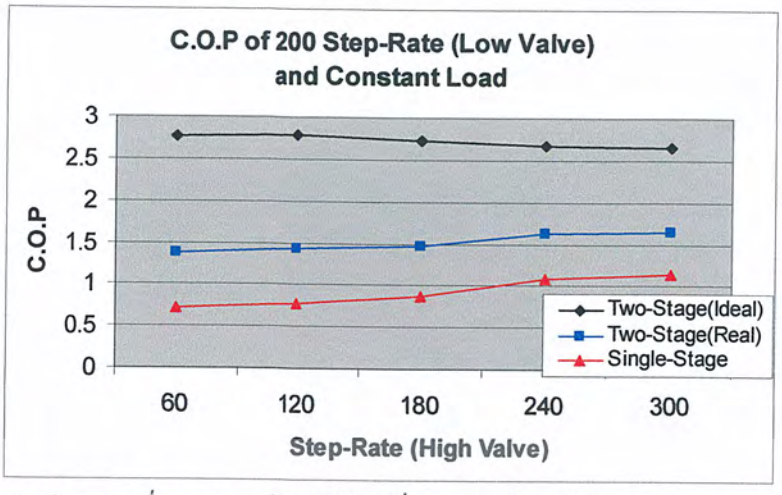
ตารางที่ 4-2 แสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 300 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ

300(Low valve)	C.O.P				
	High valve				
	60	120	180	240	300
Two-Stage(Ideal)	2.77	2.81	2.85	2.87	2.96
Two-Stage(Real)	1.65	1.61	1.59	1.76	1.58
Single-Stage	1.05	1	0.97	1.18	0.95

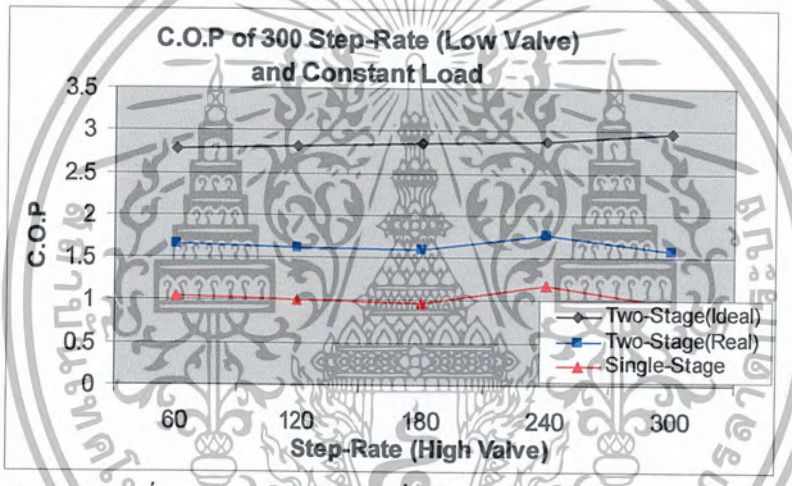
ตารางที่ 4-3 แสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างที่ 400 step และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ

400(Low valve)	C.O.P				
	High valve				
	60	120	180	240	300
Two-Stage(Ideal)	2.75	2.72	2.76	2.79	2.79
Two-Stage(Real)	1.51	1.55	1.57	1.58	1.56
Single-Stage	0.86	0.95	0.95	0.99	0.95

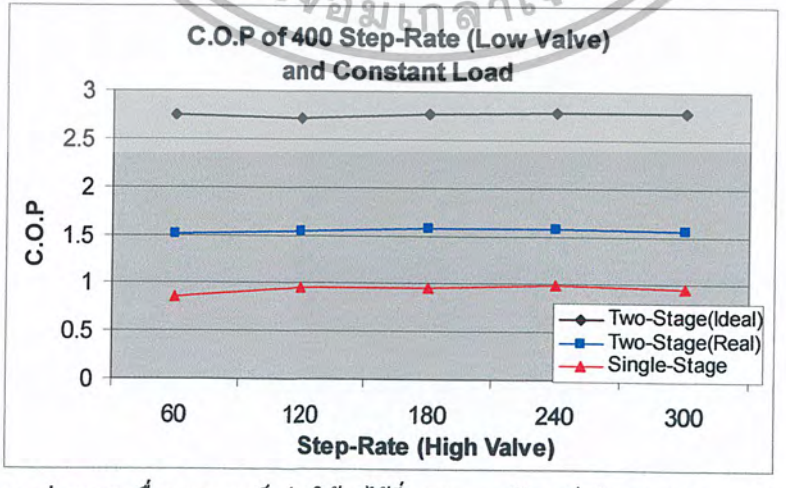
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 200 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83%) และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ(เปิดวาล์วบน 11.65% ,23.30% 34.95% ,46.60% และ 58.25% ตามลำดับ)

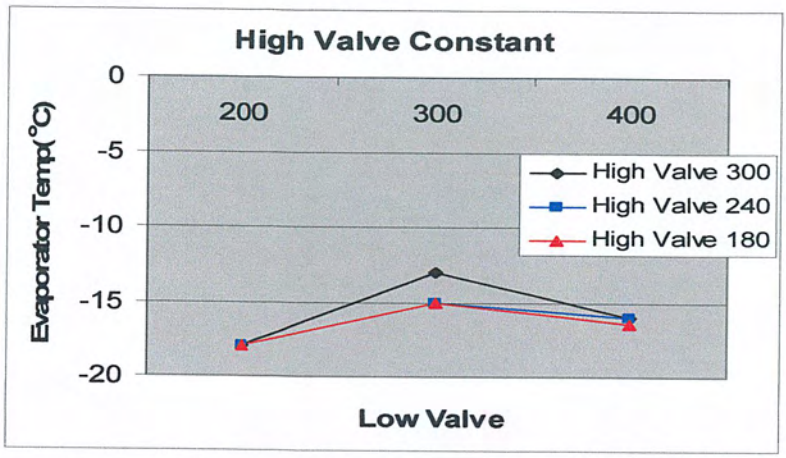


รูปที่ 4-6 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 300 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25%) และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ(เปิดวาล์วบน 11.65% ,23.30% 34.95% ,46.60% และ 58.25% ตามลำดับ)

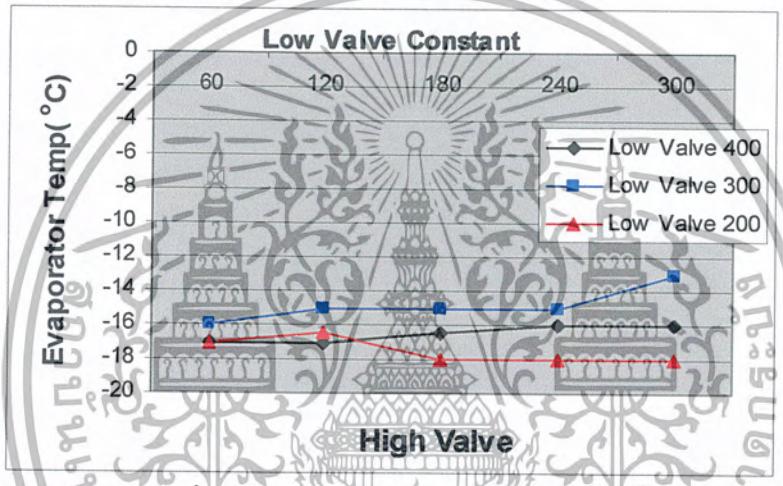


รูปที่ 4-7 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงไว้ที่ 400 step (เปิดวาล์วล่าง 77.67%)และปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ(เปิดวาล์วบน 11.65% ,23.30% 34.95% ,46.60% และ 58.25% ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 กราฟแสดงอุณภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เมื่อควบคุมวาล์วบนให้คงที่แล้วปรับวาล์วล่างเป็นค่าต่างๆ



รูปที่ 4-9 กราฟแสดงอุณภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เมื่อควบคุมวาล์วล่างให้คงที่แล้วปรับวาล์วบนเป็นค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-4 ชุดตารางแสดงข้อมูลอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่สภาวะวาล์วต่างๆ

	Up	Down
Valve	300	400
Point	P(Psig)	T(°F)
1	17	-16
2	14	-15
3	45	55
4	45.5	1.5
5	47	18
6	167.5	72
7	165	35
8	47.5	3.5

	Up	Down
Valve	240	400
Point	P(Psig)	T(°F)
1	17	-16
2	13	-15
3	44	52
4	45.5	0
5	47	16.5
6	161	71.5
7	161	35.5
8	47.5	3

	Up	Down
Valve	180	400
Point	P(Psig)	T(°F)
1	16	-16.5
2	14	-15
3	42.5	53.5
4	44.5	-0.5
5	45.5	17
6	167.5	72
7	165	35
8	47.5	2.5

	Up	Down
Valve	120	400
Point	P(Psig)	T(°F)
1	16	-17
2	13	-16
3	44	53
4	45	-0.5
5	45.5	17
6	167.5	72
7	165	36
8	47.5	2

	Up	Down
Valve	60	400
Point	P(Psig)	T(°F)
1	15	-17
2	12	-16
3	40	55
4	41	-2.5
5	42	17
6	162.5	72
7	160	34
8	43	0.5

	Up	Down
Valve	300	300
Point	P(Psig)	T(°F)
1	17	-13
2	14	-7
3	51	68
4	54	7
5	55	21.5
6	180	70
7	175	38
8	55	8

	Up	Down
Valve	240	300
Point	P(Psig)	T(°F)
1	17	-15
2	12	-5
3	49	59
4	51.5	5
5	52.5	19
6	172.5	70
7	170	36
8	52.5	6

	Up	Down
Valve	180	300
Point	P(Psig)	T(°F)
1	15	-15
2	12	-3.5
3	47.5	68
4	49	4
5	49	20.5
6	170	70.5
7	169	36
8	50	5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Up	Down
Valve	120	300
Point	P(Psig)	T(°F)
1	16	-15
2	12	2
3	46	71
4	48	35
5	48.5	21
6	170	72
7	169	36
8	50	5

	Up	Down
Valve	60	300
Point	P(Psig)	T(°F)
1	15	-16
2	11	7.5
3	44	73.5
4	46	2.5
5	46	22
6	165	72
7	165	35.5
8	46	4

	Up	Down
Valve	300	200
Point	P(Psig)	T(°F)
1	13	-18
2	10	6.5
3	47	73
4	48	4
5	48.5	22
6	171	73
7	167	36
8	49	5

	Up	Down
Valve	240	200
Point	P(Psig)	T(°F)
1	15	-18
2	10	1
3	45	70
4	49	3.5
5	48	21
6	170	72
7	166	36
8	50	4

	Up	Down
Valve	180	200
Point	P(Psig)	T(°F)
1	12	-18
2	8	-11
3	44	67
4	44	0.5
5	45	20
6	170	72
7	162.5	34
8	45	3

	Up	Down
Valve	120	200
Point	P(Psig)	T(°F)
1	10	-16.5
2	7	-15
3	39	60.5
4	39	-1
5	41	18
6	160	72
7	156	34
8	41	1

	Up	Down
Valve	60	200
Point	P(Psig)	T(°F)
1	10	-17
2	7	-17
3	37.5	62
4	39	-2
5	39	17.5
6	157.5	72
7	155	33
8	40	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองส่วนที่สอง

ผลการทดลองการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องเย็นและค่าสมรรถนะของระบบเมื่อให้ภาระแก่ระบบคงที่

ตารางที่ 4-5 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 100 Watt

Vary Load 100W		C.O.P			HighCom-Eff	LowCom-Eff
Valve	Time(min)	Two-Stage (Ideal)	Two-Stage (Real)	Single-Stage		
200/110	30	2.63	1.64	1.1	0.82	0.456
	60	2.57	1.51	0.9	0.835	0.3736
	90	2.57	1.46	0.88	0.826	0.3669
	120	2.6	1.44	0.87	0.8227	0.3614
300/140	30	2.74	1.62	1.09	0.844	0.4296
	60	2.73	1.55	1.02	0.8321	0.4032
	90	2.69	1.51	0.97	0.8388	0.3897
	120	2.7	1.47	0.92	0.8422	0.3683
400/260	30	3.1	1.68	1.16	0.8115	0.3992
	60	3.05	1.66	1.16	0.8146	0.4054
	90	2.93	1.67	1.2	0.8068	0.4407
	120	2.95	1.69	1.22	0.8099	0.4434

ตารางที่ 4-6 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 200 Watt

Vary Load 200W		C.O.P			HighCom-Eff	LowCom-Eff
Valve	Time(min)	Two-Stage (Ideal)	Two-Stage (Real)	Single-Stage		
200/110	30	2.62	1.64	1.19	0.8093	0.4903
	60	2.62	1.54	1.05	0.8126	0.4313
	90	2.59	1.5	1.03	0.8126	0.4271
	120	2.63	1.45	0.95	0.7932	0.3923
300/140	30	2.61	1.59	1.18	0.7924	0.4917
	60	2.73	1.65	1.14	0.8716	0.4582
	90	2.61	1.45	1.02	0.7844	0.4229
	120	2.56	1.45	1.01	0.7906	0.4281
400/260	30	3.16	1.77	1.23	0.8349	0.4156
	60	3.07	1.62	1.11	0.8229	0.3868
	90	3.02	1.66	1.17	0.8142	0.415
	120	3.03	1.64	1.12	0.818	0.3965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

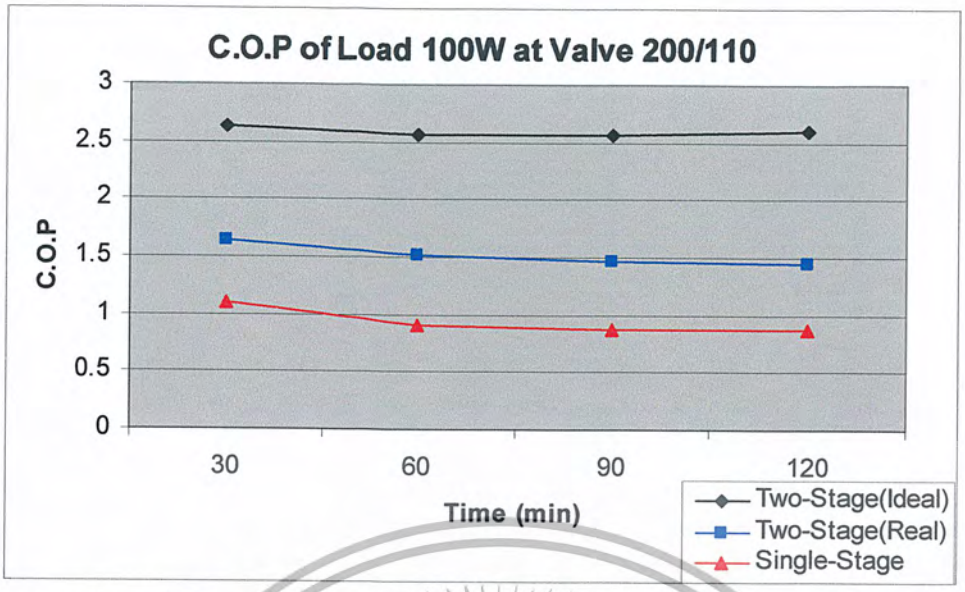
ตารางที่ 4-7 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 300 Watt

Vary Load 300W		C.O.P			HighCom-Eff	LowCom-Eff
Valve	Time(min)	Two-Stage (Ideal)	Two-Stage (Real)	Single-Stage		
200/110	30	2.59	1.64	1.15	0.812	0.4783
	60	2.61	1.6	1.09	0.8118	0.4483
	90	2.59	1.56	1.06	0.8044	0.4393
	120	2.57	1.53	1.01	0.8081	0.4236
300/140	30	2.65	1.62	1.19	0.7998	0.4889
	60	2.64	1.55	1.11	0.7924	0.4561
	90	2.65	1.54	1.09	0.7924	0.4442
	120	2.63	1.5	1.06	0.7843	0.4358
400/260	30	2.98	1.7	1.25	0.7947	0.4514
	60	2.98	1.64	1.16	0.8064	0.4164
	90	2.97	1.6	1.12	0.8011	0.4034
	120	2.97	1.57	1.1	0.804	0.3971

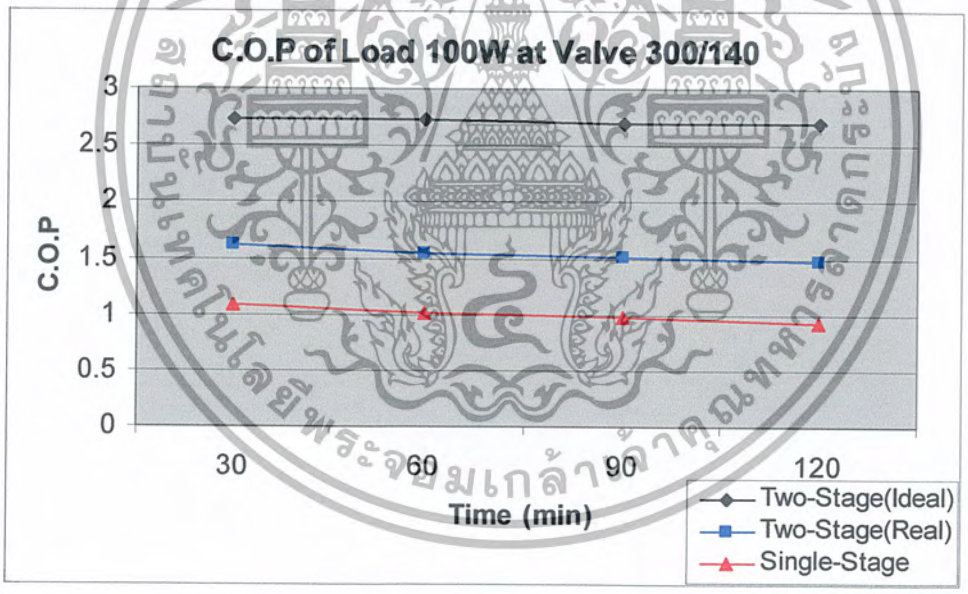
ตารางที่ 4-8 แสดงค่า C.O.P ที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไปโดยที่ให้ความร้อนอย่างคงที่ 400 Watt

Vary Load 400W		C.O.P			HighCom-Eff	LowCom-Eff
Valve	Time(min)	Two-Stage (Ideal)	Two-Stage (Real)	Single-Stage		
200/110	30	2.63	1.67	1.21	0.82	0.4947
	60	2.61	1.64	1.18	0.8149	0.4862
	90	2.6	1.61	1.15	0.8047	0.4764
	120	2.63	1.59	1.11	0.8047	0.4559
300/140	30	2.72	1.57	1.09	0.8126	0.4309
	60	2.72	1.67	1.21	0.8128	0.4774
	90	2.7	1.62	1.16	0.8041	0.4646
	120	2.66	1.59	1.14	0.7957	0.4646
400/260	30	3.06	1.81	1.31	0.8357	0.4611
	60	3.02	1.75	1.28	0.8169	0.4529
	90	2.97	1.69	1.23	0.8035	0.4438
	120	2.97	1.66	1.2	0.7981	0.433

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

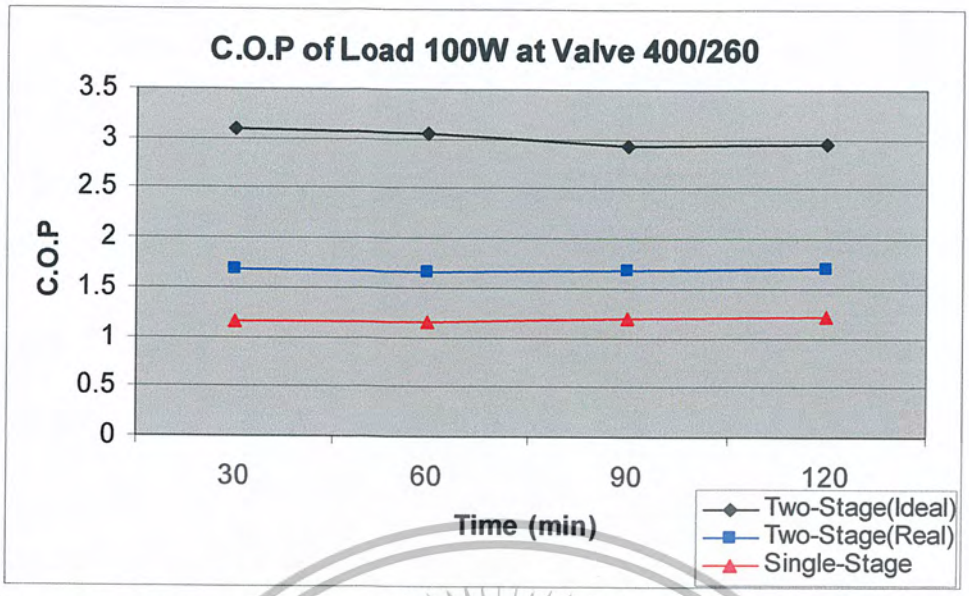


รูปที่ 4-10 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83% และเปิดวาล์วบน 21.36%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt

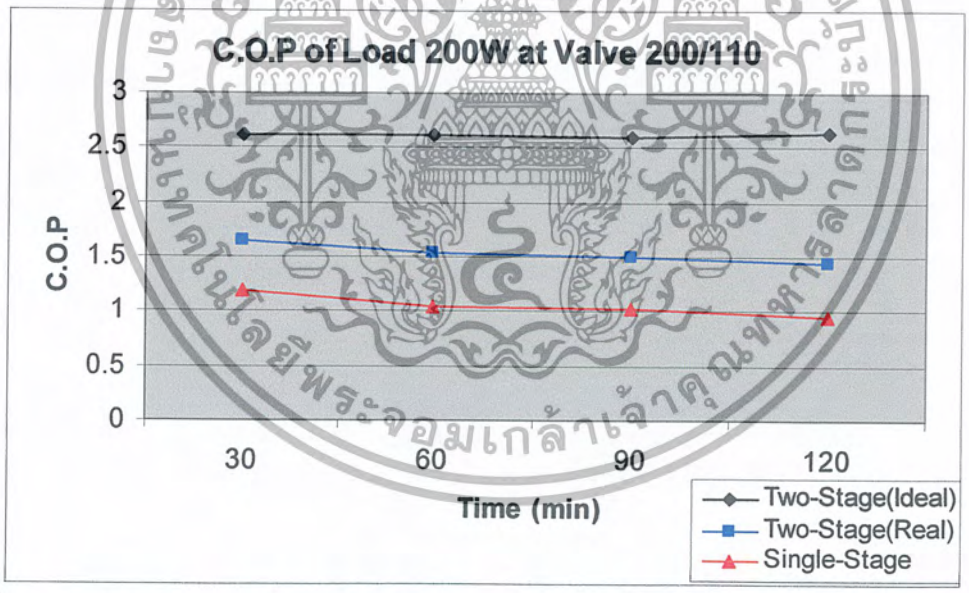


รูปที่ 4-11 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25 % และเปิดวาล์วบน 27.18%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

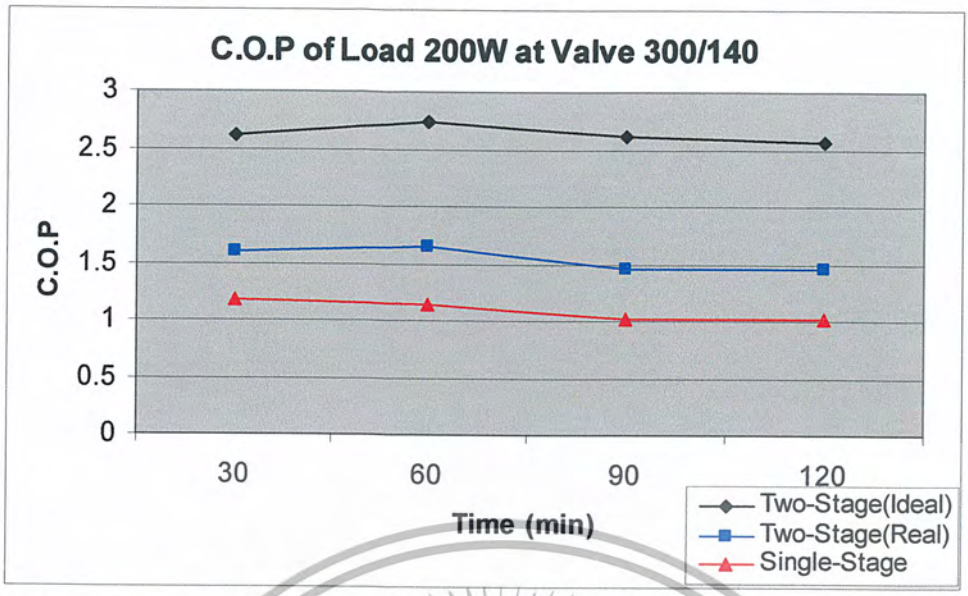


รูปที่ 4-12 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step (เปิดวาล์วล่าง 77.67% และเปิดวาล์วบน 50.49%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt

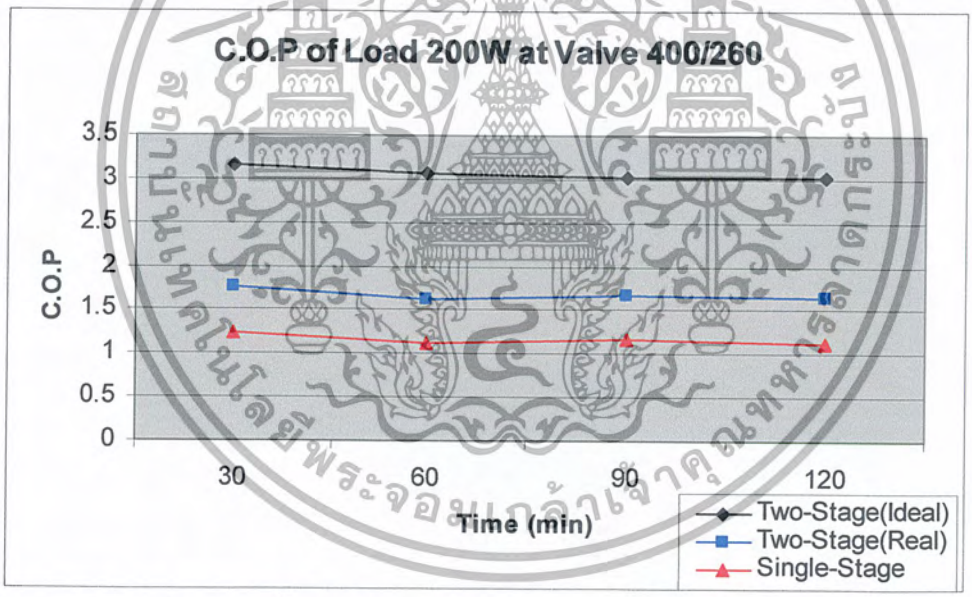


รูปที่ 4-13 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83% และเปิดวาล์วบน 21.36%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

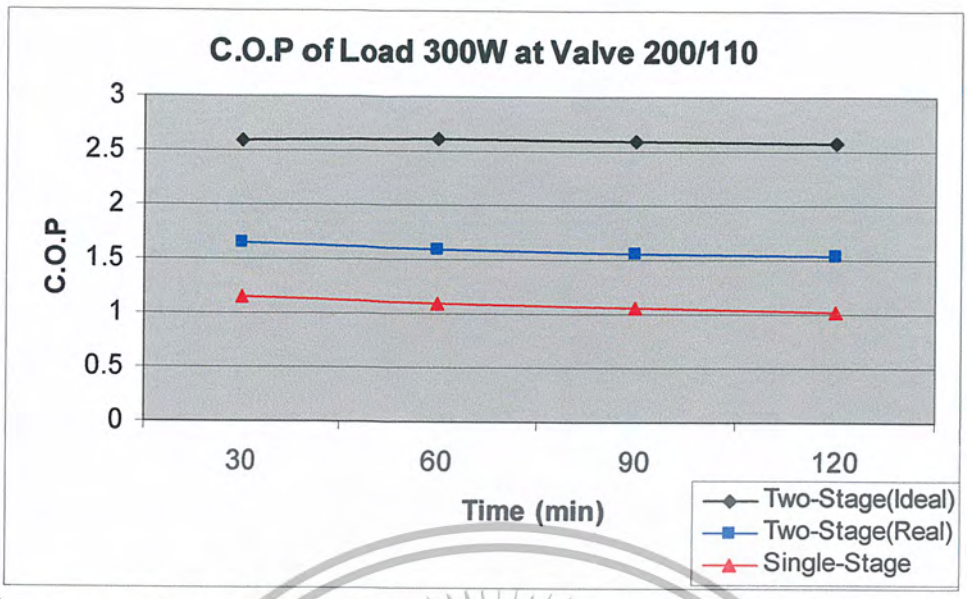


รูปที่ 4-14 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25 % และเปิดวาล์วบน 27.18%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt

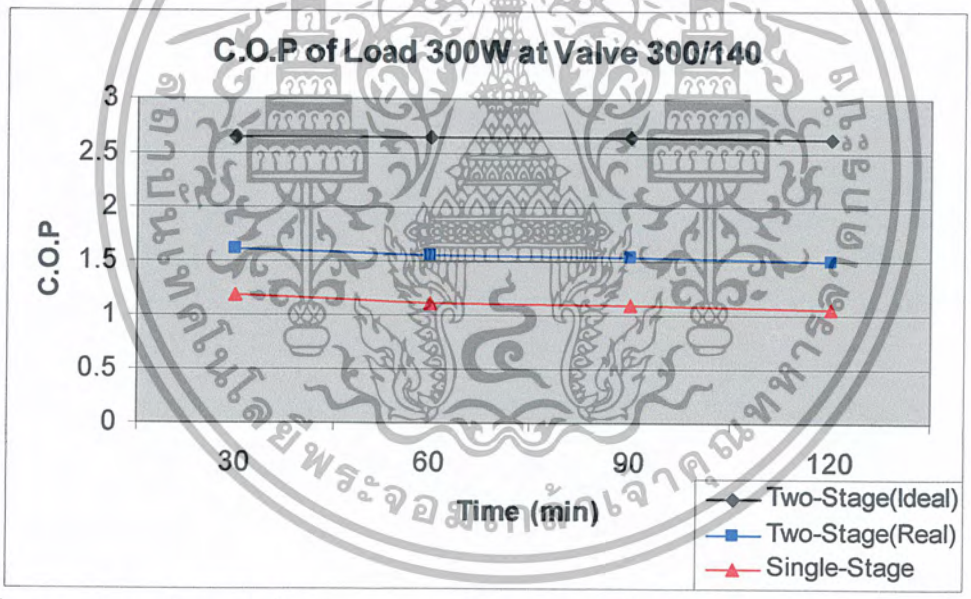


รูปที่ 4-15 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step(เปิดวาล์วล่าง 77.67% และเปิดวาล์วบน 50.49%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

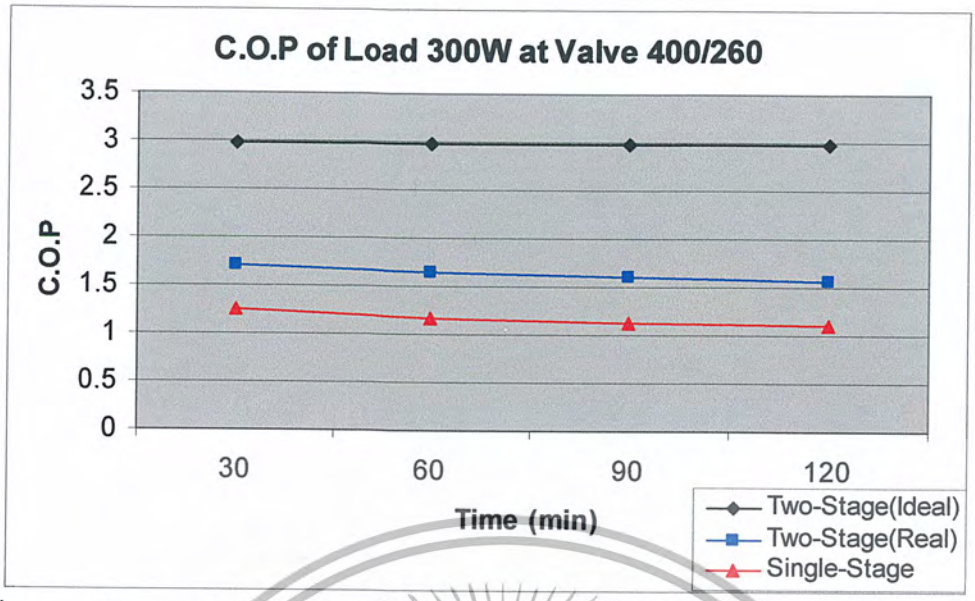


รูปที่ 4-16 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83% และเปิดวาล์วบน 21.36%) โดยให้ความร้อนคับระบบอย่างคงที่ 300 Watt

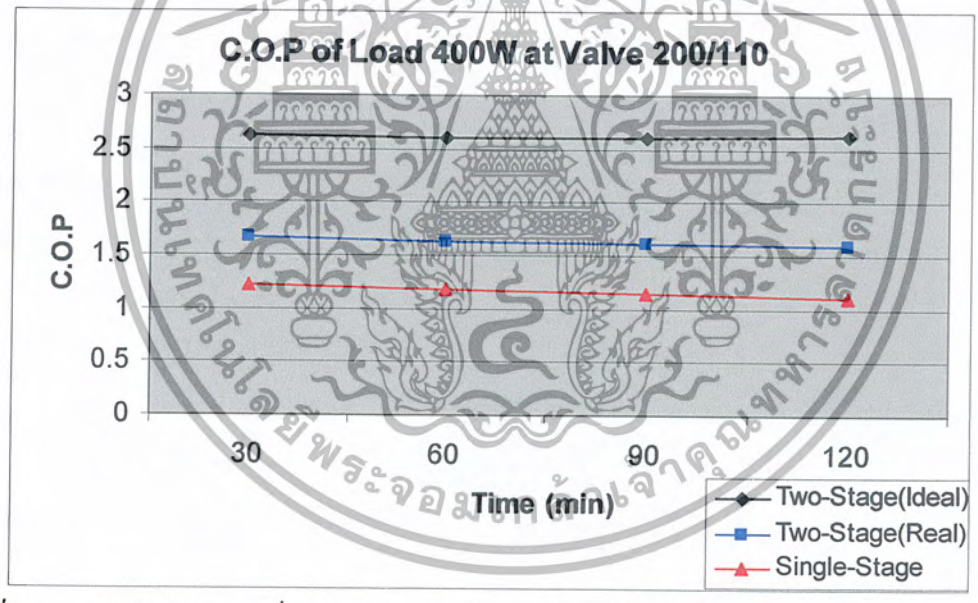


รูปที่ 4-17 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25 % และเปิดวาล์วบน 27.18%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

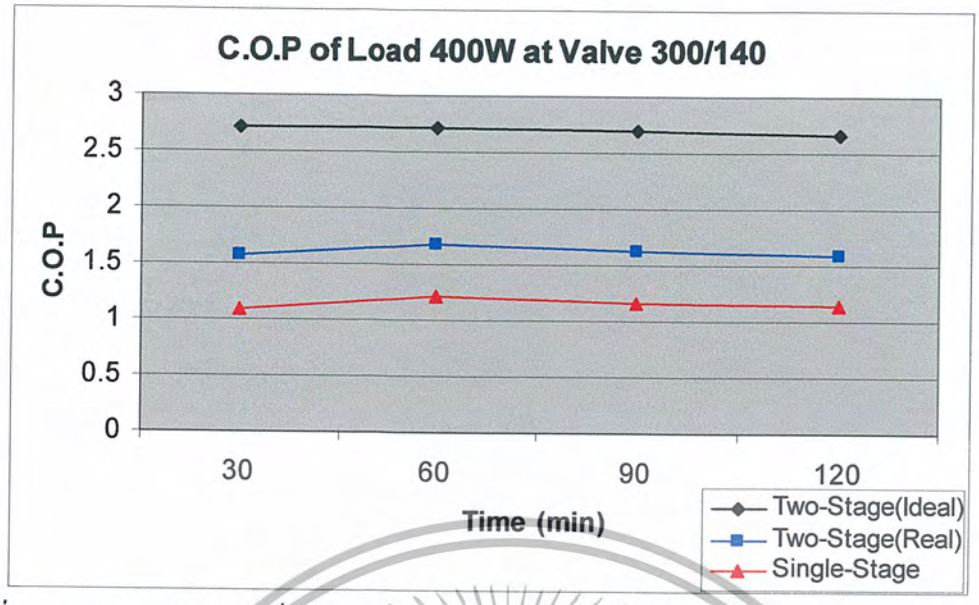


รูปที่ 4-18 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step(เปิดวาล์วล่าง 77.67% และเปิดวาล์วบน 50.49%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt

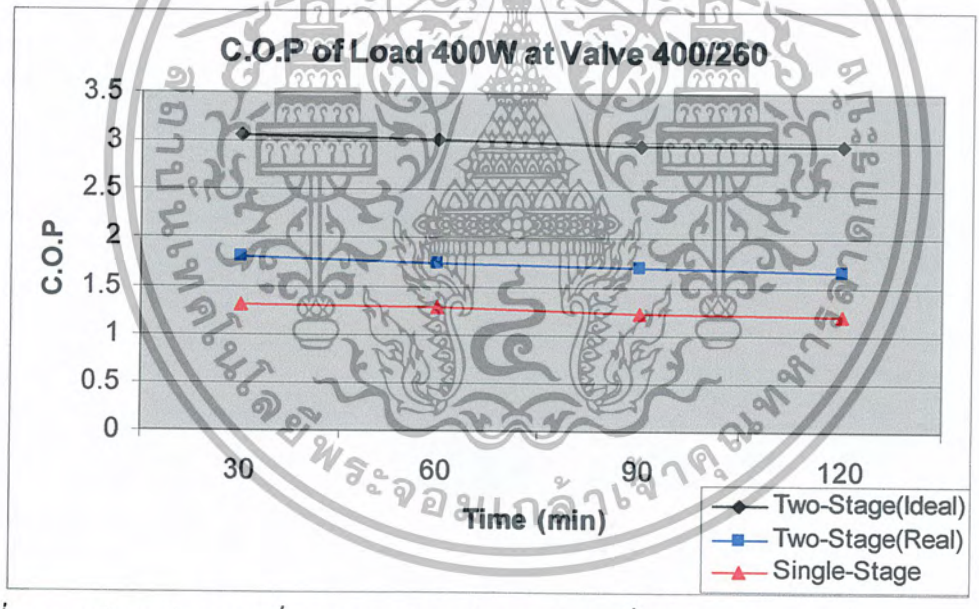


รูปที่ 4-19 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83% และเปิดวาล์วบน 21.36%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

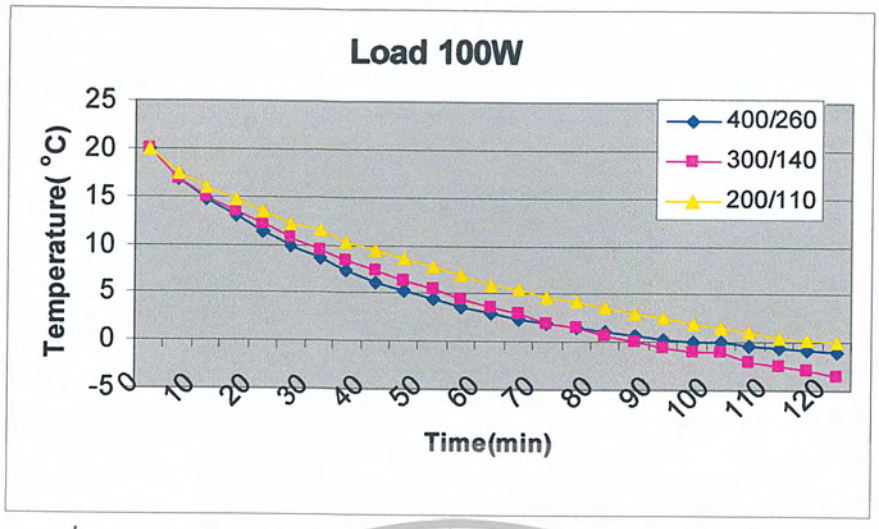


รูปที่ 4-20 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25 % และเปิดวาล์วบน 27.18%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt

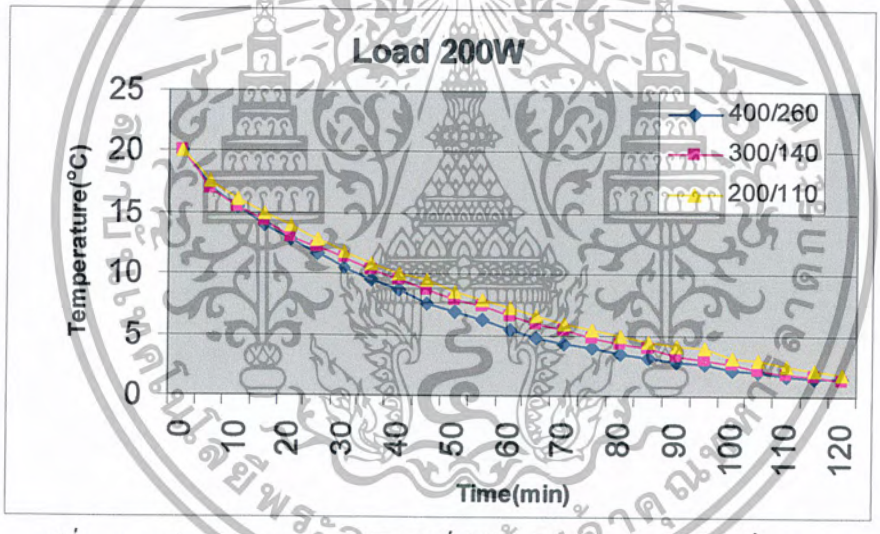


รูปที่ 4-21 กราฟแสดงค่า C.O.P เมื่อควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step(เปิดวาล์วล่าง 77.67% และเปิดวาล์วบน 50.49%) โดยให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

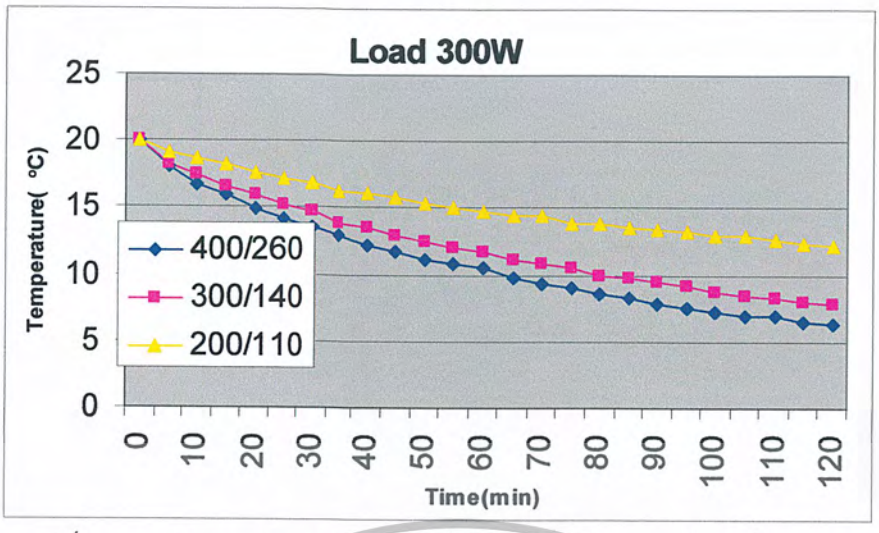


รูปที่ 4-22 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 100 Watt

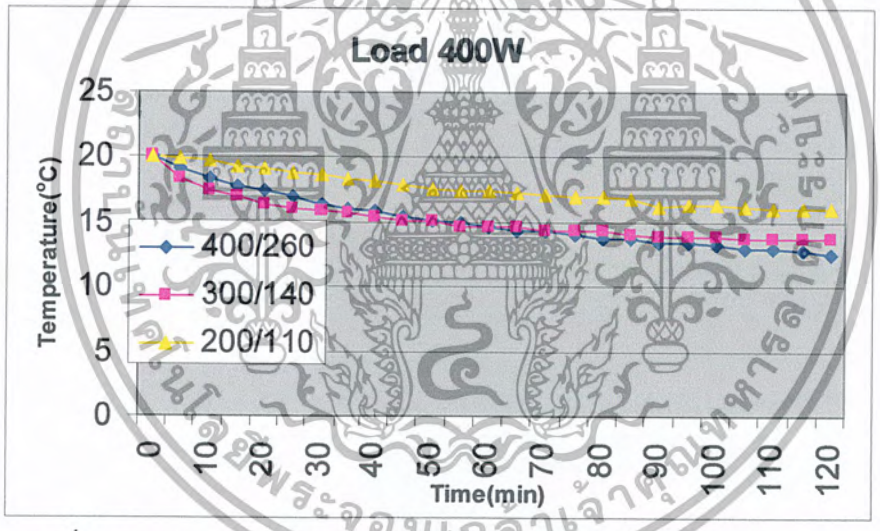


รูปที่ 4-23 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 200 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

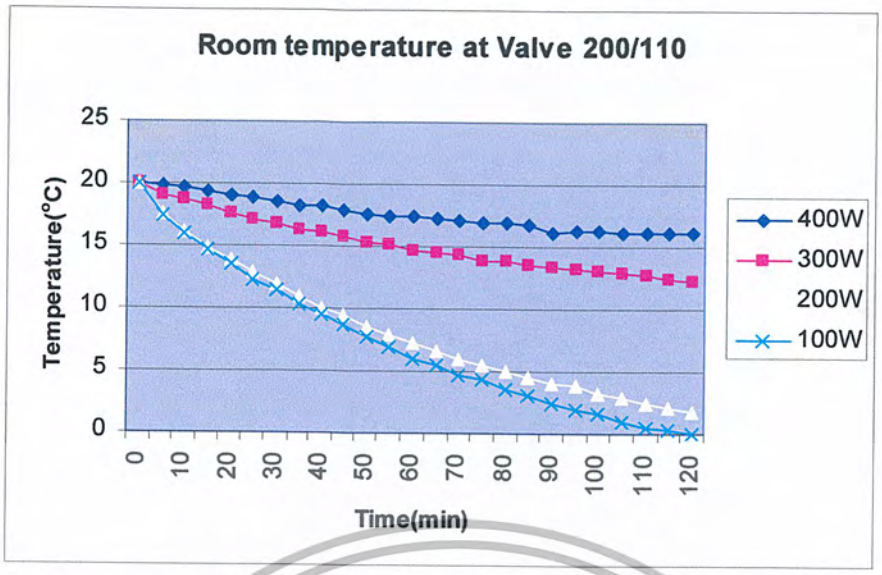


รูปที่ 4-24 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 300 Watt

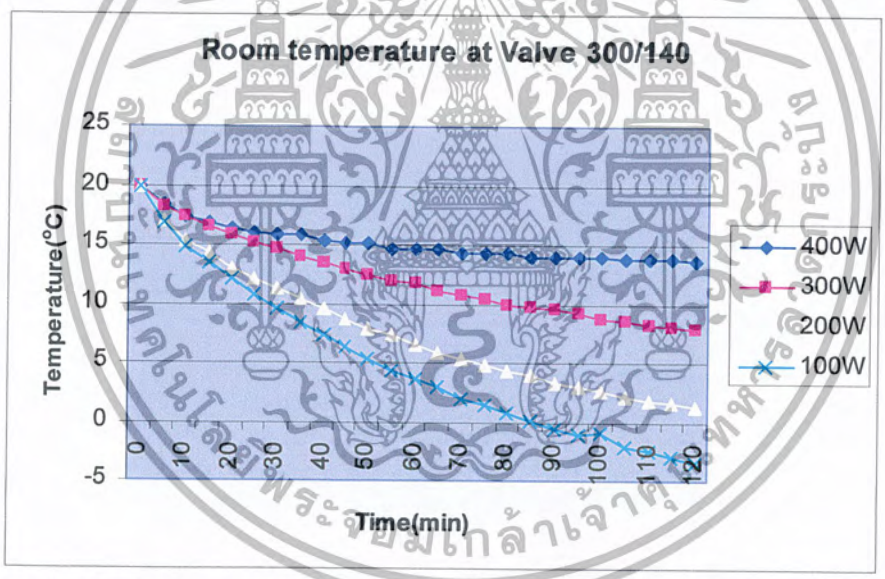


รูปที่ 4-25 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อให้ความร้อนกับระบบอย่างคงที่ 400 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

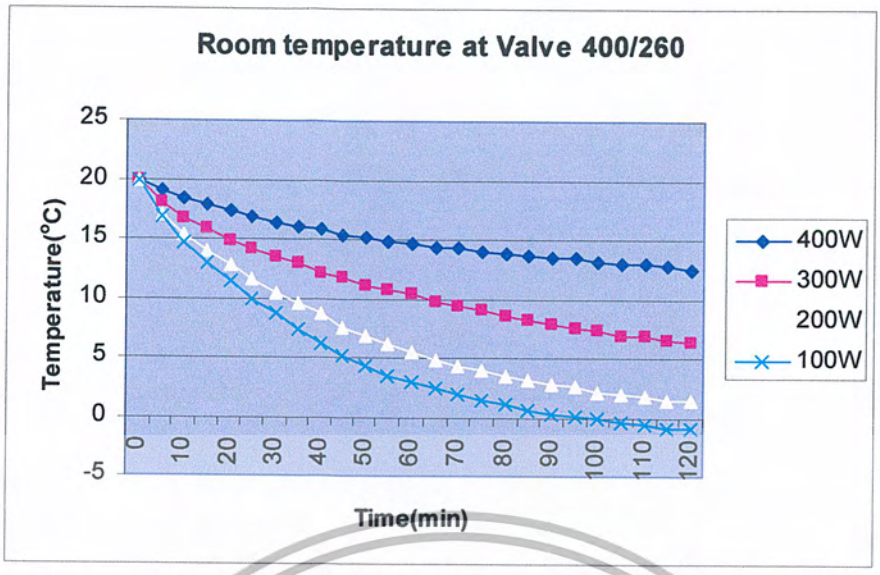


รูปที่ 4-26 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 200 step และวาล์วล่าง 110 step(เปิดวาล์วล่าง 38.83% และเปิดวาล์วบน 21.36%)



รูปที่ 4-27 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 300 step และวาล์วบน 140 step(เปิดวาล์วล่าง 58.25 % และเปิดวาล์วบน 27.18%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



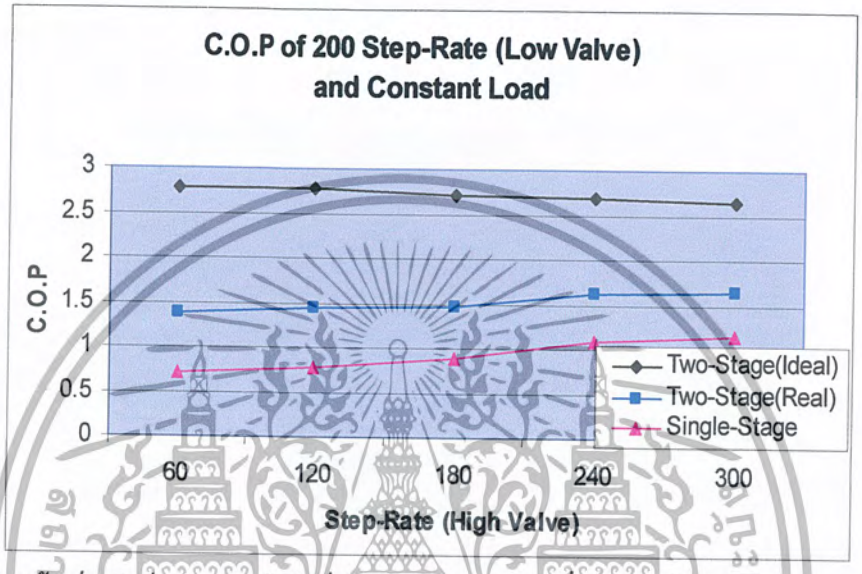
รูปที่ 4-28 กราฟแสดงการลดลงของอุณหภูมิเมื่อปรับวาล์วล่างที่ 400 step และวาล์วบน 260 step(เปิดวาล์วล่าง 77.67% และเปิดวาล์วบน 50.49%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

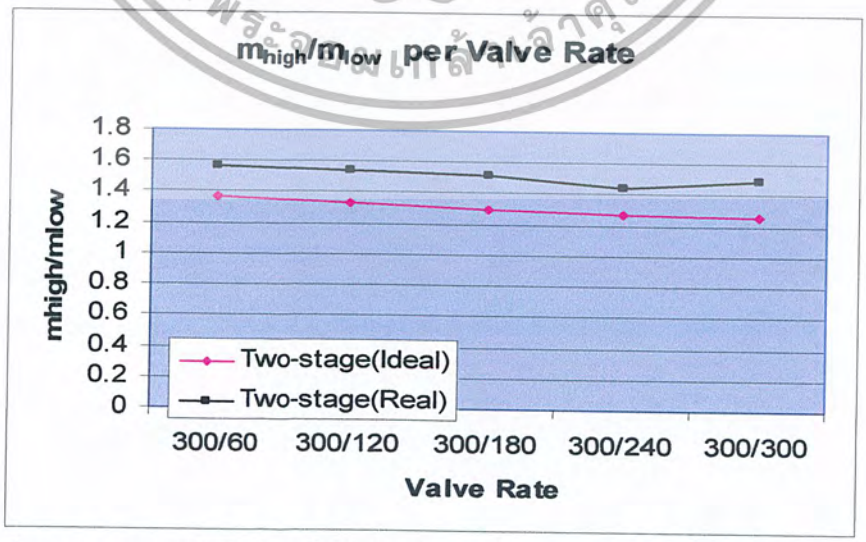
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง



รูปที่ 5-1 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมรรถนะของระบบที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆ

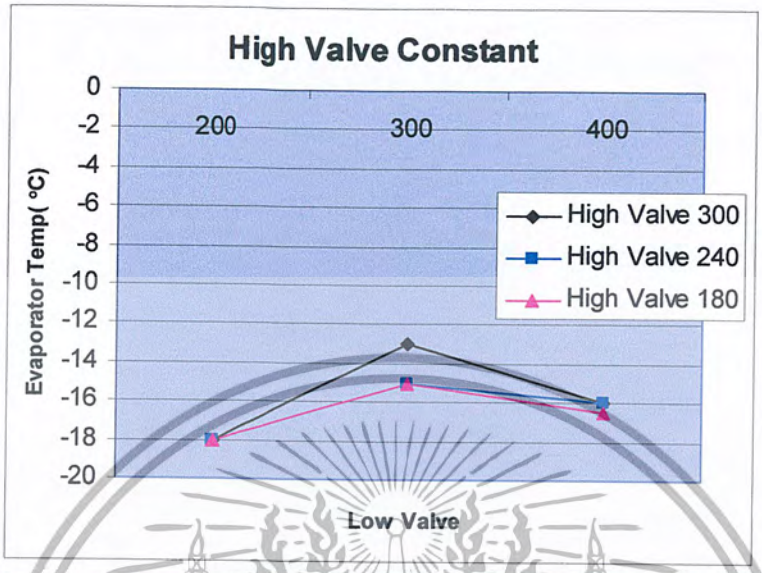
1. การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบที่สภาวะวาล์วต่างๆจากกราฟตัวอย่างข้างบน(รูปที่ 5-1) จะสังเกตเห็นว่าสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นสูงกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวในทุกกรณีที่ทดลอง



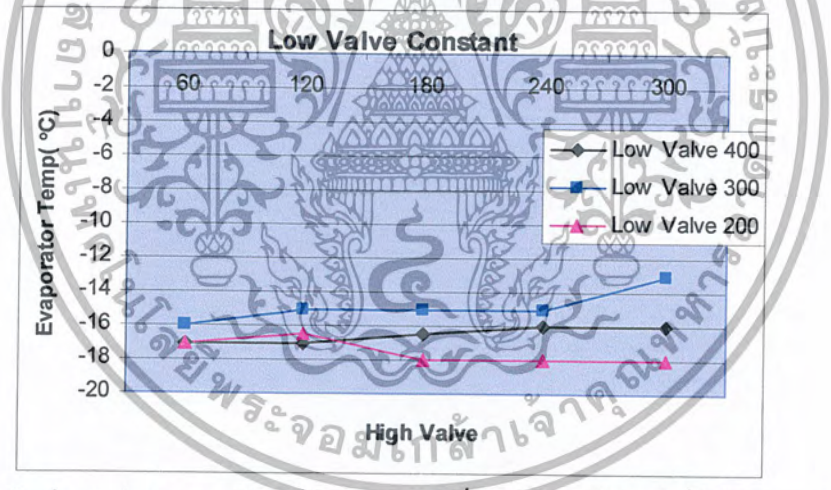
รูปที่ 5-2 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนอัตราการไหลของระบบที่สภาวะการปรับวาล์วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-1 และรูปที่ 5-2) เมื่อสัดส่วนของอัตราการไหลของสารทำความเย็นวัฏจักรความดันสูงและความดันต่ำที่สภาวะเดียวกันมีค่าลดลง ระบบจะมีสมรรถนะที่สูงขึ้น



รูปที่ 5-3 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์กับวาล์วที่วัฏจักรความดันต่ำ

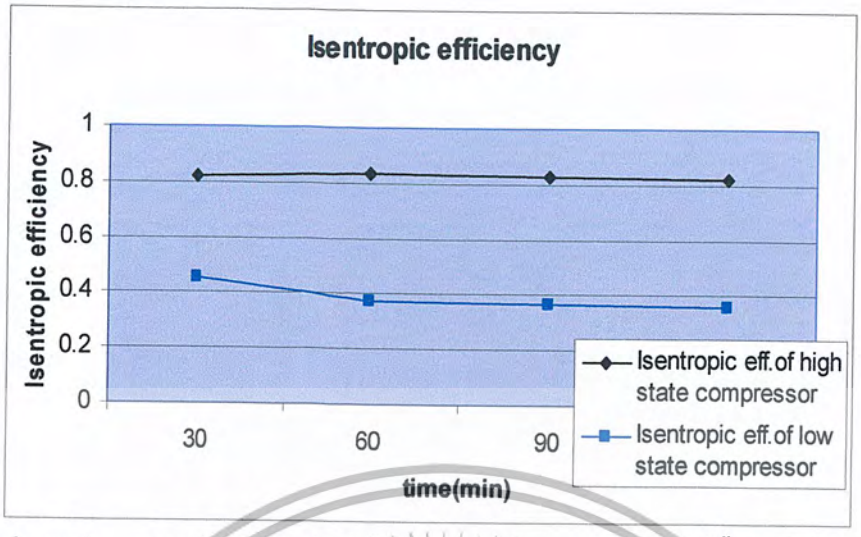


รูปที่ 5-4 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์กับวาล์วที่วัฏจักรความดันสูง

3.การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับวาล์วกับอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์จากกราฟตัวอย่าง (รูปที่ 5-3 และรูปที่ 5-4) พบว่าหากรักษาระดับการปรับวาล์วด้านความดันสูงเอาไว้แล้วปรับวาล์วด้านความดันต่ำจะมีผลต่ออุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์อย่างชัดเจน แต่พบว่าหากรักษาระดับการปรับวาล์วด้านความดันต่ำเอาไว้แล้วปรับวาล์วด้านความดันสูงจะพบว่าอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์แทบจะไม่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

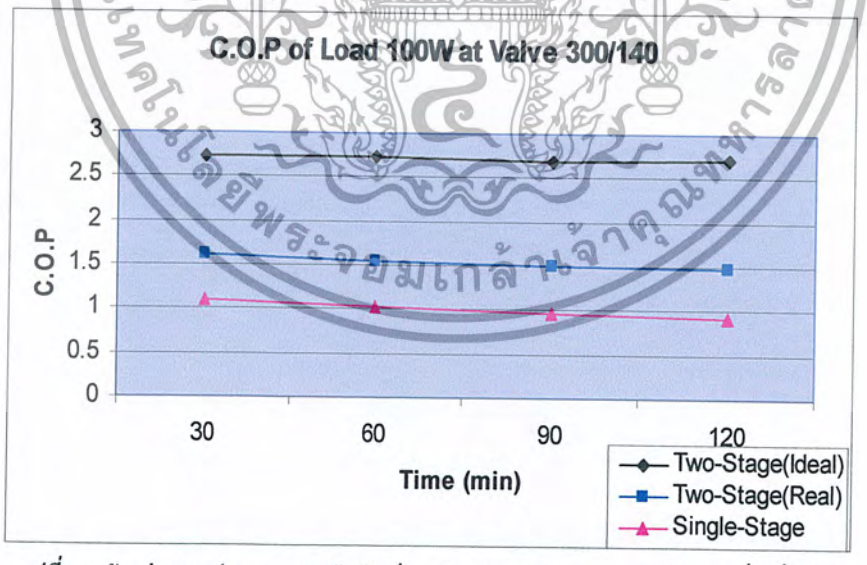
การวิเคราะห์ผลการทดลองส่วนที่สอง



รูปที่ 5-5 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ทั้งสองตัวกับเวลาที่เปลี่ยนไป

1. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-5) ค่า Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์วัฏจักรความดันต่ำมีค่าน้อยลง สาเหตุเกิดจากอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์ต่ำลงทำให้ผลต่างทางความดันระหว่างด้านทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์มีค่ามากขึ้น(ซึ่งหมายถึง การทำงานหนักขึ้นของ คอมเพรสเซอร์)

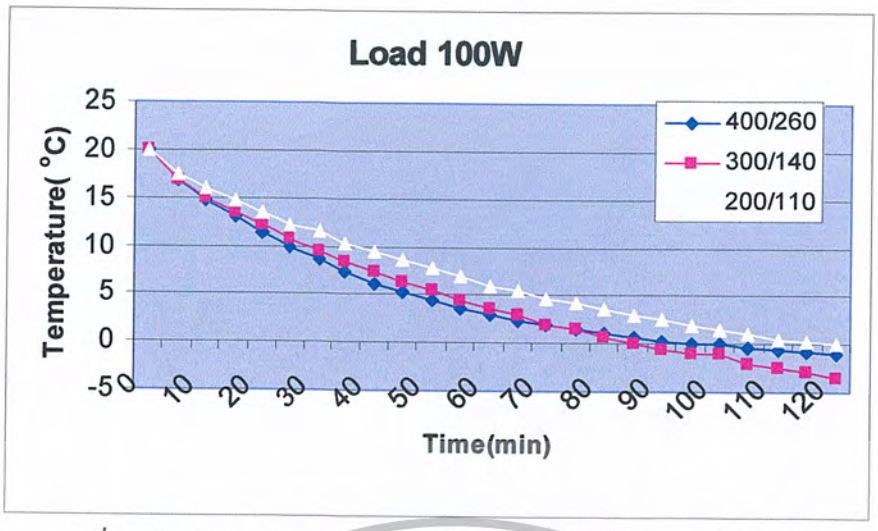
2. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-5) ค่า Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ที่วัฏจักรความดันสูงจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอีวาพอเรเตอร์น้อยมาก



รูปที่ 5-6 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของระบบกับเวลาที่เปลี่ยนไป

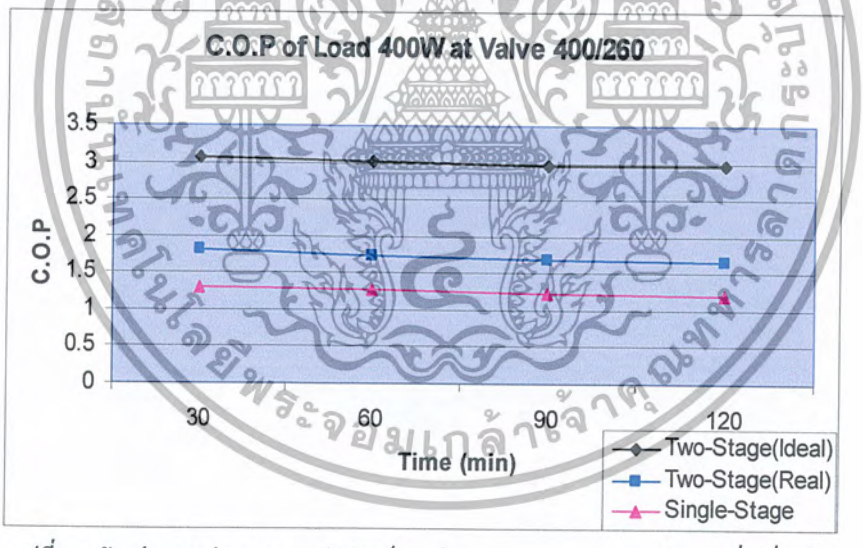
3. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-6) เมื่ออุณหภูมิของอีวาพอเรเตอร์ลดต่ำลงมากเท่าใด(เนื่องจากเวลาผ่านไปนาน)สมรรถนะของระบบก็จะต่ำลงด้วย เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ที่วัฏจักรความดันต่ำทำงานหนักขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-7 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องกับเวลาที่เปลี่ยนไป

4. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-7) ไม่ว่าจะให้ความร้อนเท่าใดภายในห้อง(100 Watt , 200 Watt , 300 Watt หรือ 400 Watt) การปรับวาล์ว 400/260 step จะลดอุณหภูมิห้องได้เร็วกว่าการปรับวาล์วแบบอื่นในช่วงแรก เนื่องจากมีอัตราการไหลของสารทำความเย็นมากที่สุด



รูปที่ 5-8 ตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของระบบกับเวลาที่เปลี่ยนไป

5. จากกราฟตัวอย่าง(รูปที่ 5-8) จะพบว่าเมื่อให้โหลดโดยหลอดไฟเท่ากับ 100 Watt , 200 Watt , 300 Watt หรือ 400 Watt จะได้ค่าสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นจริงและค่าสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวจะมีค่ามากสุดที่การปรับวาล์วแบบ 400/260

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 สรุปผลการทดลอง

1. ระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้นมีสมรรถนะสูงกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดขั้นเดียวแทบทุกกรณี โดยจะมีค่าสมรรถนะสูงสุดในขณะที่ควบคุมความดันที่ Mixing Chamber ให้มีค่าใกล้เคียงกับรากที่สองของผลคูณของความดันระหว่าง ความดันสัมบูรณ์ที่อีวาพอเรเตอร์ กับ ความดันสัมบูรณ์ที่คอนเดนเซอร์

2. ถ้าหากอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์ลดต่ำลงจะทำให้ผลต่างทางความดันระหว่างด้านทางเข้าและทางออก ของคอมเพรสเซอร์มีค่ามากขึ้นซึ่งจะทำให้ค่า Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ตัวล่างลดลง ทำให้ C.O.P ลดลงด้วย แต่ค่า Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ตัวบนแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย

3. การปรับวาล์วแบบเปิดกว้างทั้งตัวบนและตัวล่าง จะทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำมากไม่ได้และมี Refrigerating Effect (kJ/kg) ต่ำ แต่จะมี Ton of Refrigeration มาก

4. หากต้องการเพิ่มสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบอัดสองขั้น จะต้องลดสัดส่วนระหว่างอัตราการไหลโดยมวลของสารทำความเย็นวัฏจักรความดันสูงและความดันต่ำ (m_{high} / m_{low}) ให้เข้าใกล้ทฤษฎีมากขึ้น

5. การปรับวาล์วที่วัฏจักรความดันต่ำมีผลต่ออุณหภูมิที่ทำความเย็นมากกว่าค่าสมรรถนะของระบบเนื่องจากวาล์วที่วัฏจักรความดันต่ำเป็นวาล์วที่ใช้ควบคุมปริมาณการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าสู่อีวาพอเรเตอร์โดยตรง แต่วาล์วที่วัฏจักรความดันสูงมีผลต่อสมรรถนะของระบบมากกว่าอุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์เนื่องจากวาล์วที่วัฏจักรความดันสูงเป็นวาล์วที่ใช้ควบคุมปริมาณการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าสู่ Mixing Chamber เพื่อที่จะระบายความร้อนให้กับวัฏจักรความดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. สมรรถนะของระบบจริงยังน้อยกว่าการอัดแบบ Isentropic (Isentropic efficiency เท่ากับ 1) อยู่มากโดยเฉพาะที่คอมเพรสเซอร์วัฏจักรความดันต่ำ ซึ่งถ้าหากว่า Isentropic efficiency ของคอมเพรสเซอร์ตัวนี้สูงขึ้นเป็น 0.8 (ขณะนี้ประมาณ 0.4) จะทำให้สมรรถนะสูงขึ้นอีกประมาณ 30-40 % เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ตัวนี้เป็นของที่มีอยู่ก่อน ดังนั้นหากเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์ก็จะได้สมรรถนะที่สูงขึ้น

2. หากเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ให้มากขึ้นจะสามารถลดอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่วัฏจักรความดันสูงได้ และจะทำให้สัดส่วนระหว่างอัตราการไหลของสารทำความเย็นวัฏจักรความดันสูงและความดันต่ำลดลง ดังนั้นค่าสมรรถนะจะสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง (ชุดที่ 1)

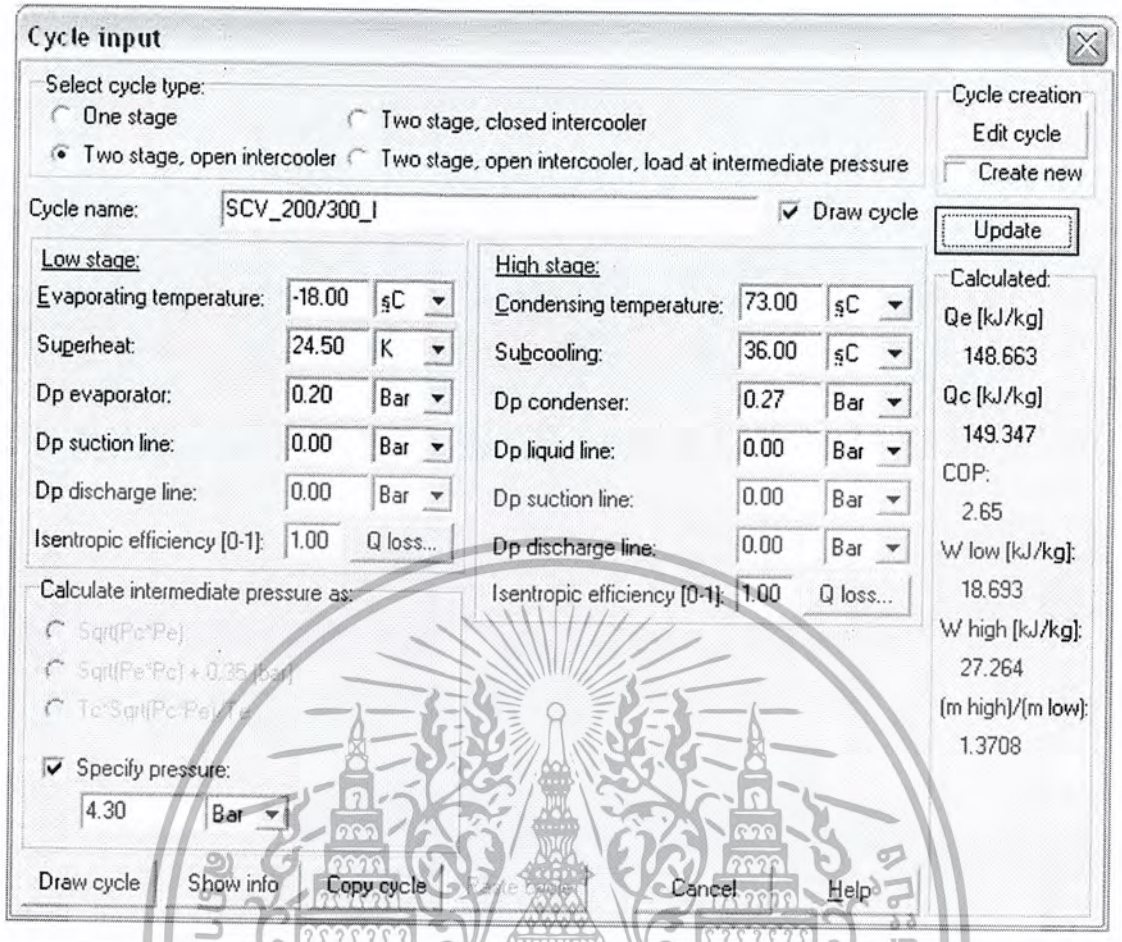
ผลการทดลองการศึกษาสมรรถนะของระบบเมื่อปรับวาล์วที่สภาวะต่างๆกันโดยที่มีสภาวะการปรับวาล์วแบบวาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 300step , 240 step , 180 step , 120 step , 60 step ตามลำดับ

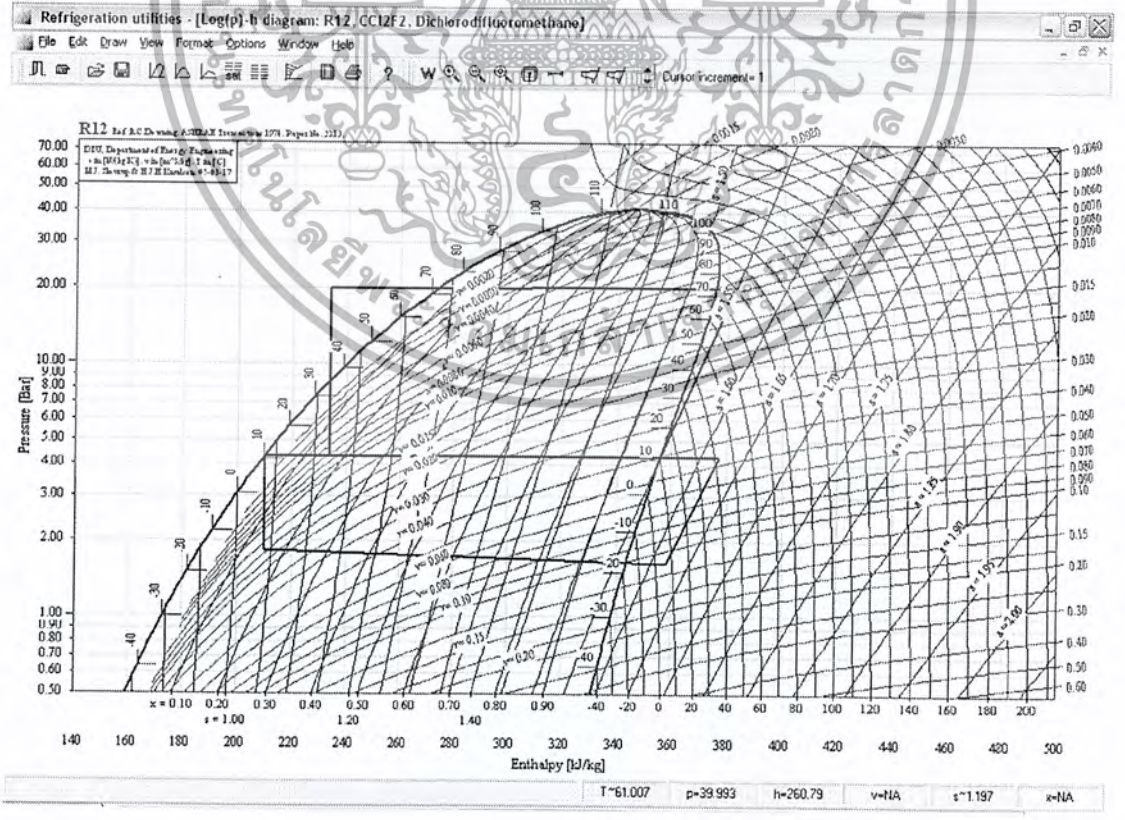
(หมายเหตุ: SCV_200/300_I คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง

SCV_200/300_R คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริง

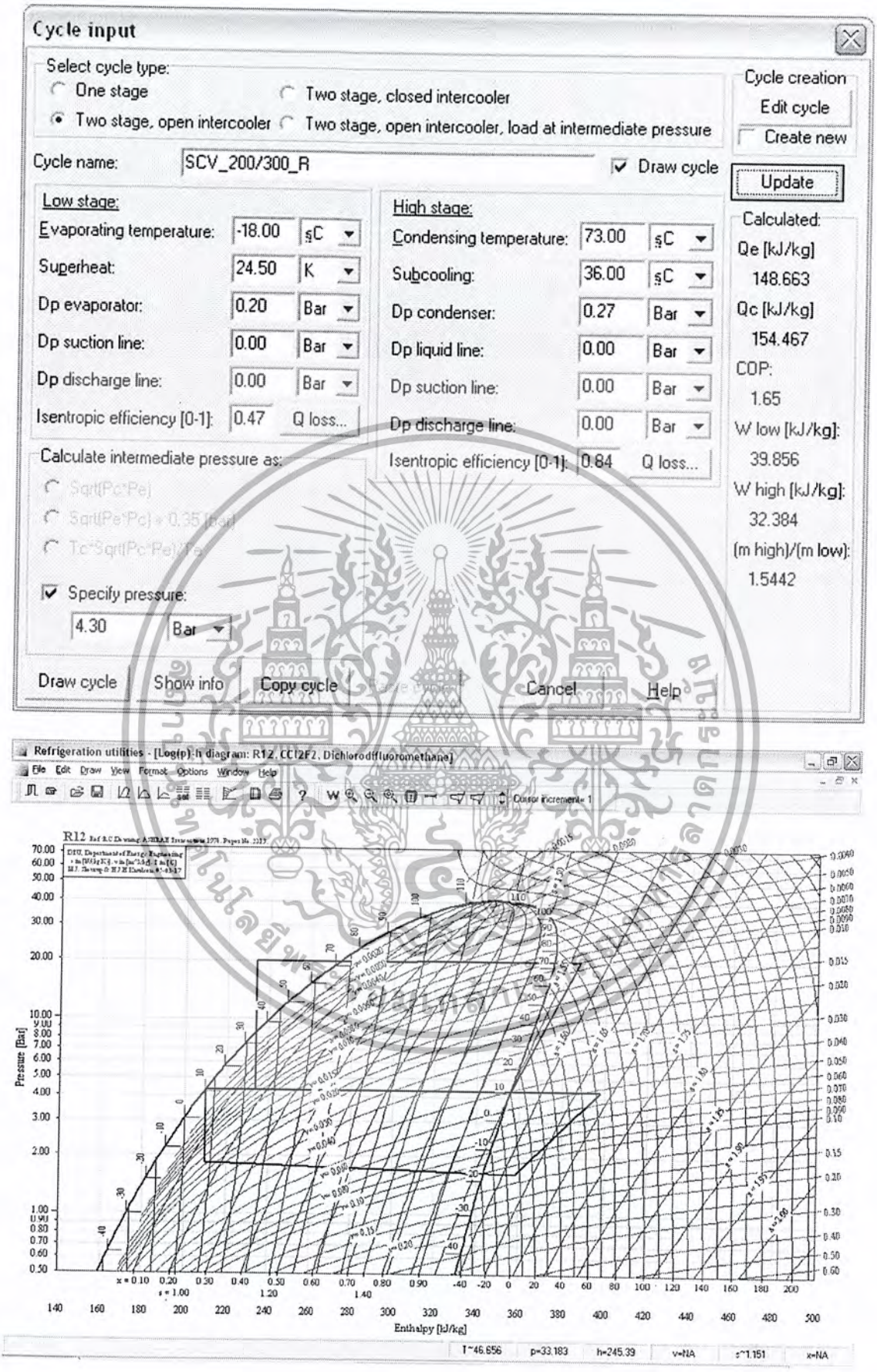
SCV_200/300_S คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

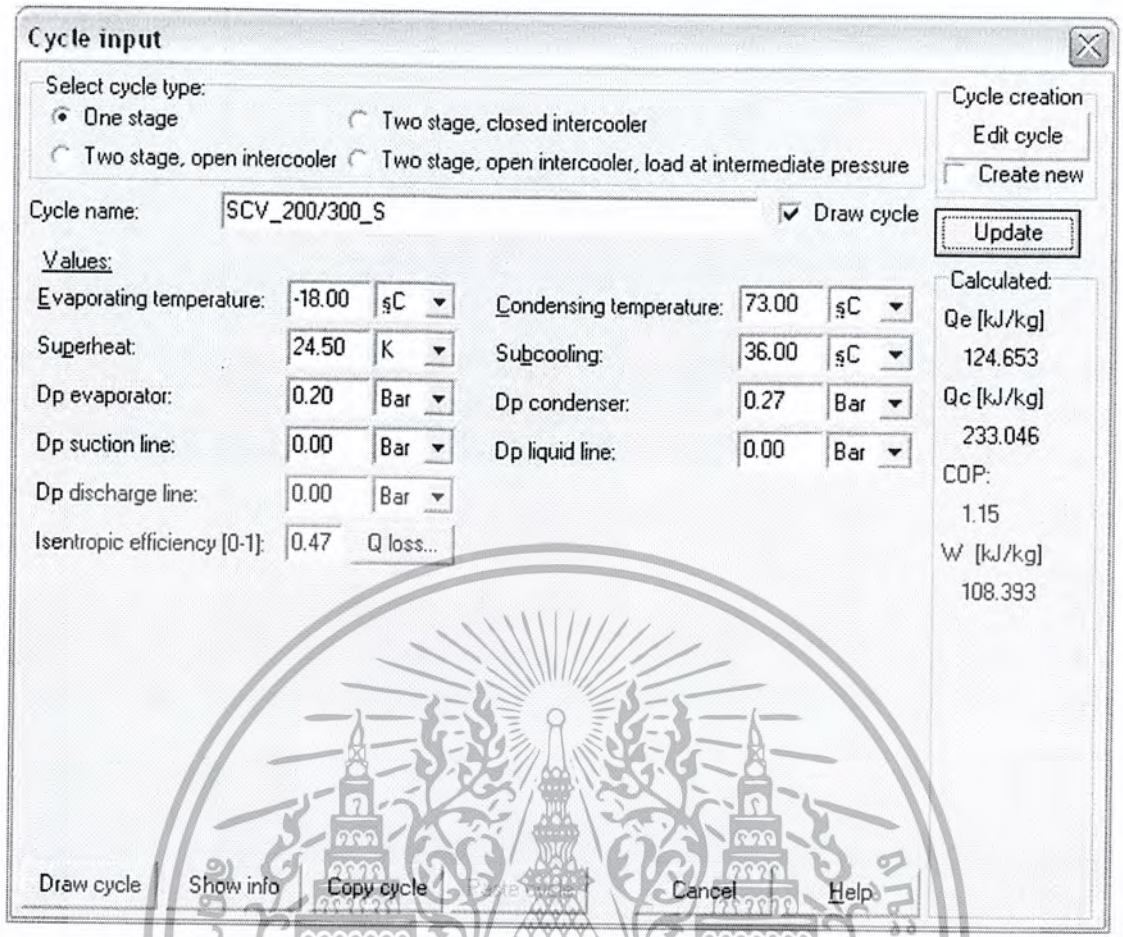


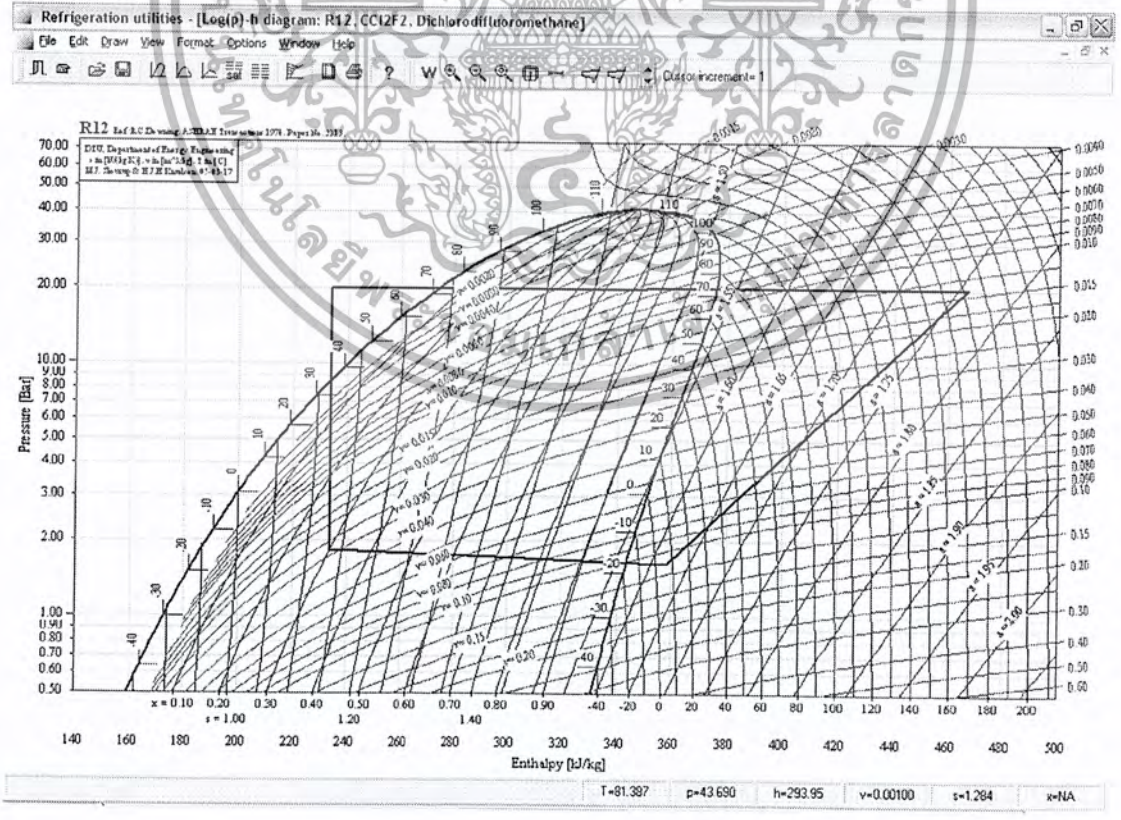


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง (ชุดที่ 2)

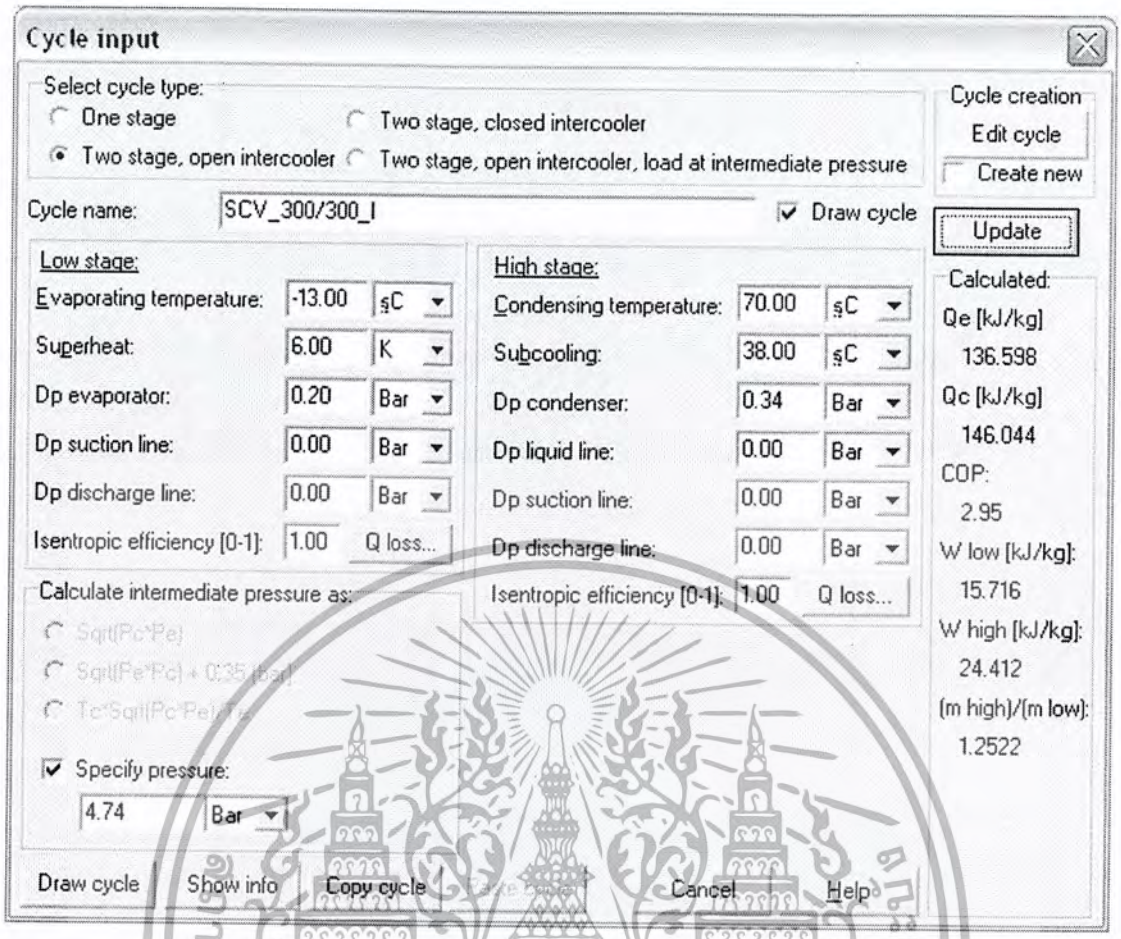
ผลการทดลองการศึกษาสมรรถนะของระบบเมื่อปรับวาล์วที่สภาวะต่างๆกันโดยที่มีสภาวะการปรับวาล์วแบบวาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 300step , 240 step , 180 step , 120 step , 60 step ตามลำดับ

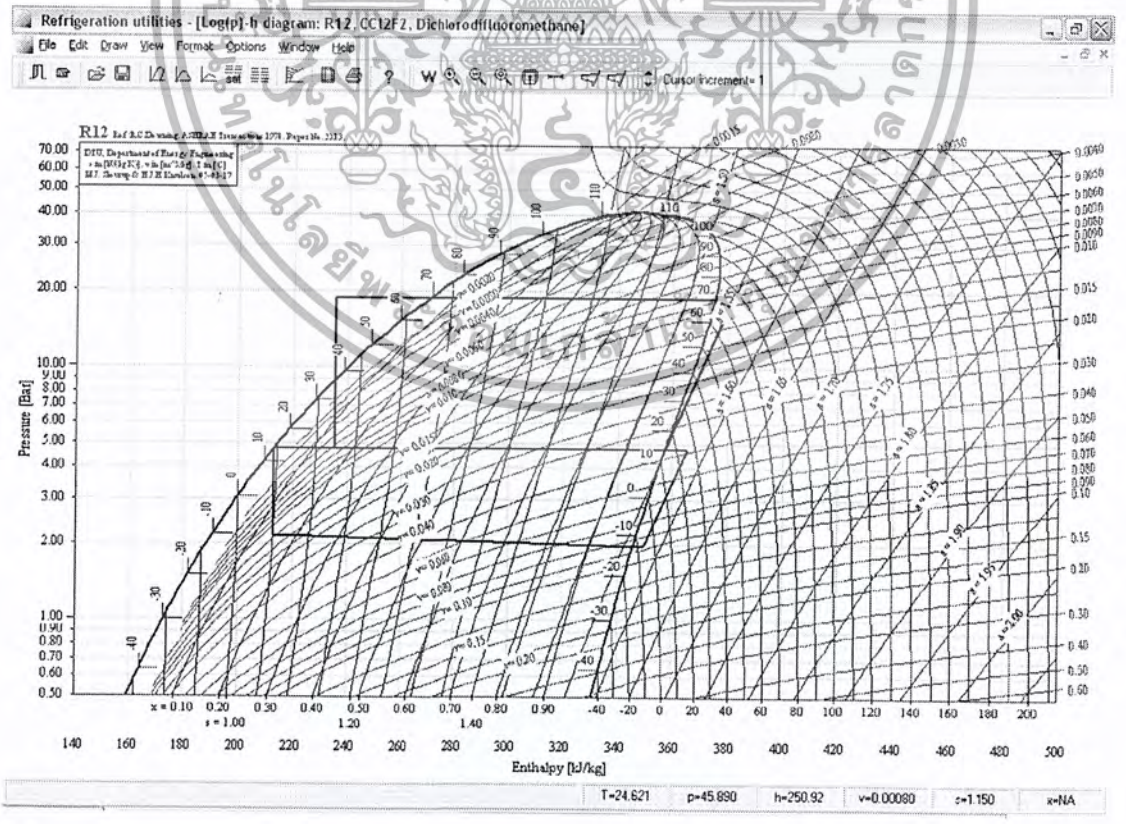
(หมายเหตุ: SCV_300/300_I คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง

SCV_300/300_R คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริง

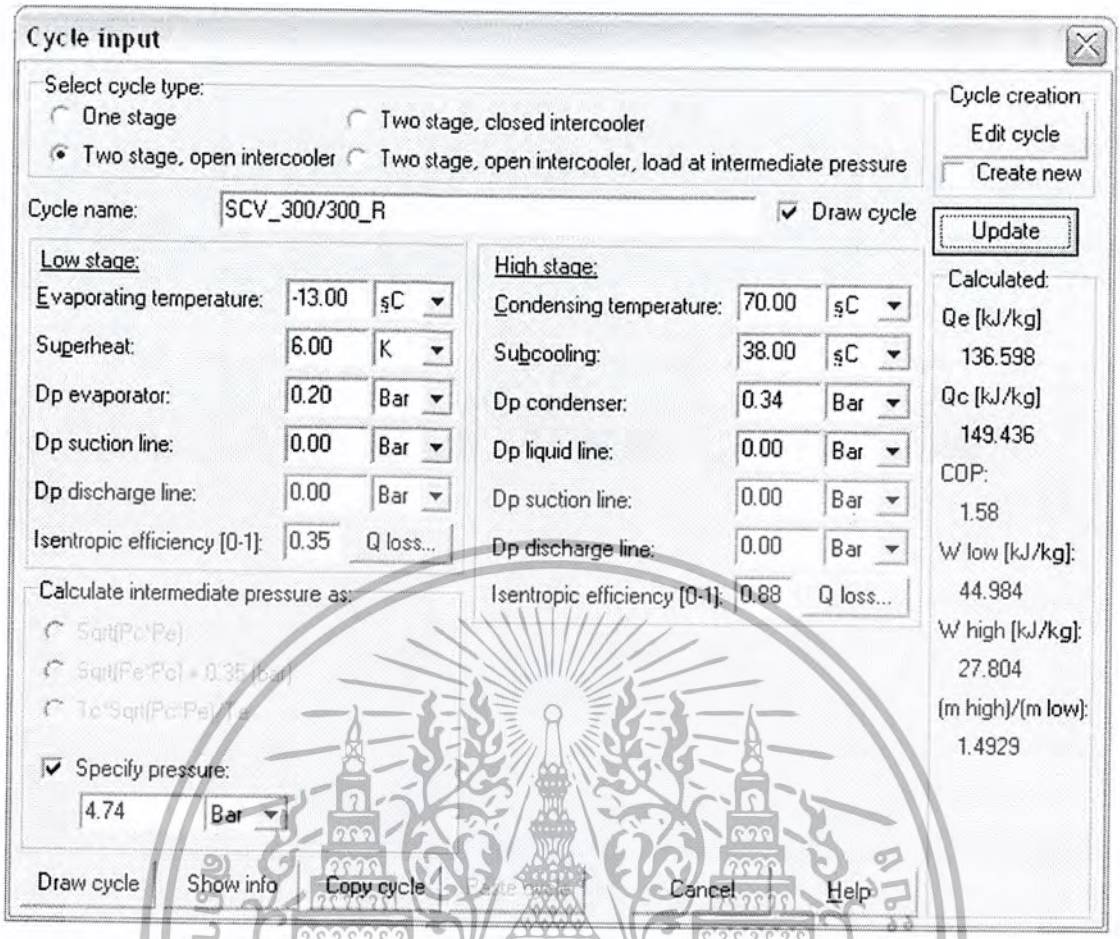
SCV_300/300_S คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำ)

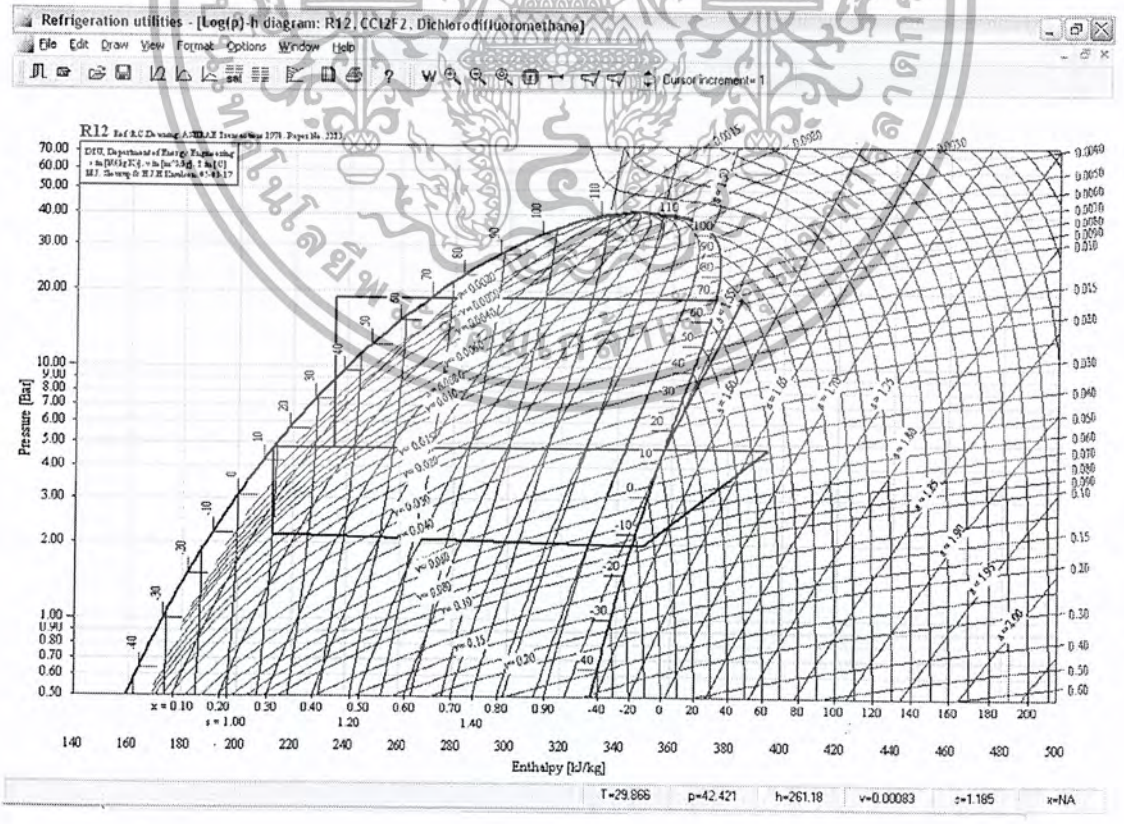
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



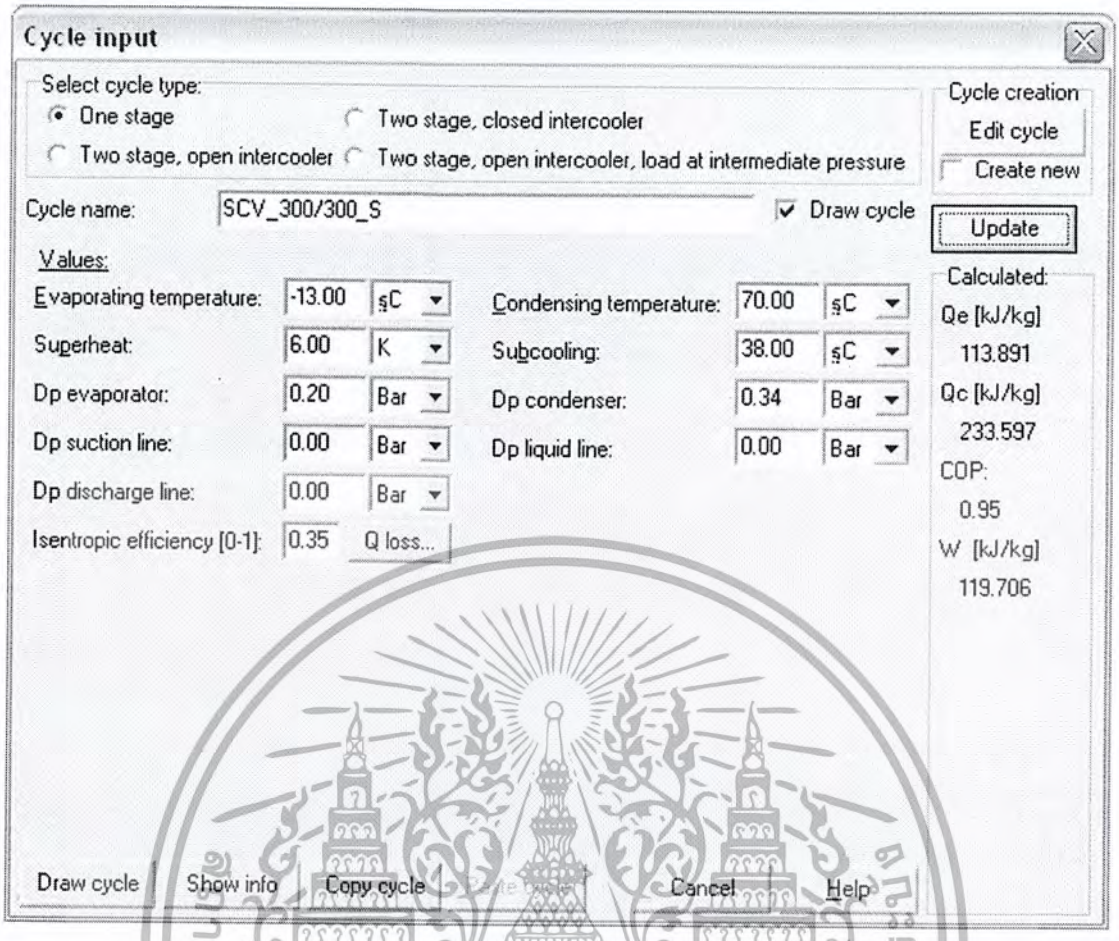


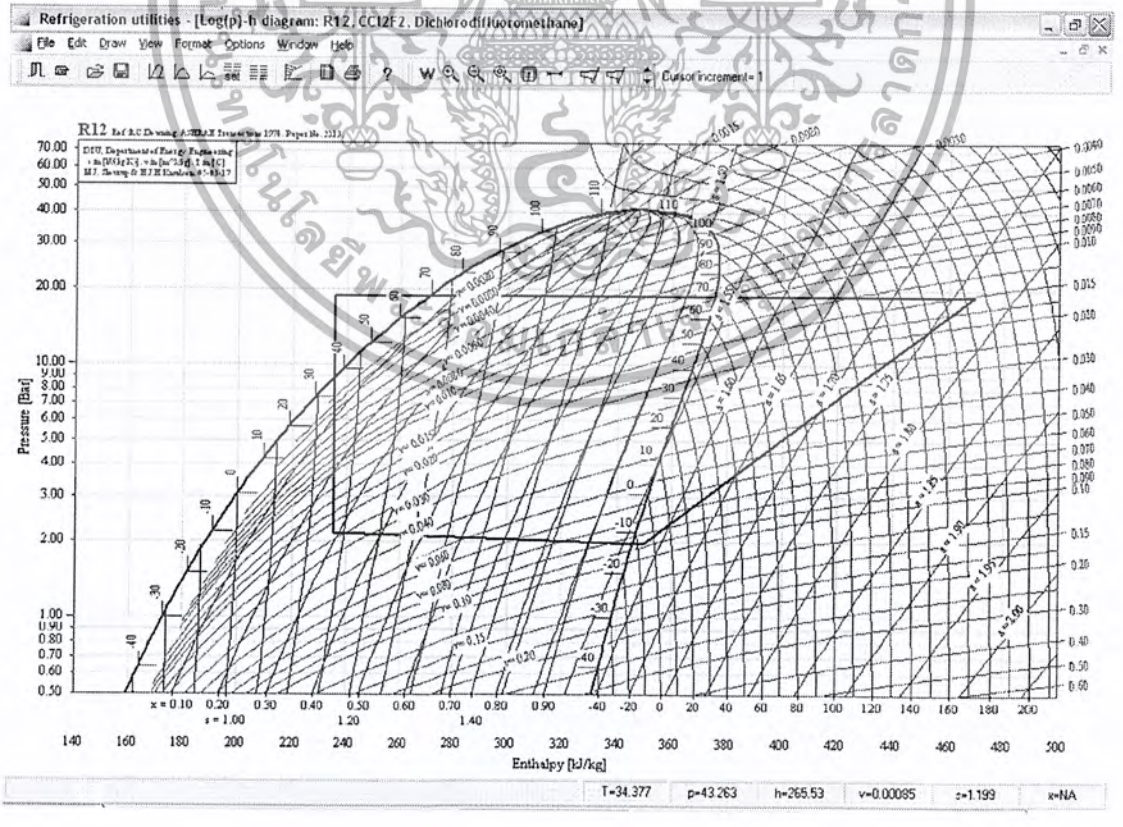
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่หนึ่ง (ชุดที่ 3)

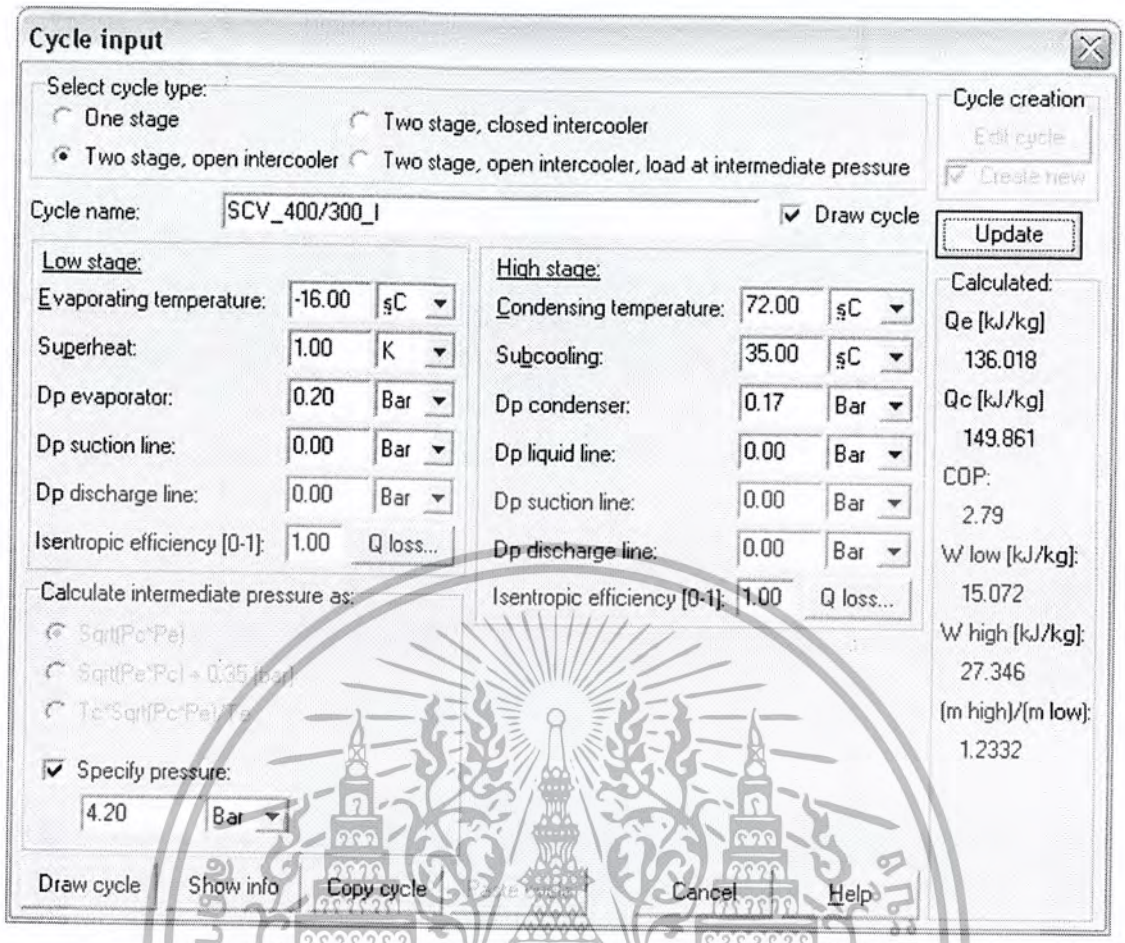
ผลการทดลองการศึกษาสมรรถนะของระบบเมื่อปรับวาล์วที่สภาวะต่างๆกันโดยที่มีสภาวะการปรับวาล์วแบบวาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 300step , 240 step , 180 step , 120 step , 60 step ตามลำดับ

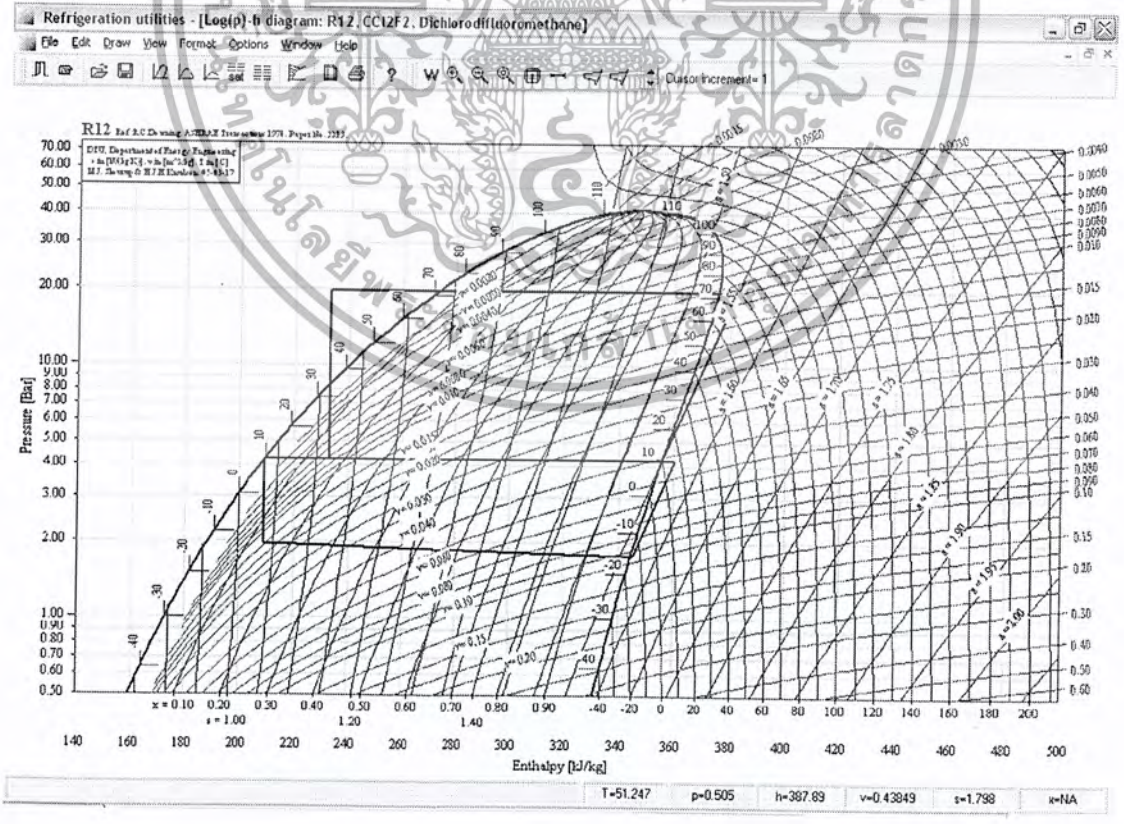
(หมายเหตุ: SCV_400/300_I คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง

SCV_400/300_R คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน300 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริง

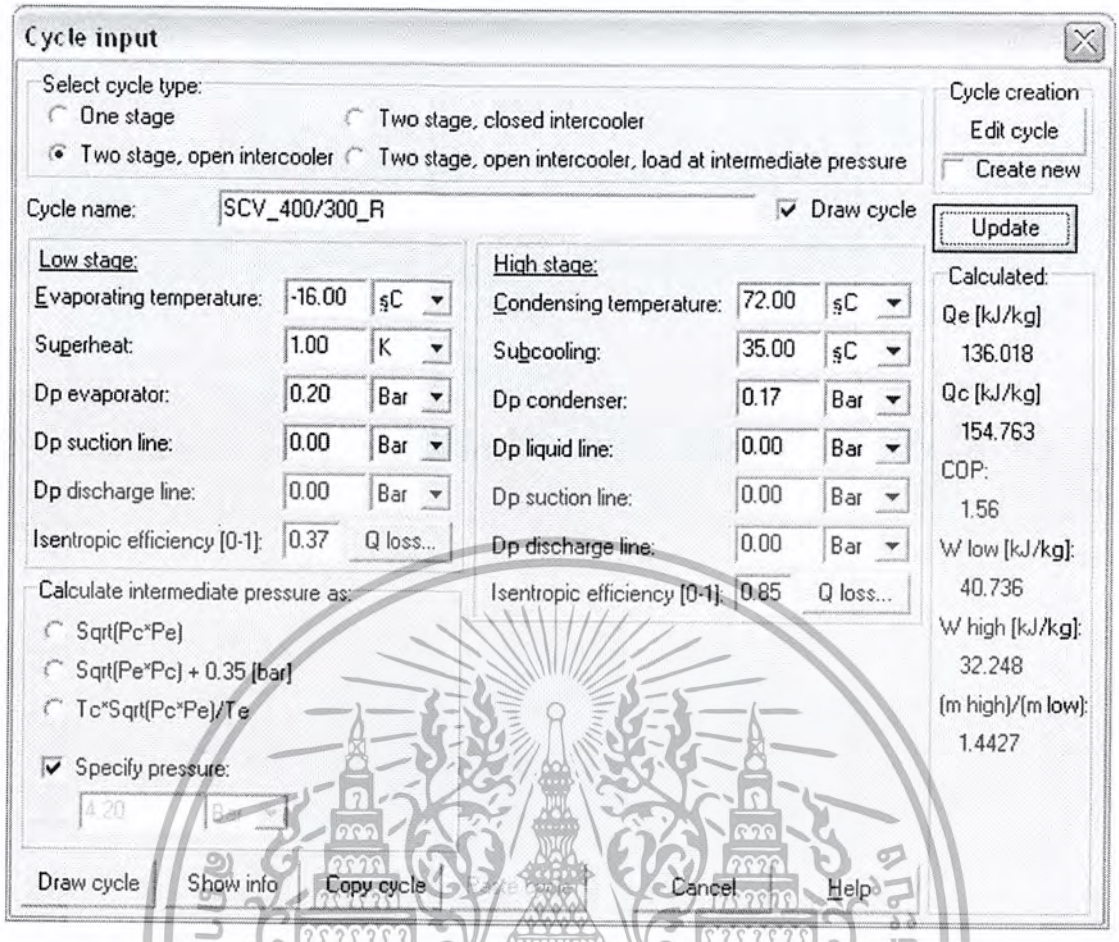
SCV_400/300_S คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำ)

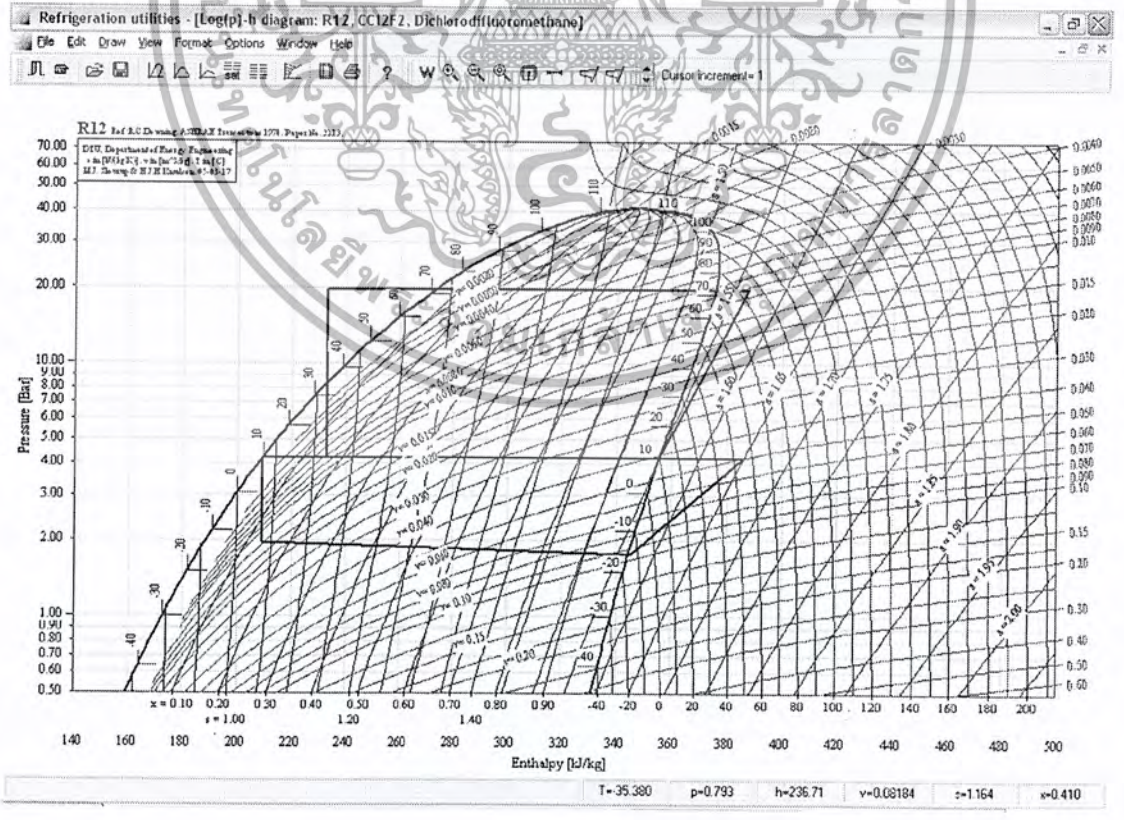
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



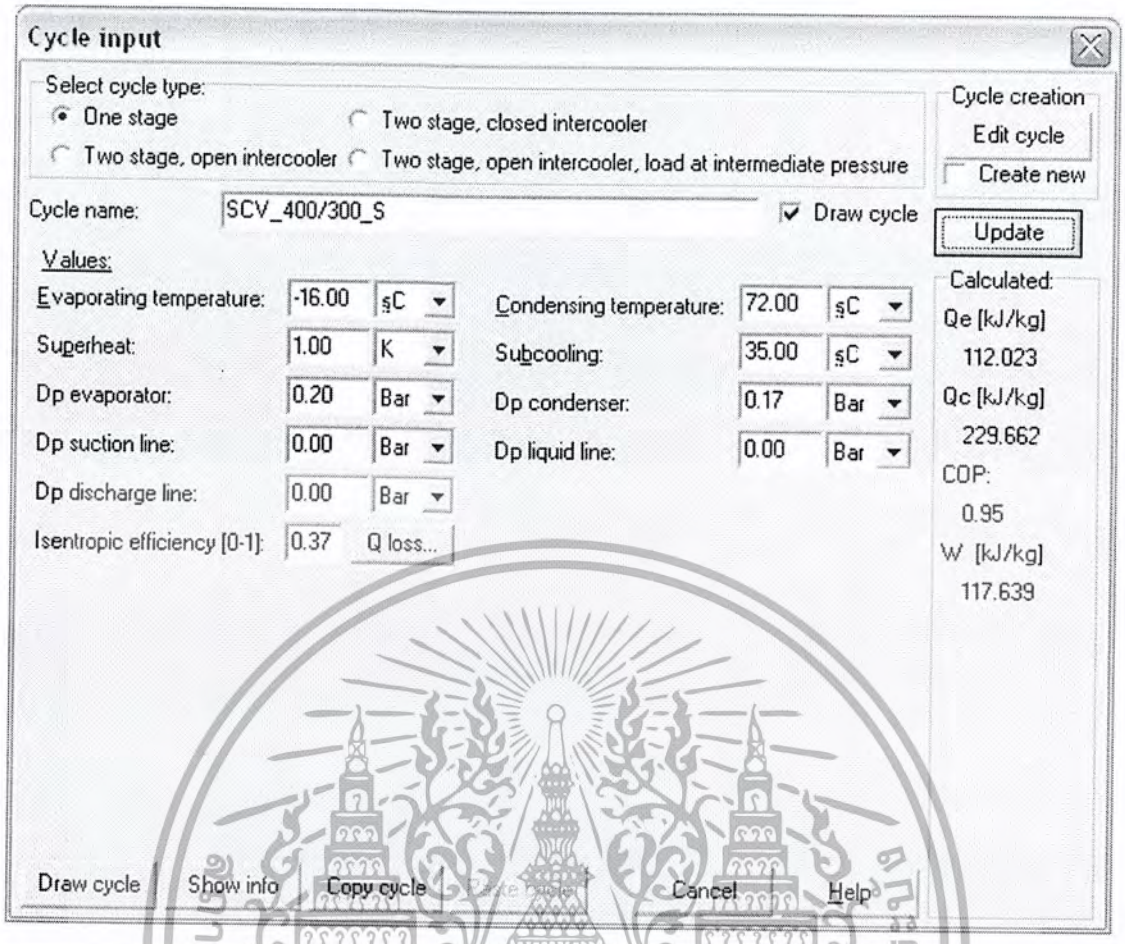


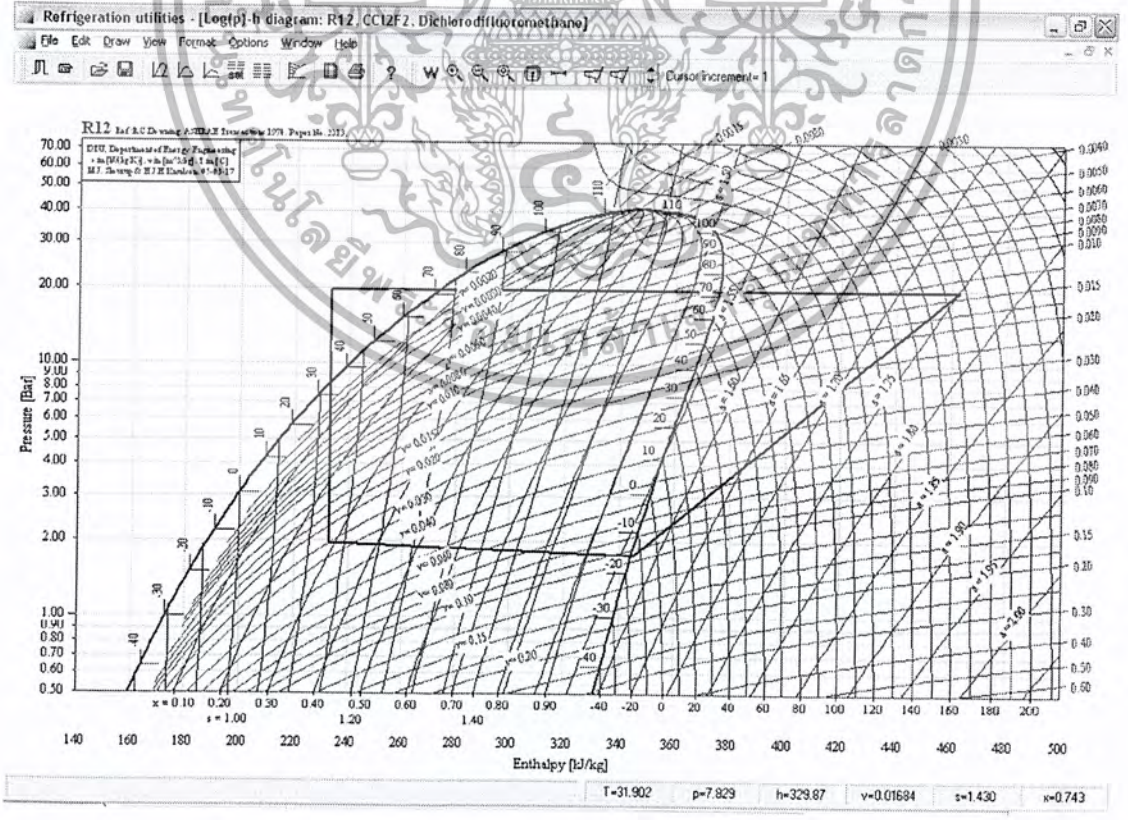
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 1)

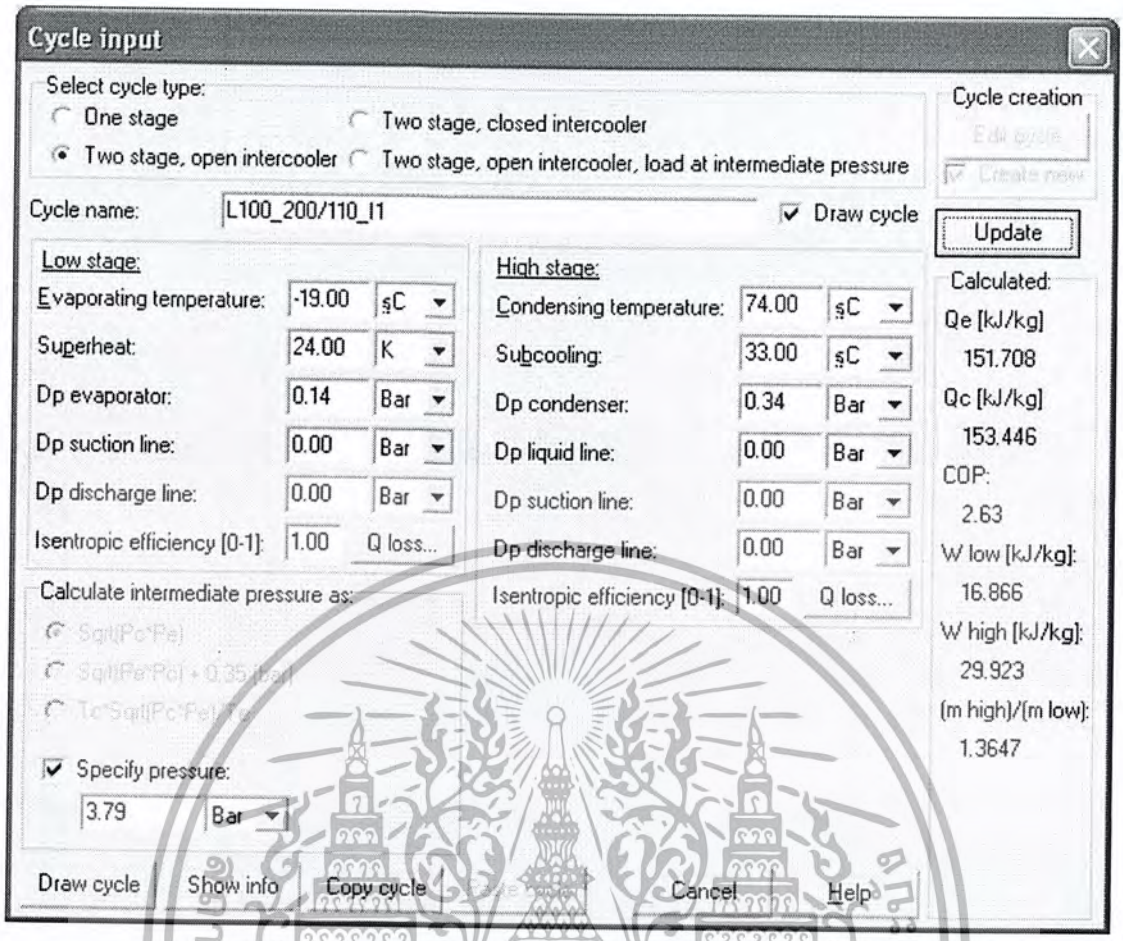
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt

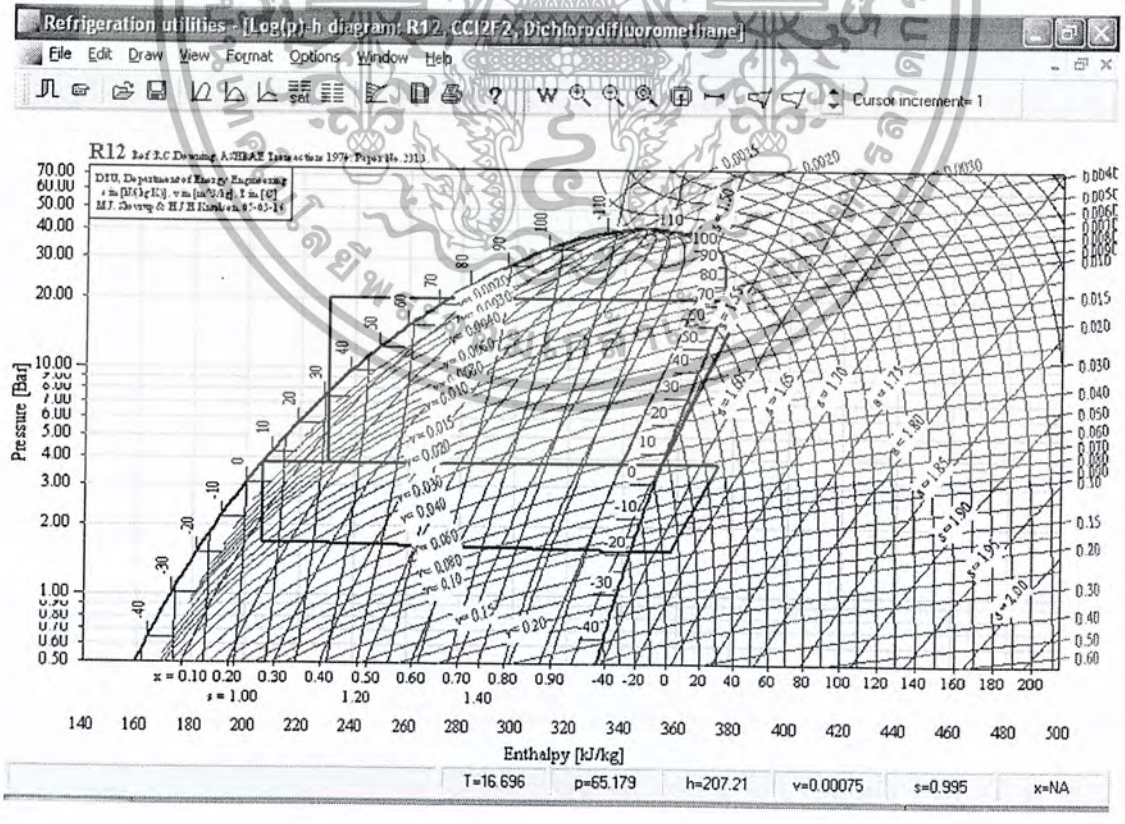
(หมายเหตุ: L100_200/110_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L100_200/110_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

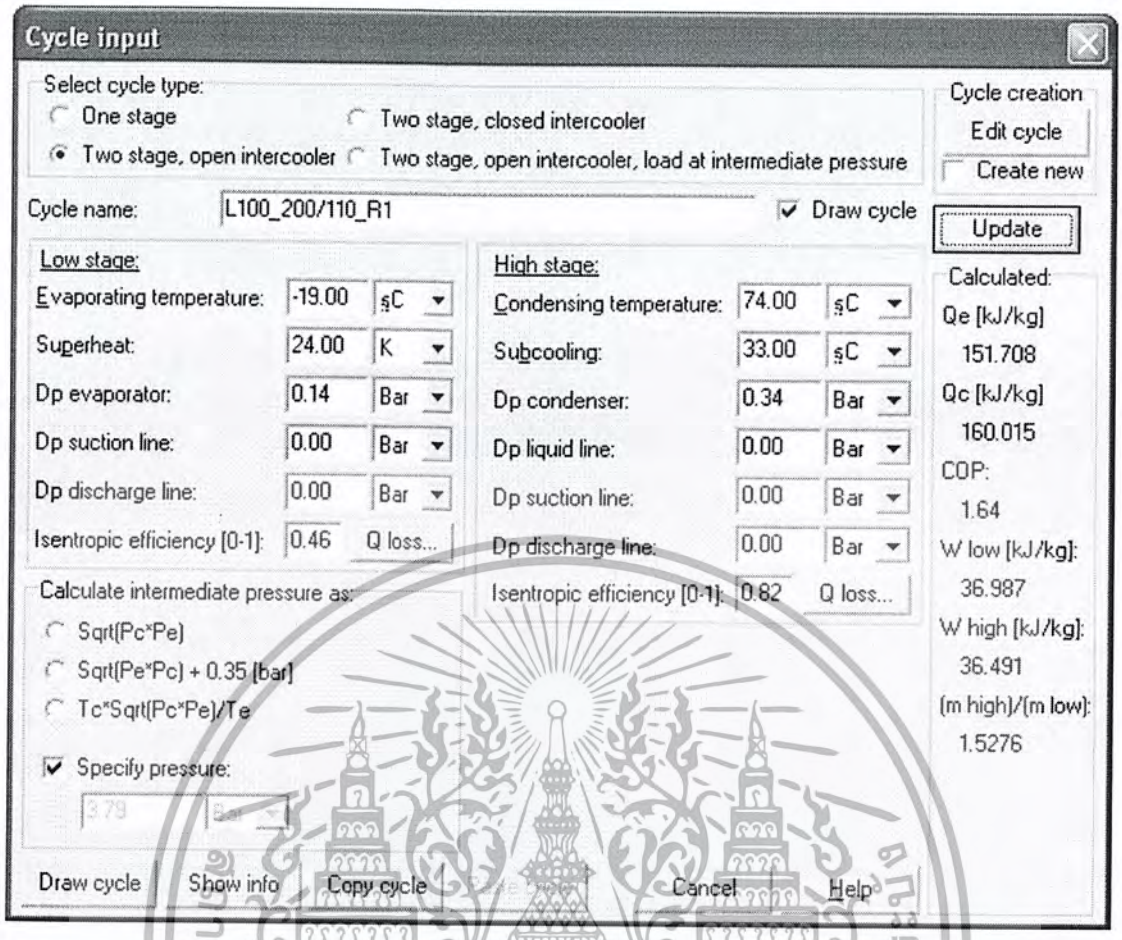
L100_200/110_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

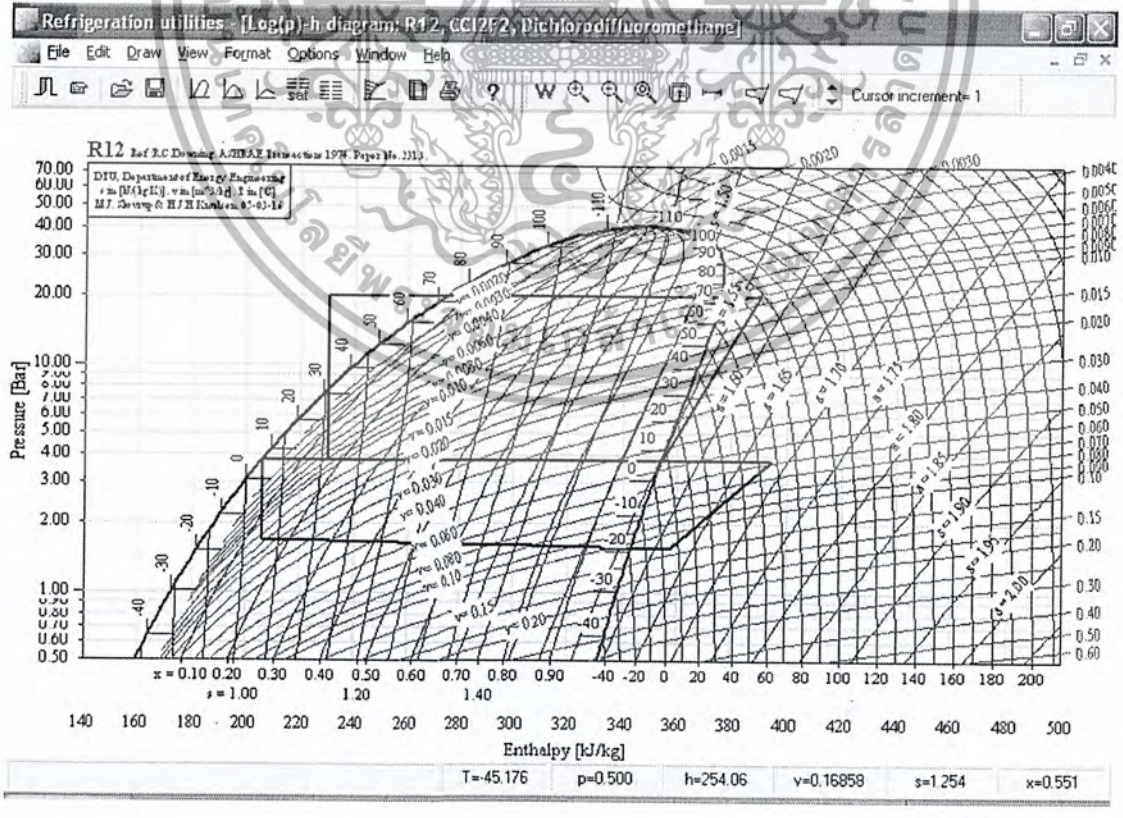
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



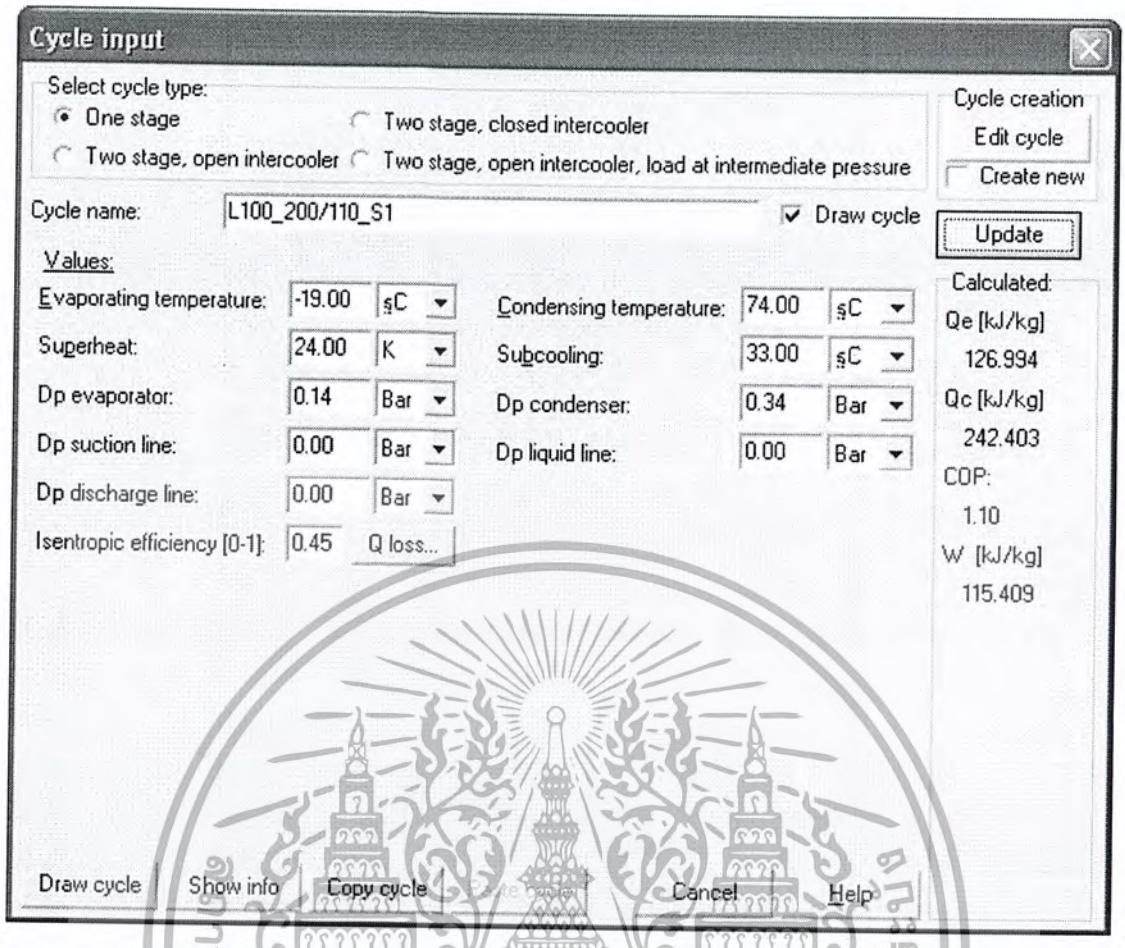


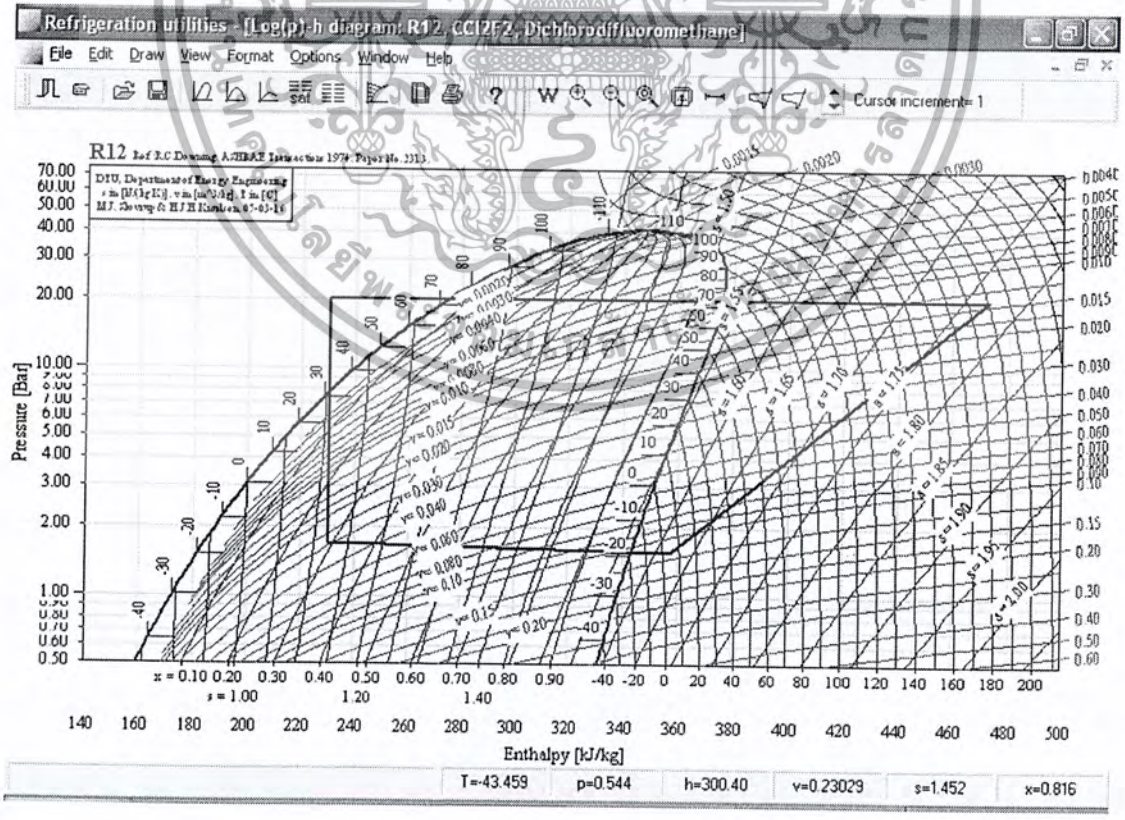
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 2)

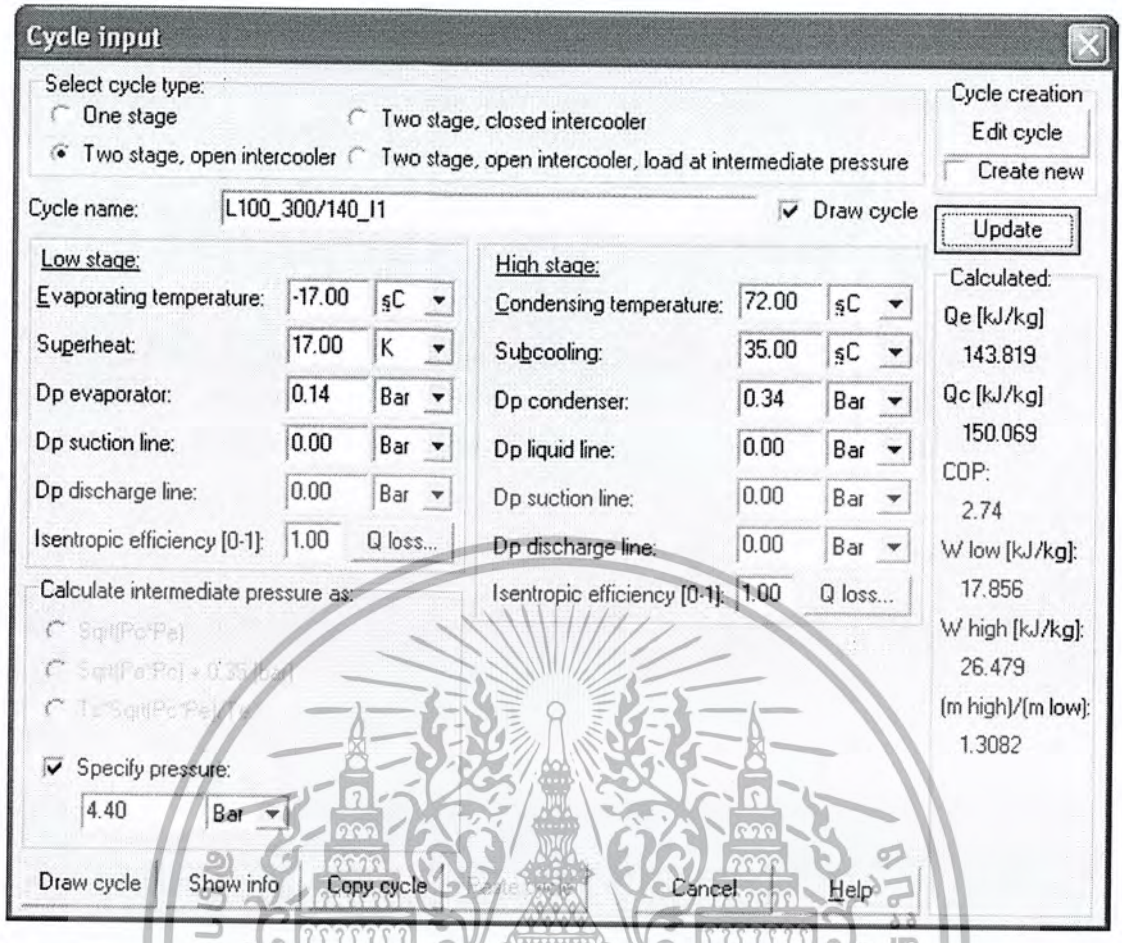
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt

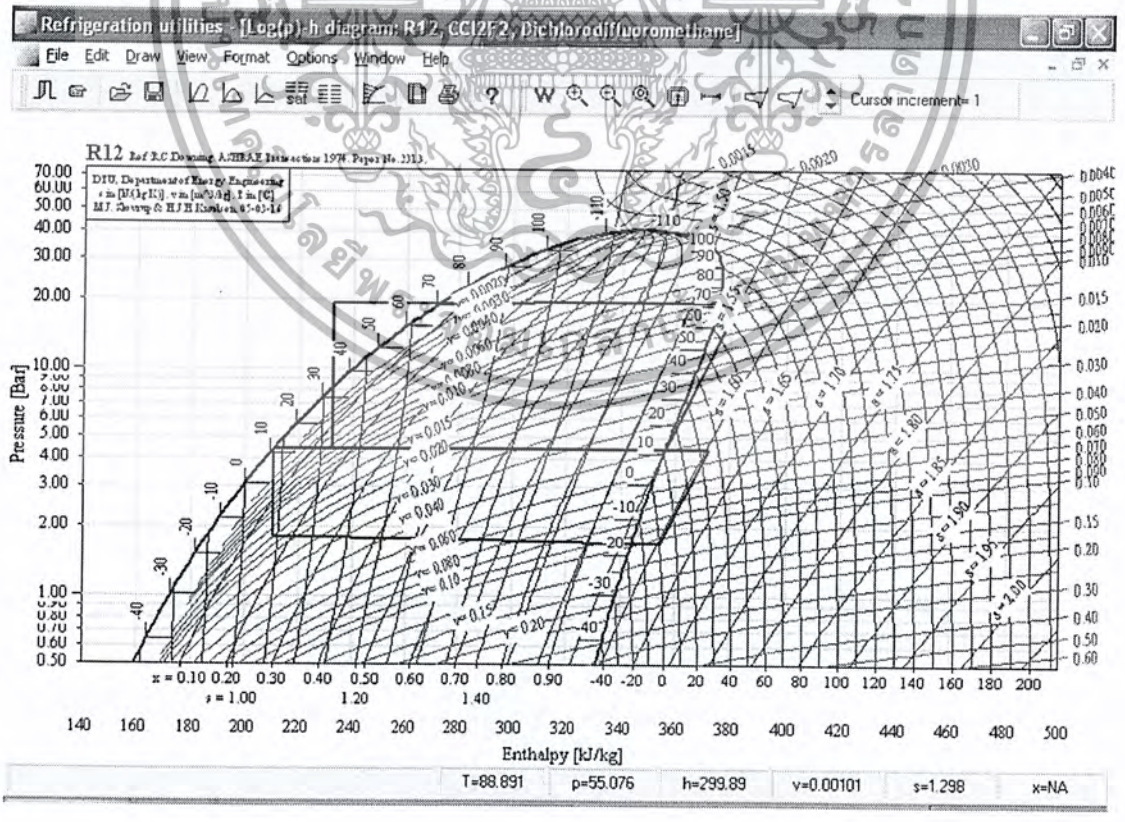
(หมายเหตุ: L100_300/140_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L100_300/140_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

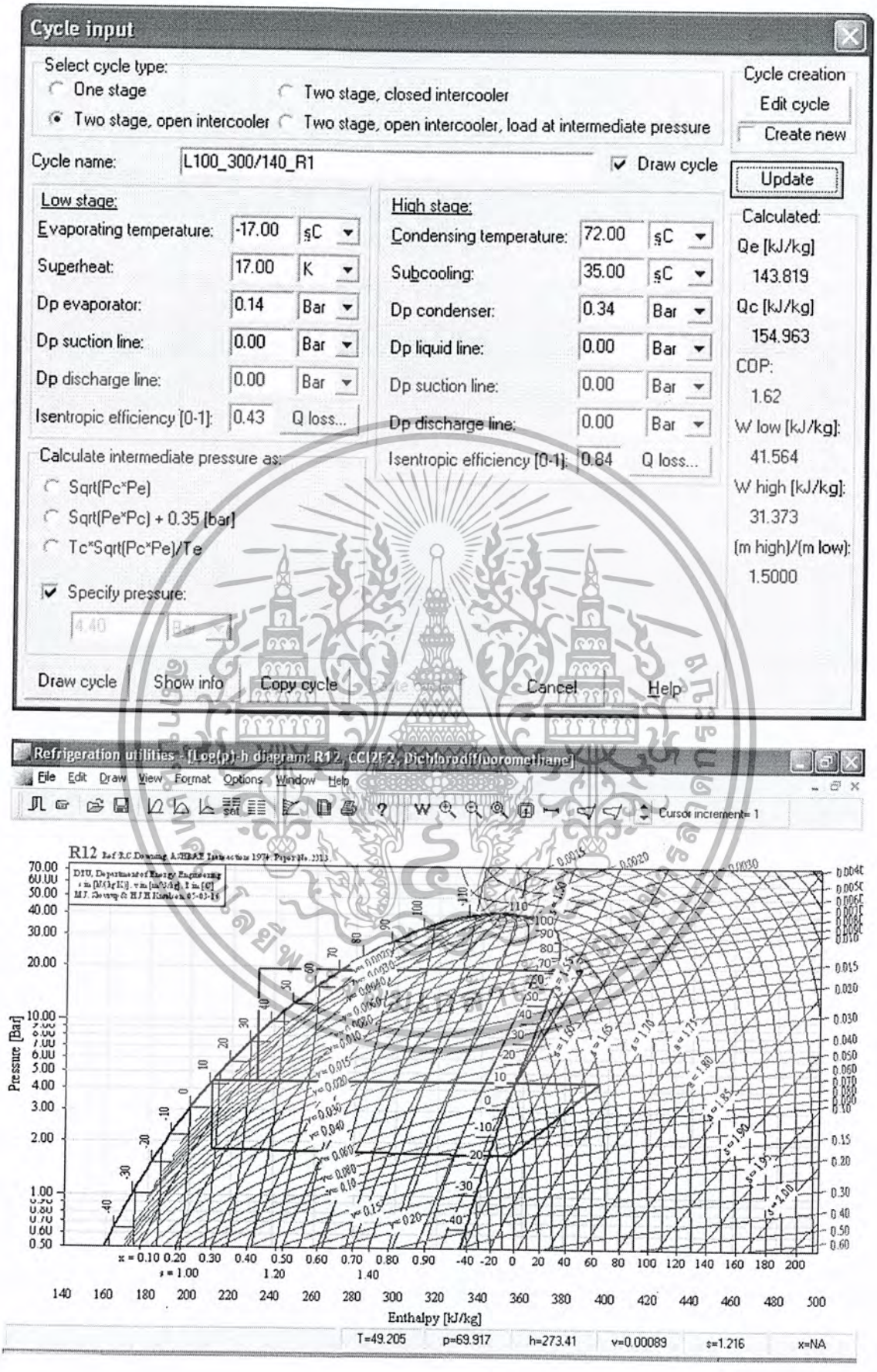
L100_300/140_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

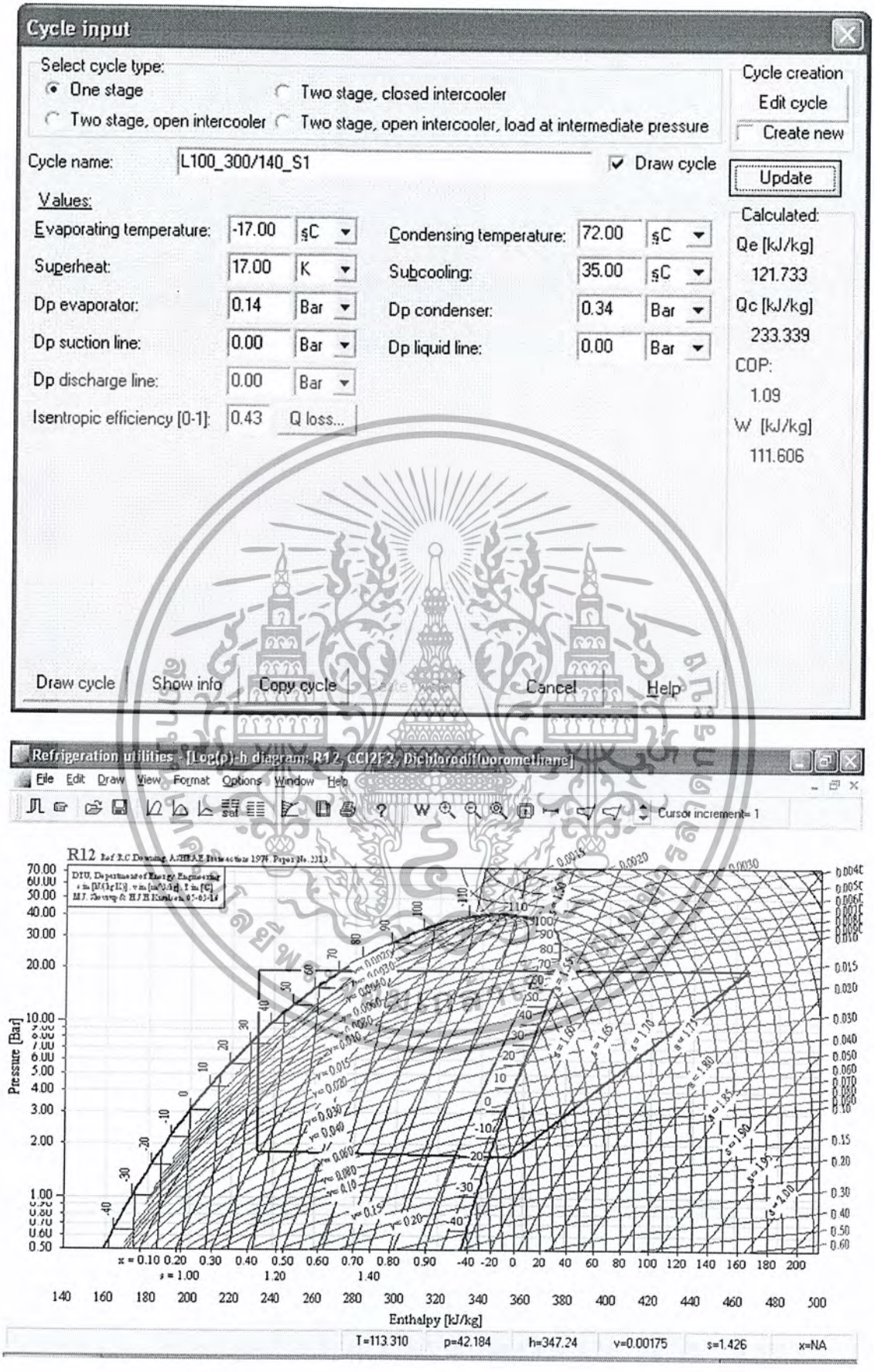




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 3)

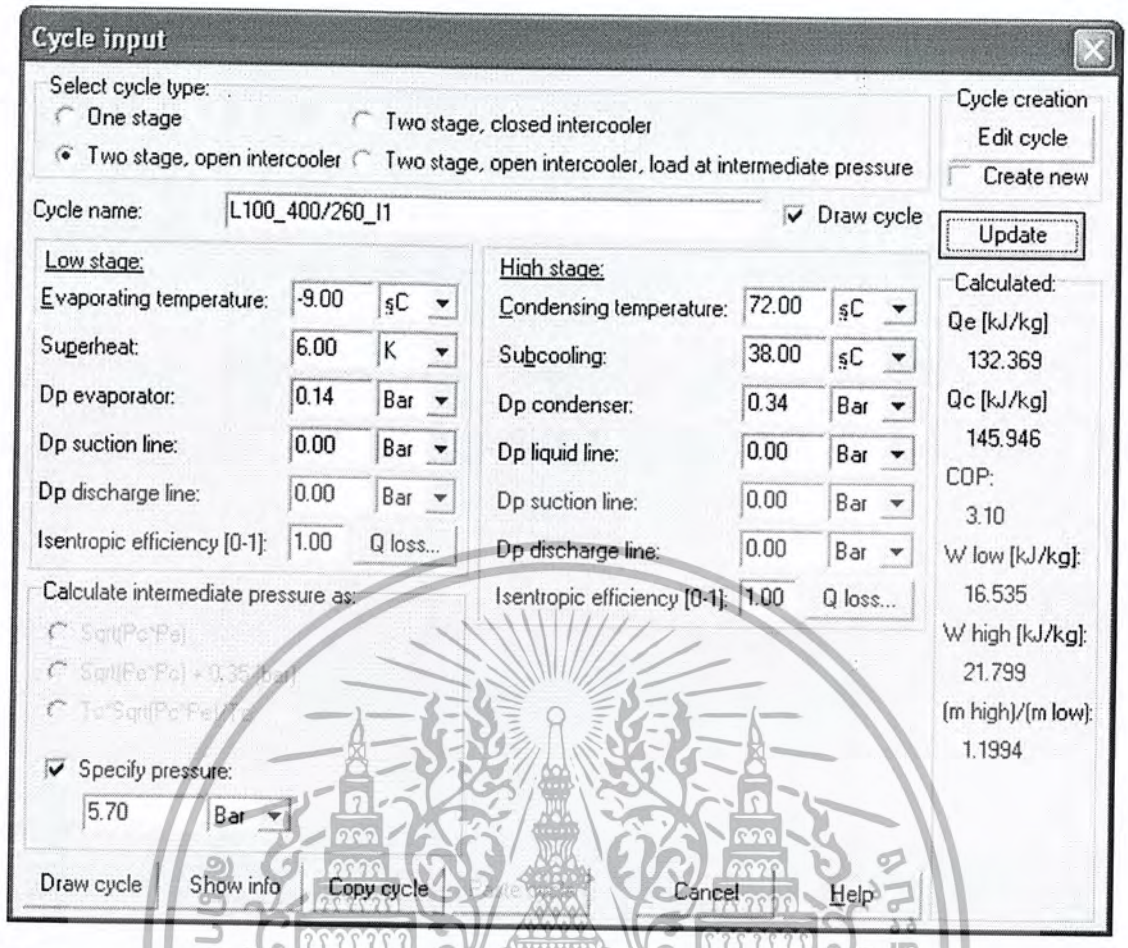
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt

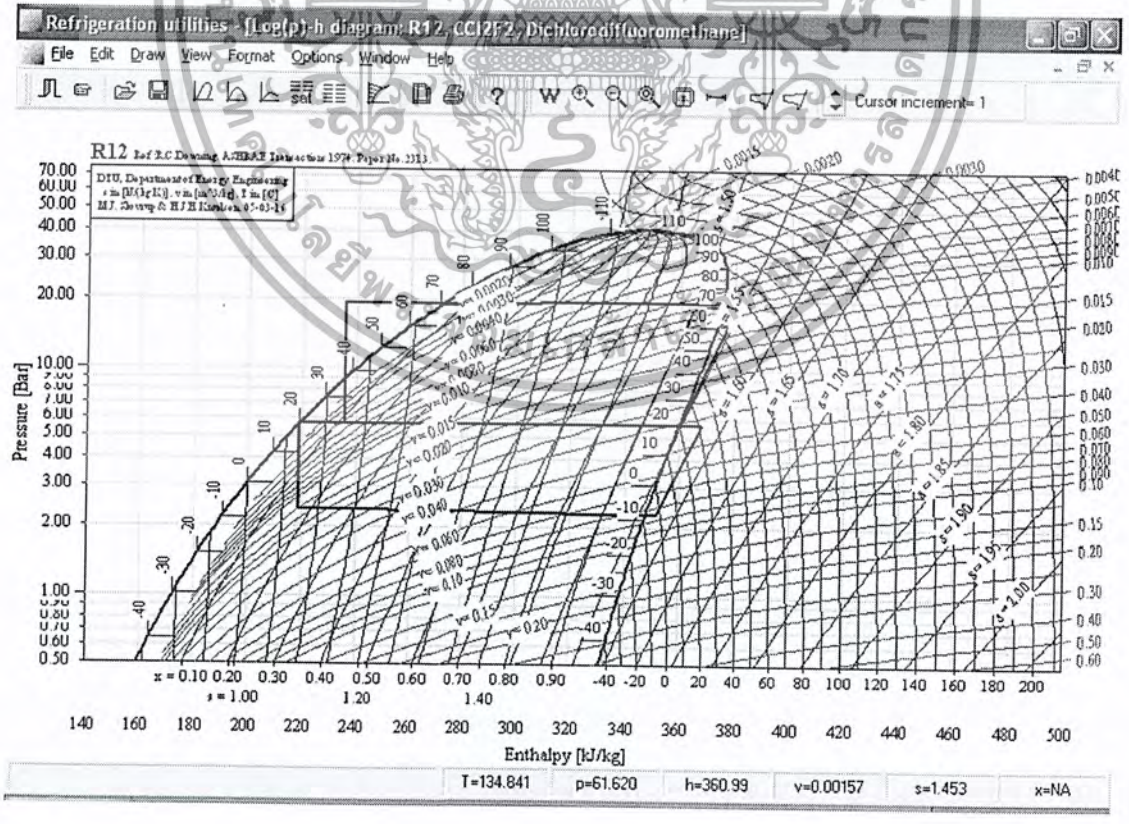
(หมายเหตุ: L100_400/260_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 100 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L100_400/260_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

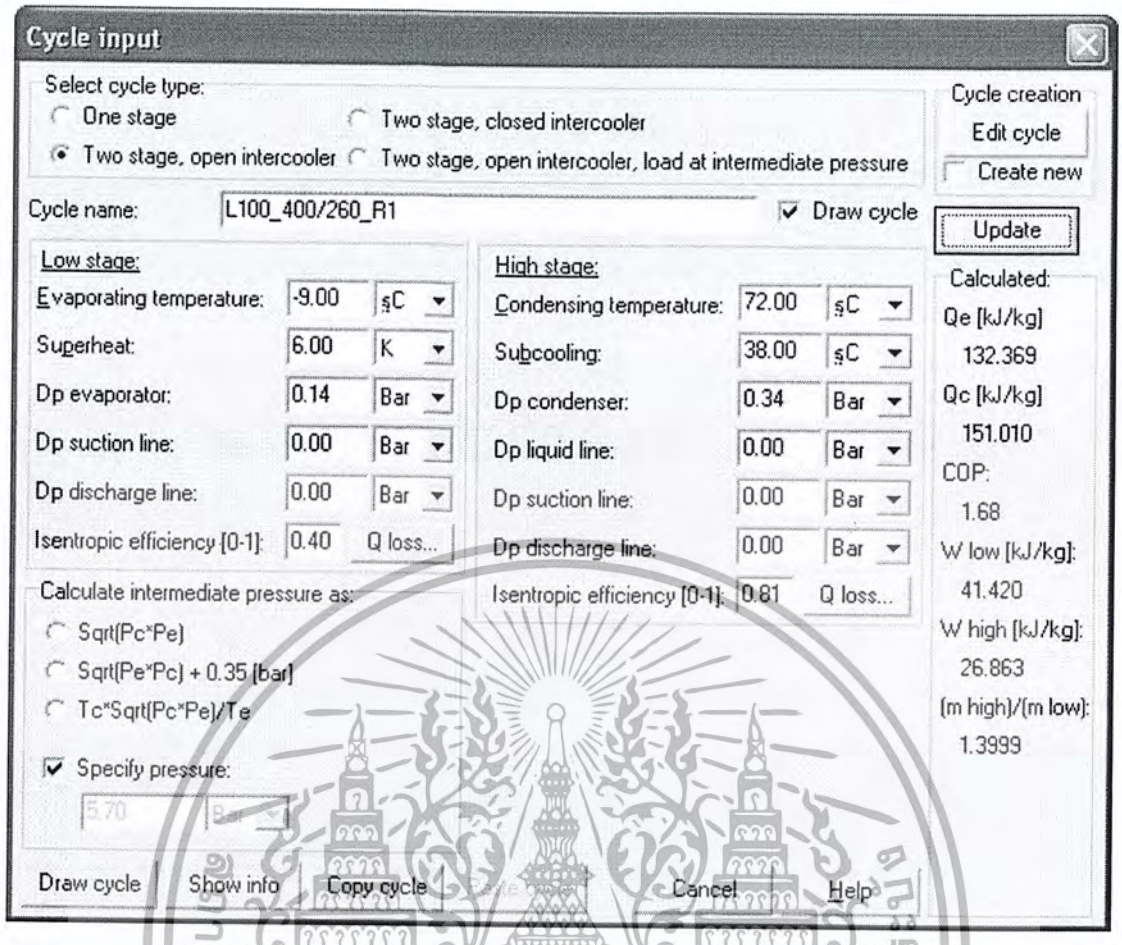
L100_400/260_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

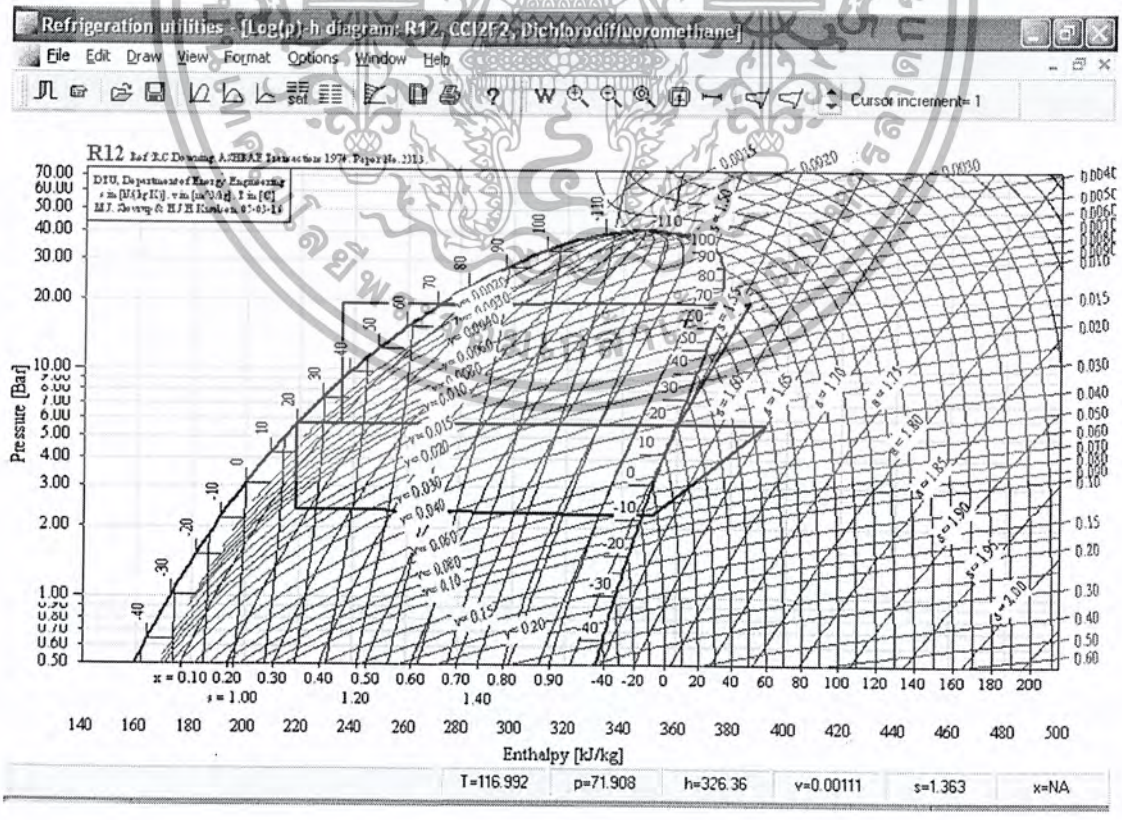
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



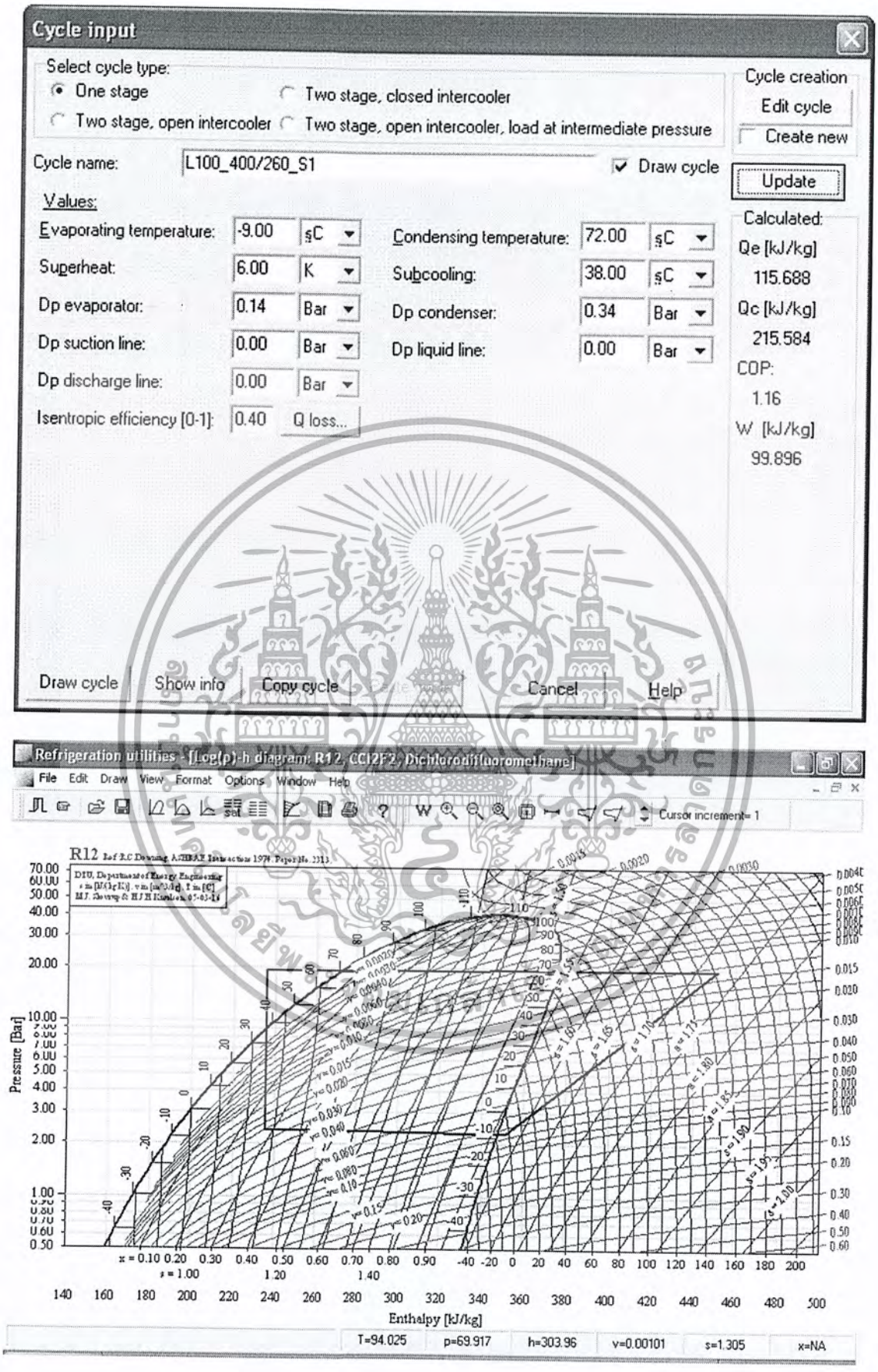


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 4)

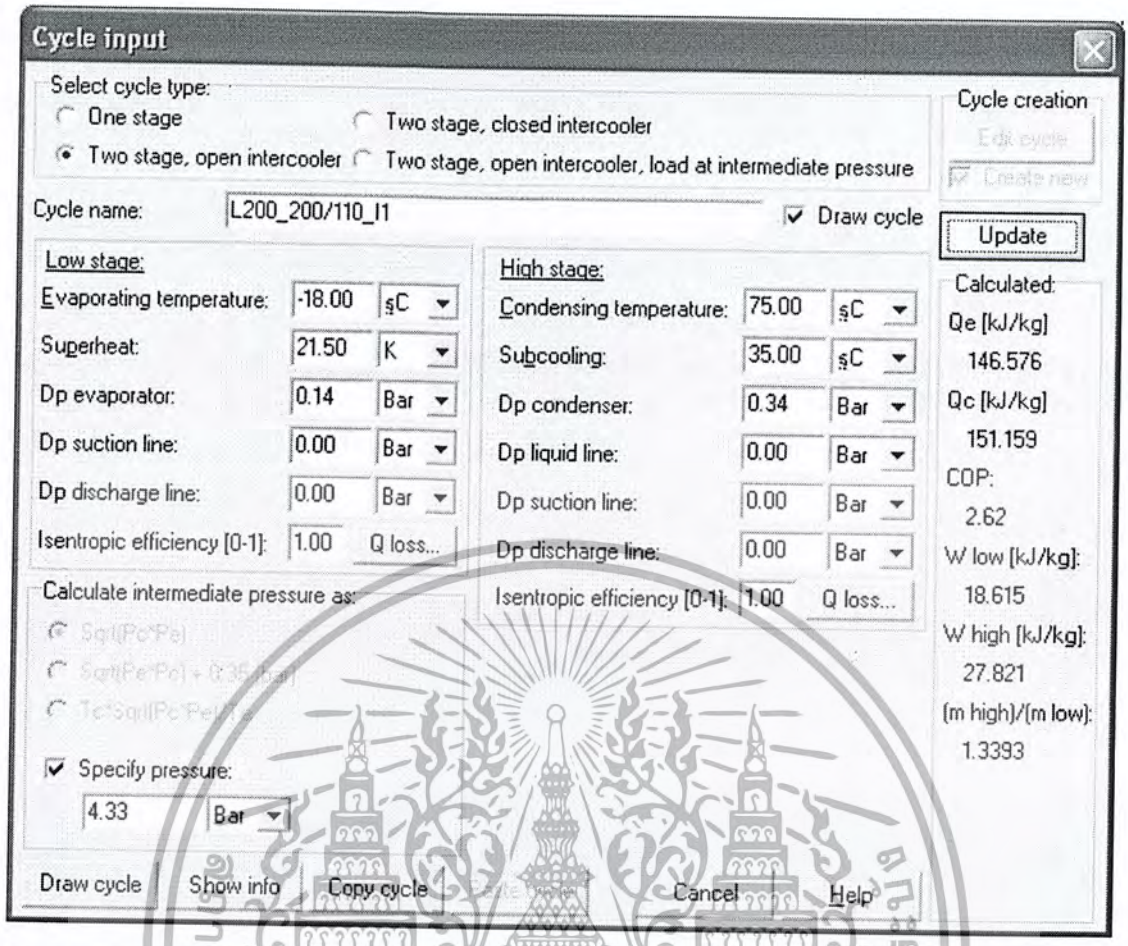
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt

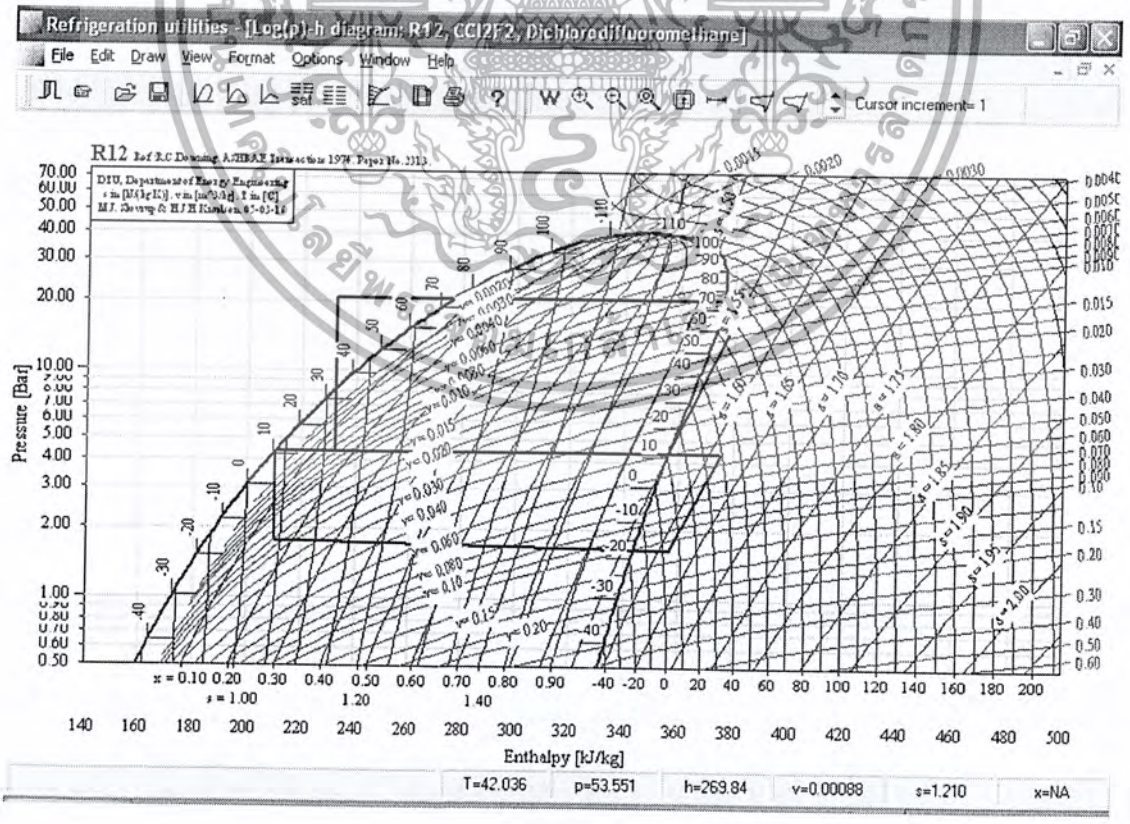
(หมายเหตุ: L200_200/110_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L200_200/110_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

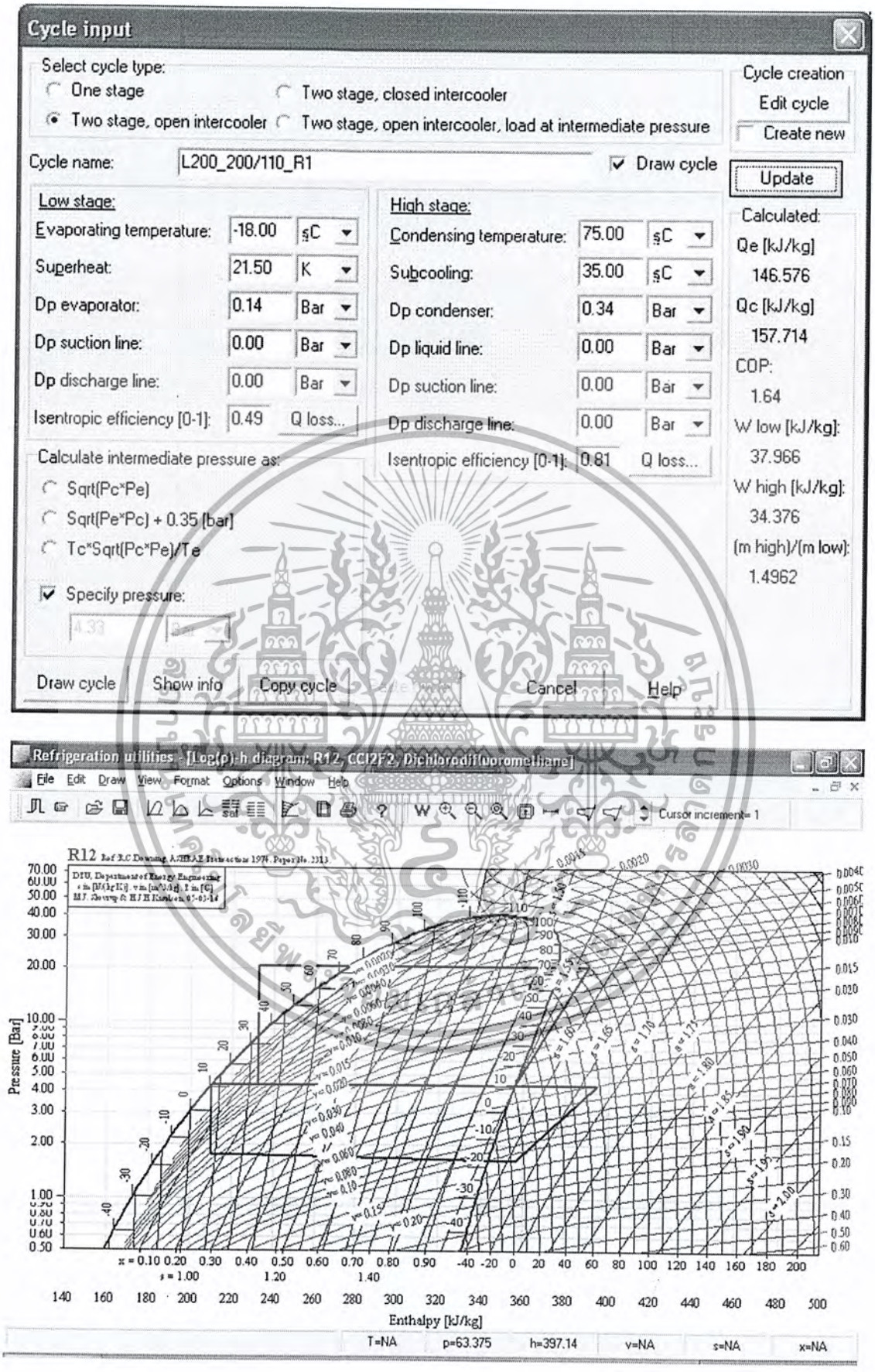
L200_200/110_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

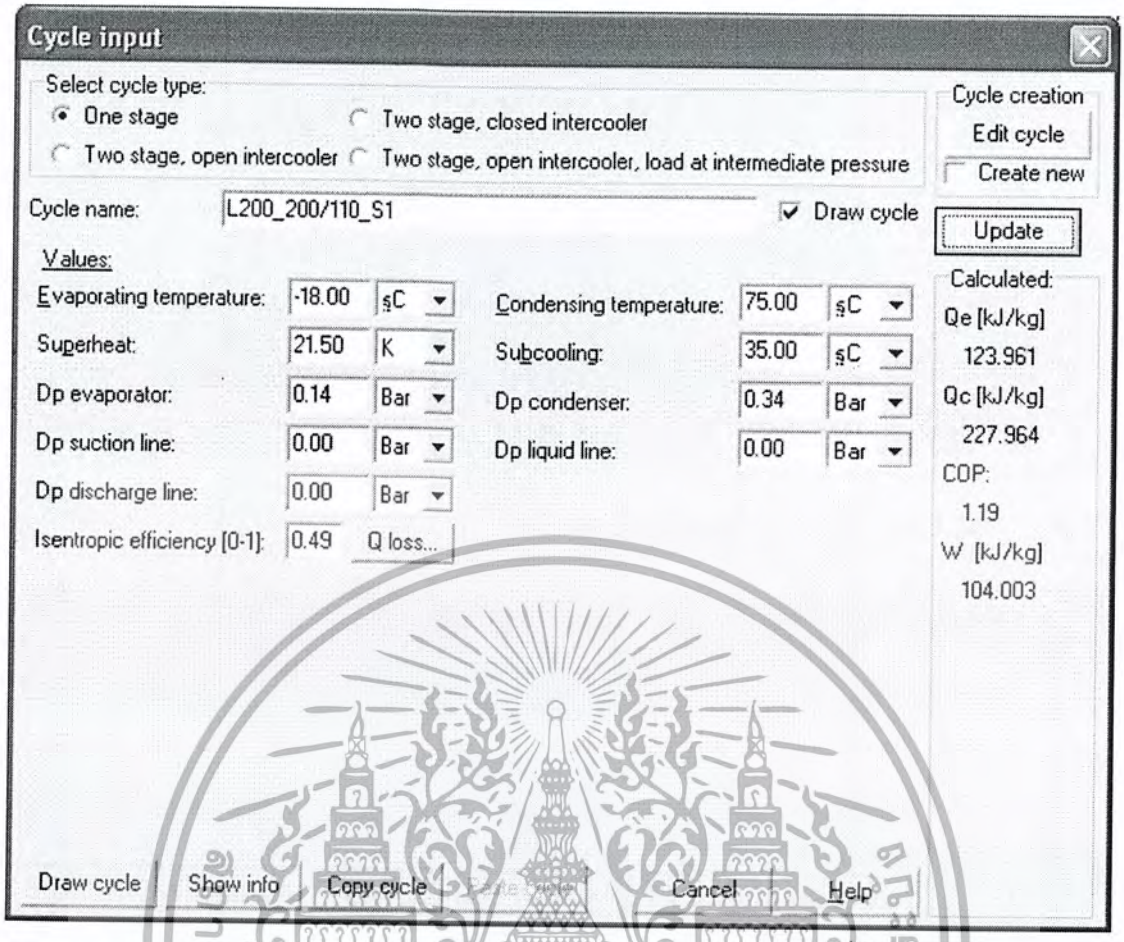


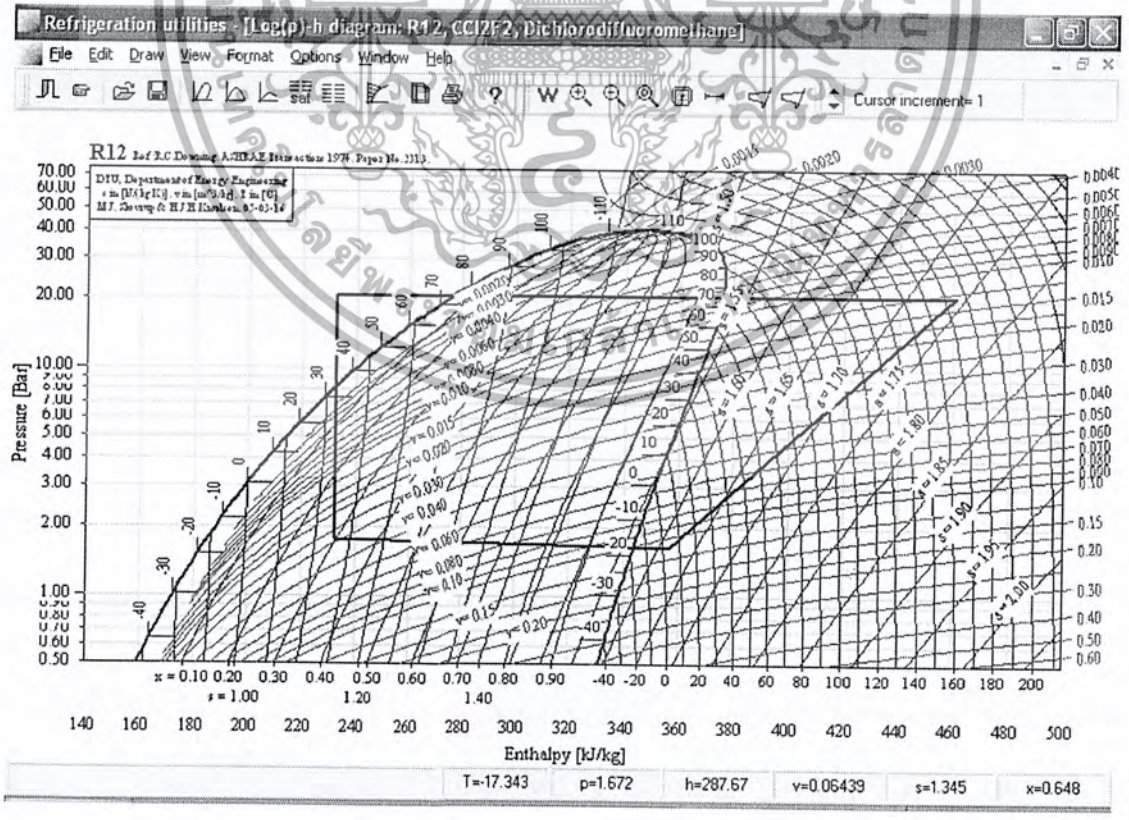


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 5)

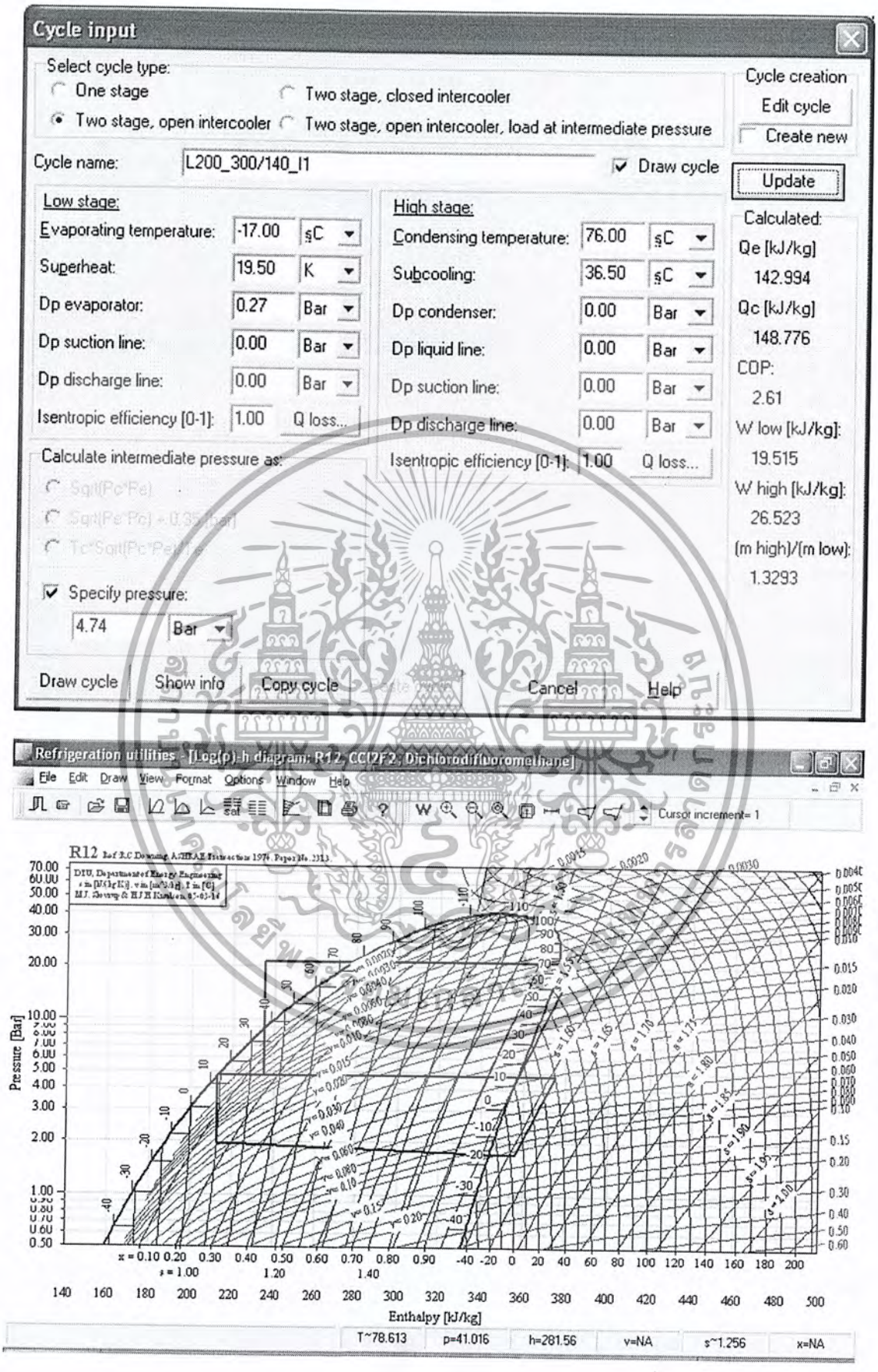
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt

(หมายเหตุ: L200_300/140_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

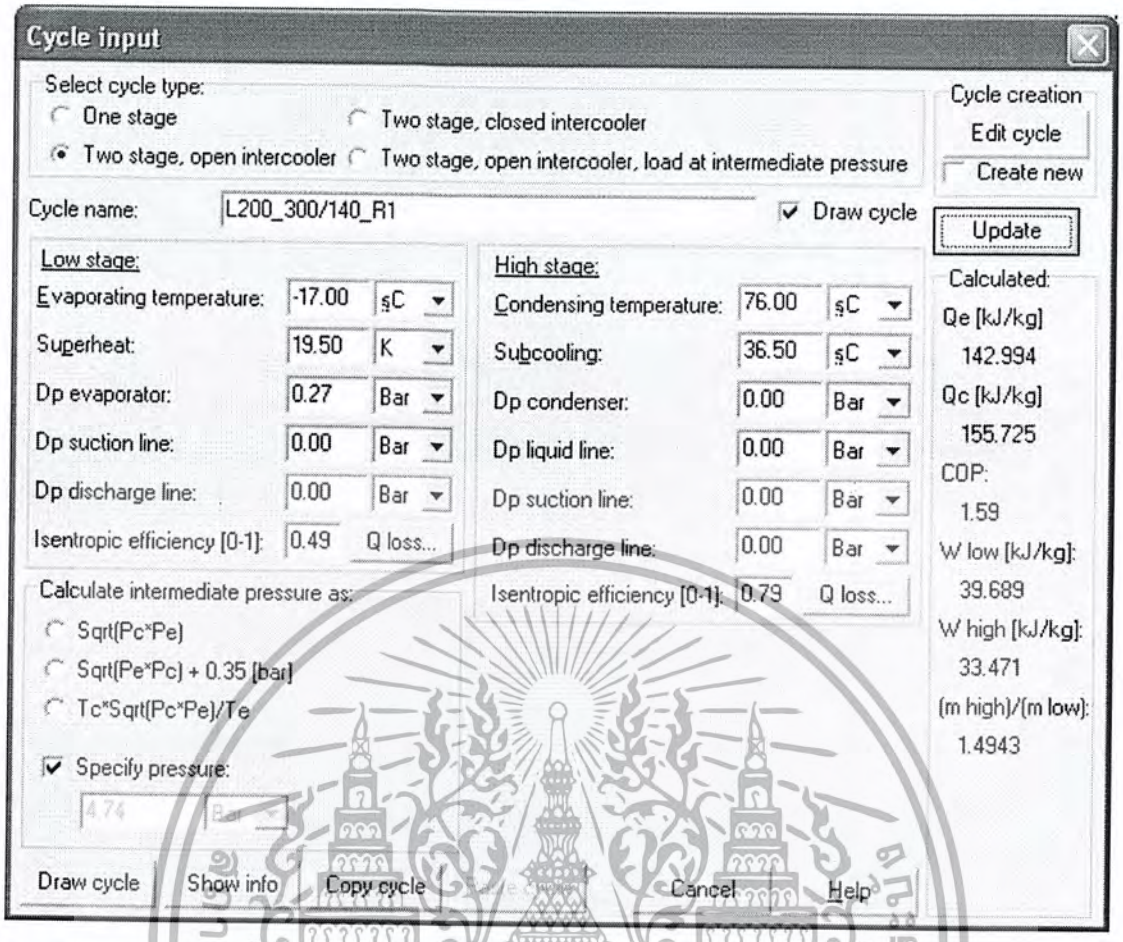
L200_300/140_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

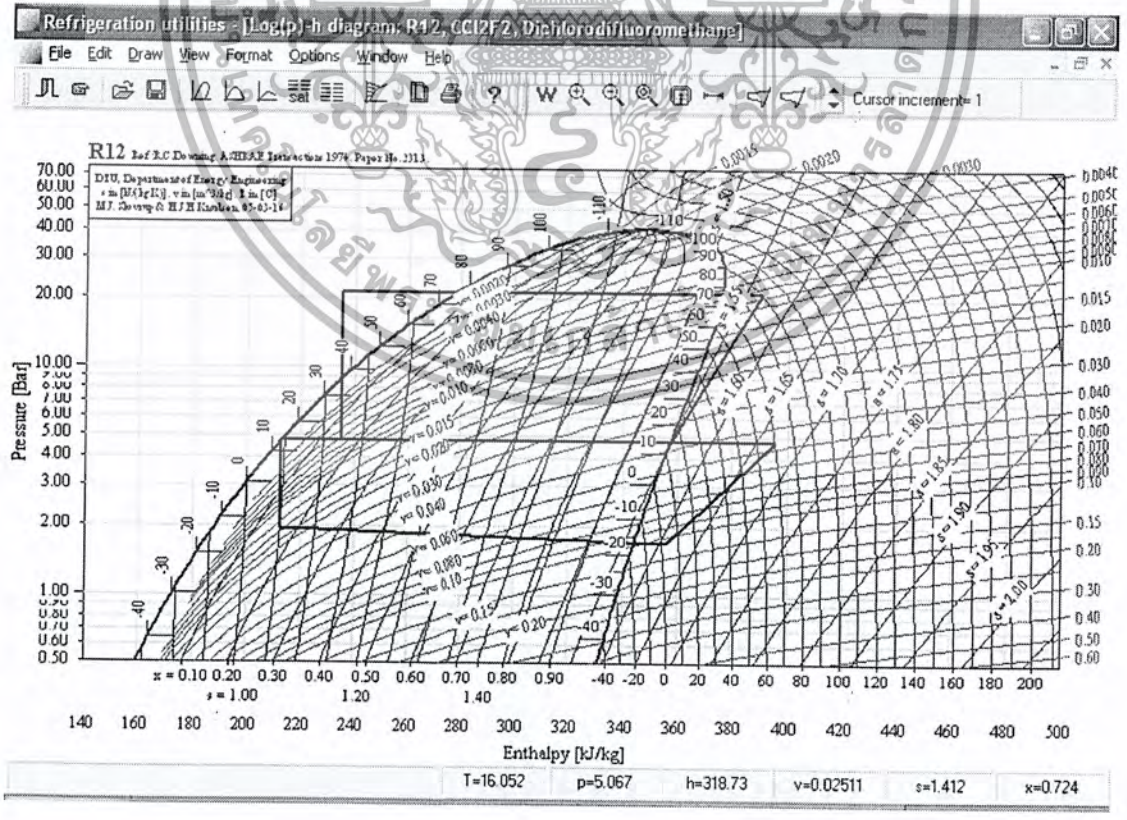
L200_300/140_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

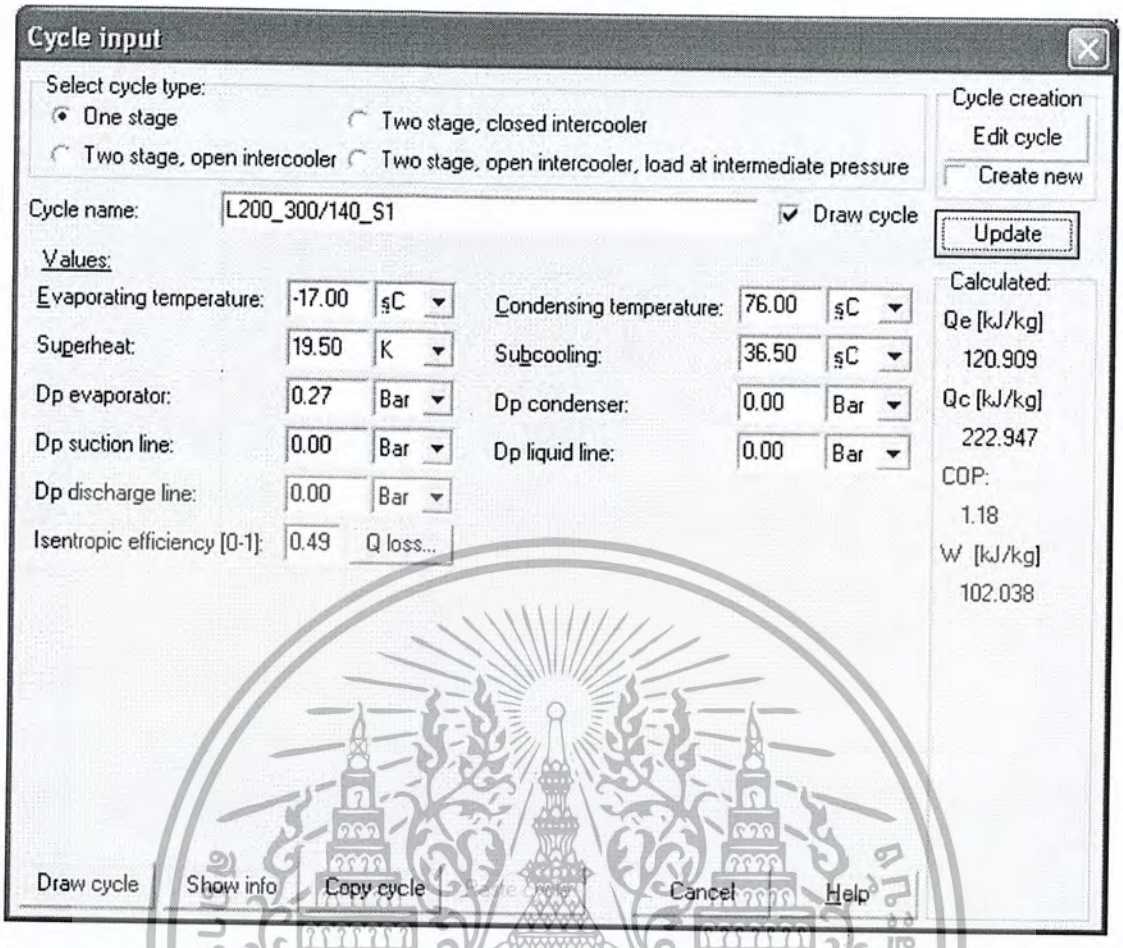


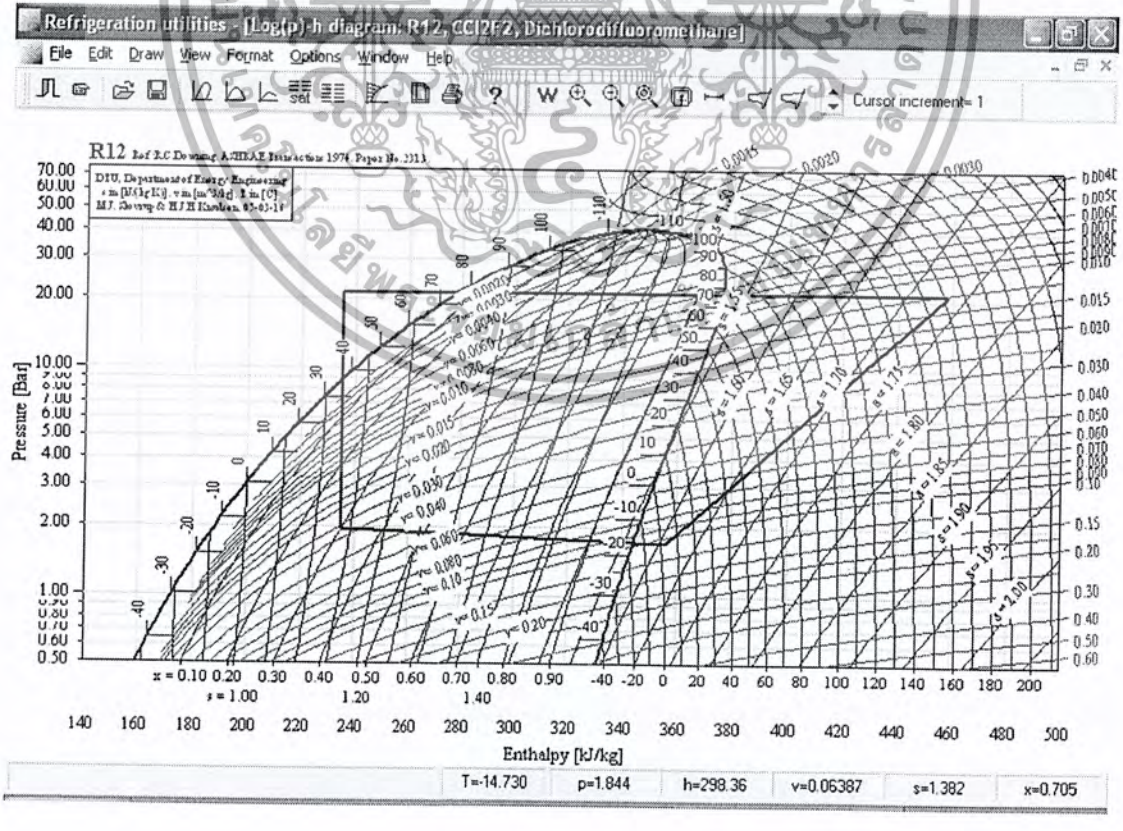
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 6)

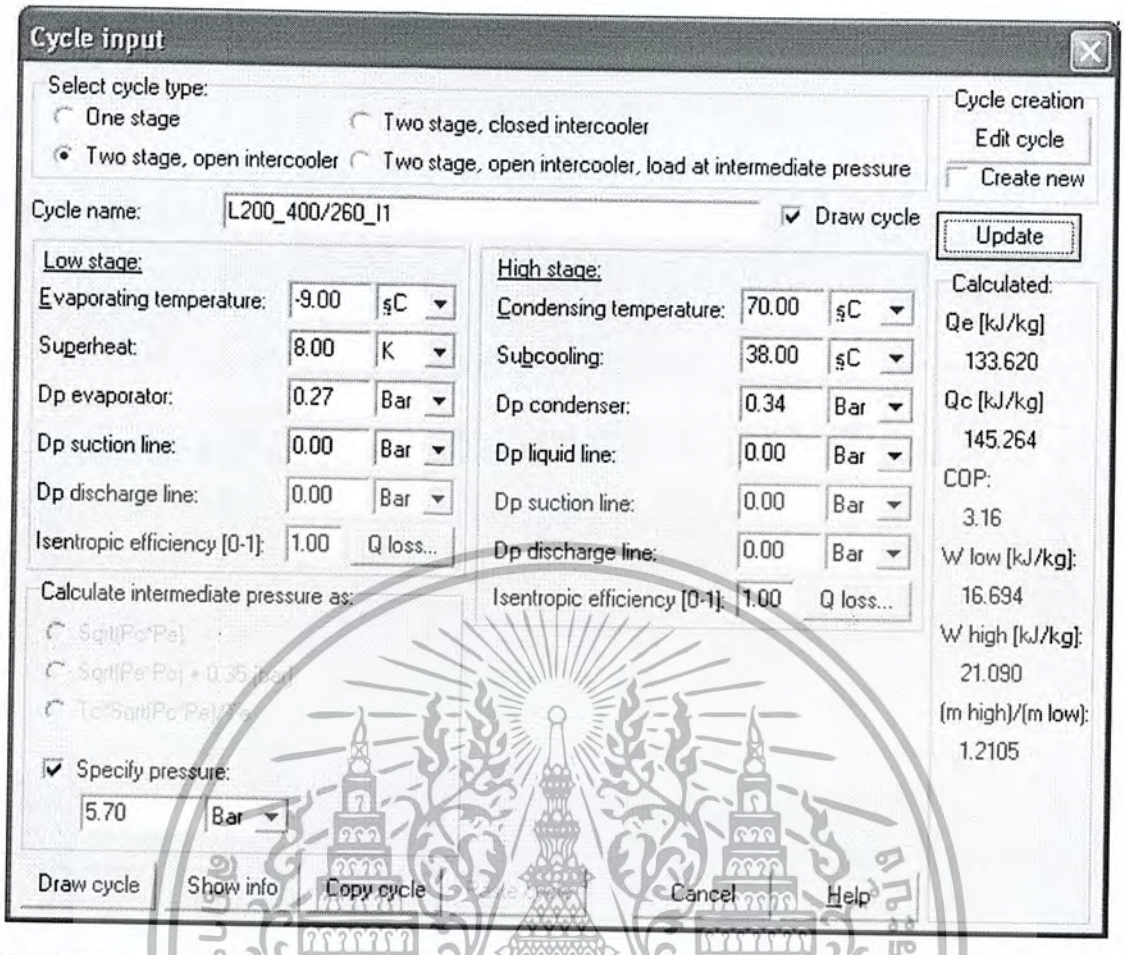
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt

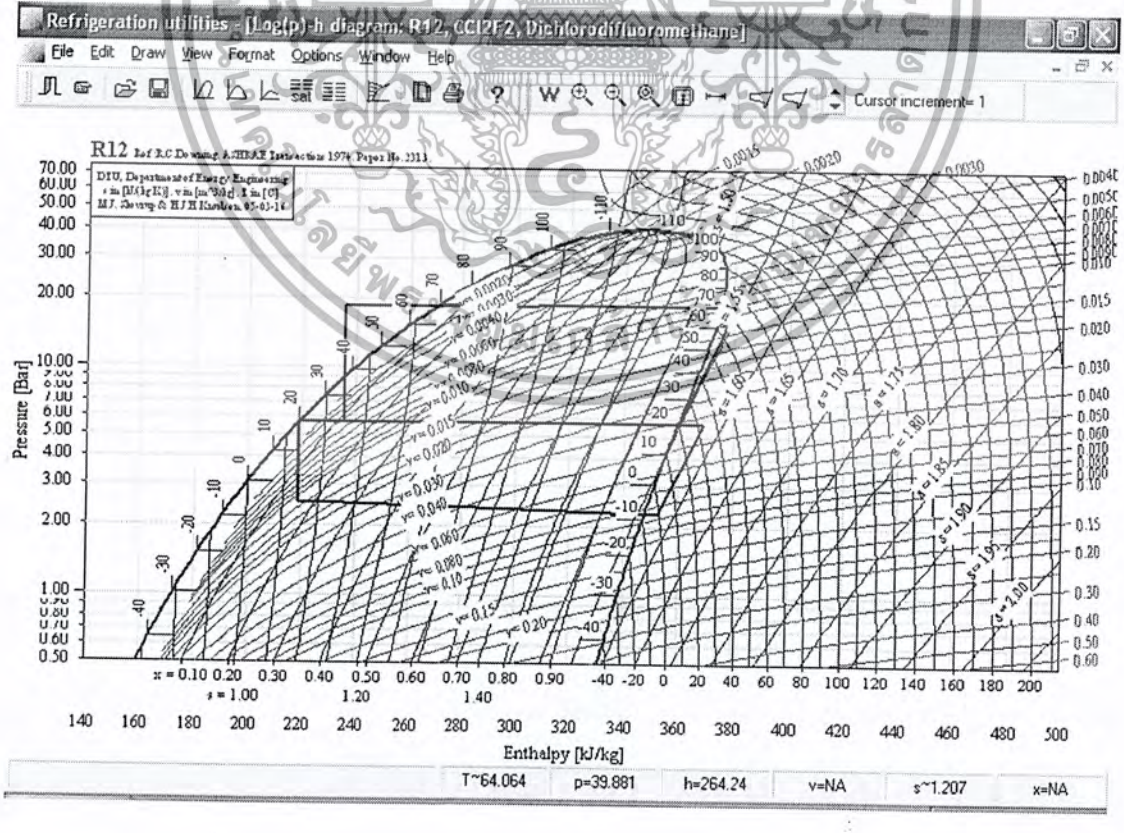
(หมายเหตุ: L200_400/260_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 200 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L200_400/260_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

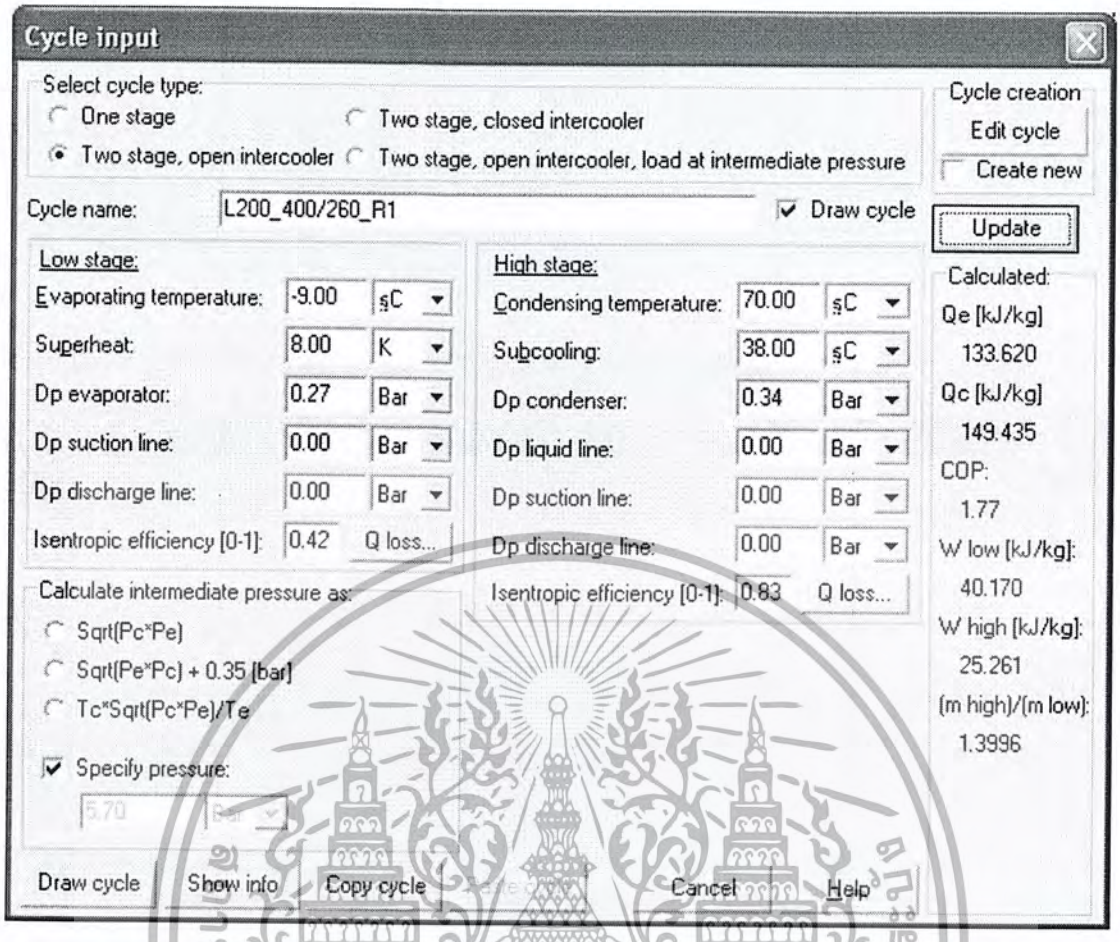
L200_400/260_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

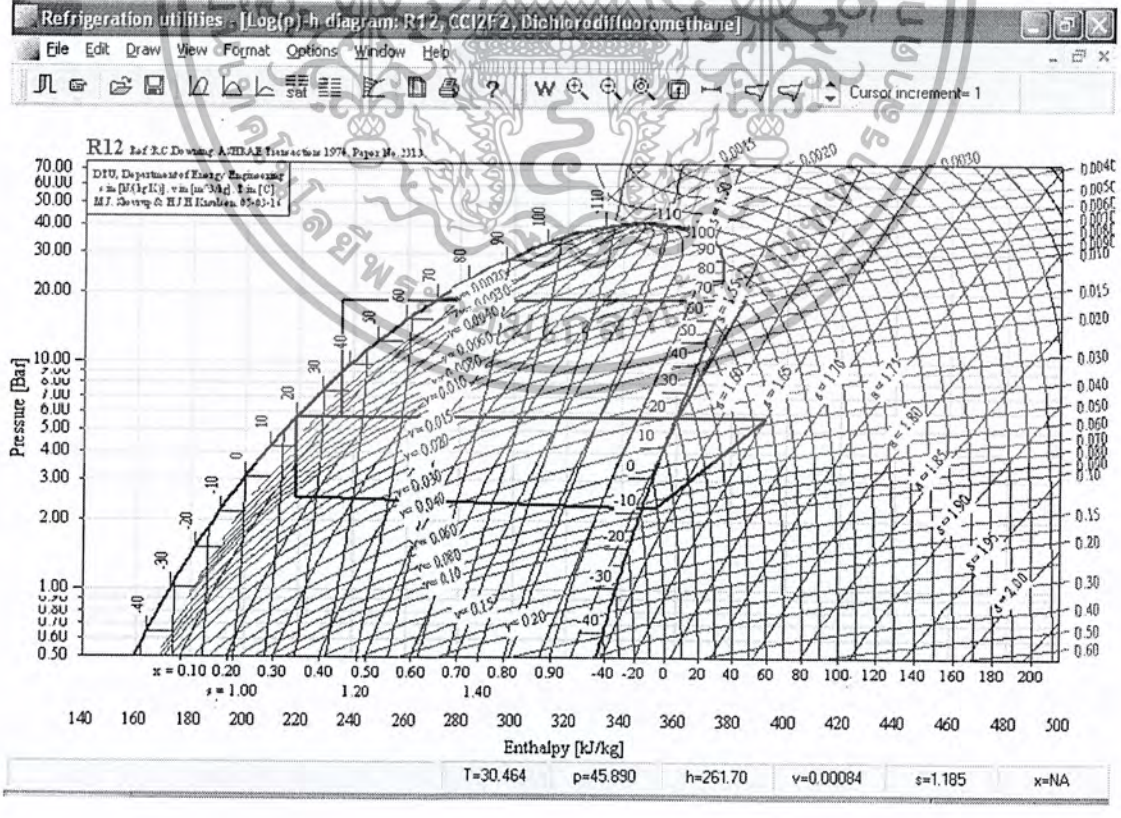
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



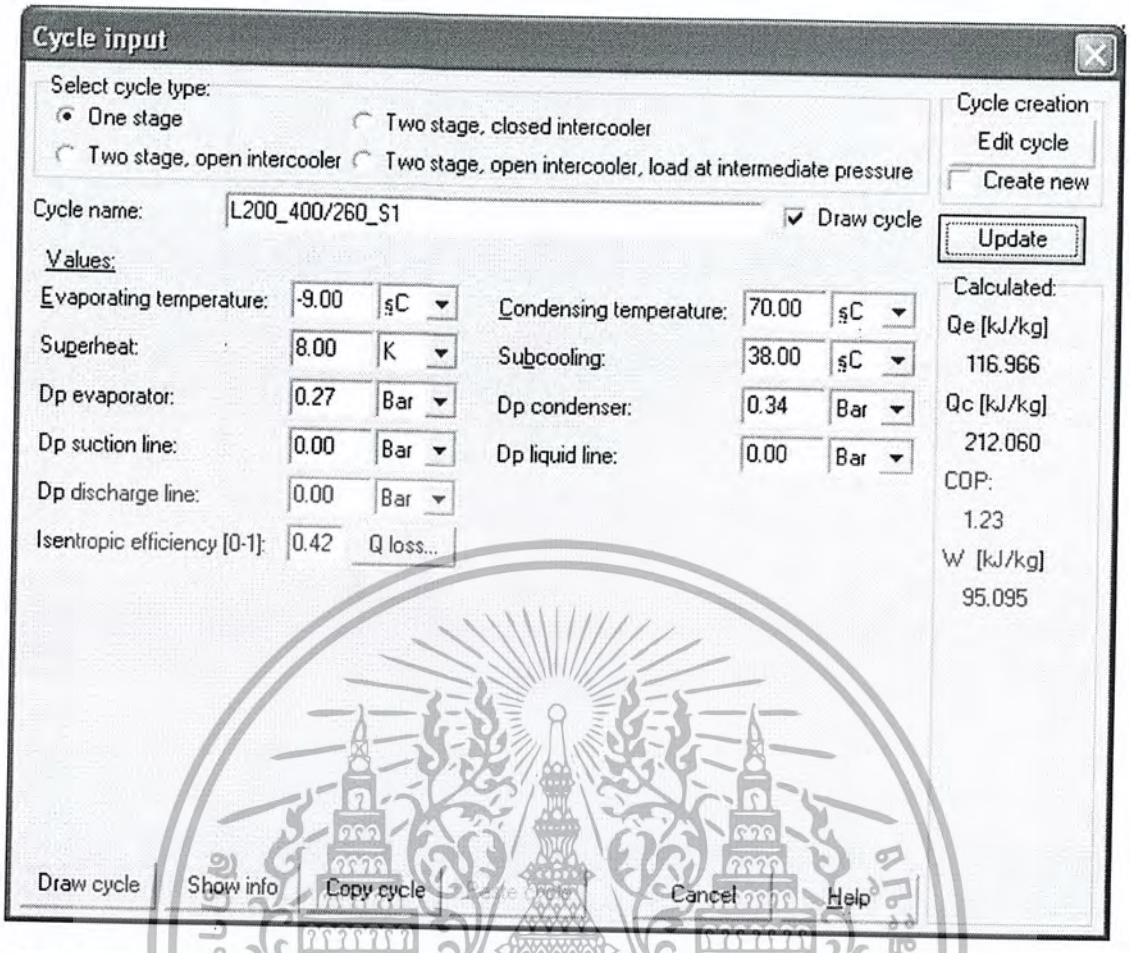


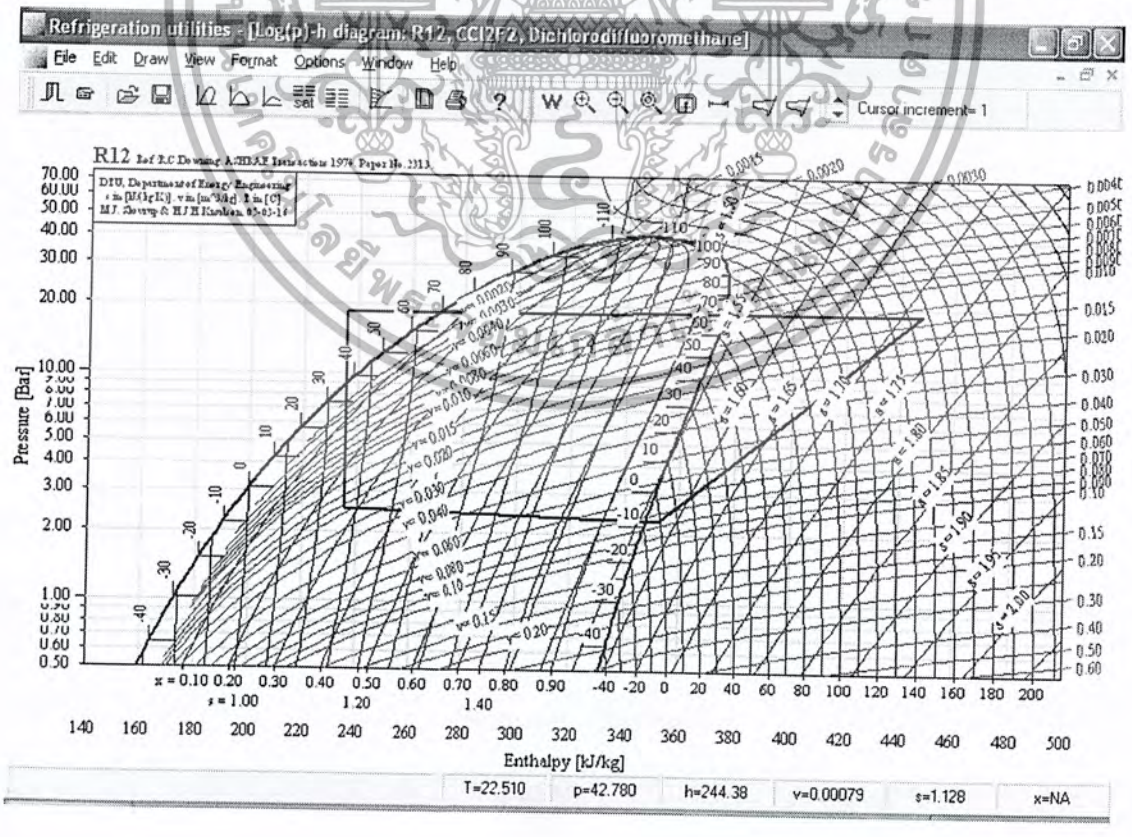
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 7)

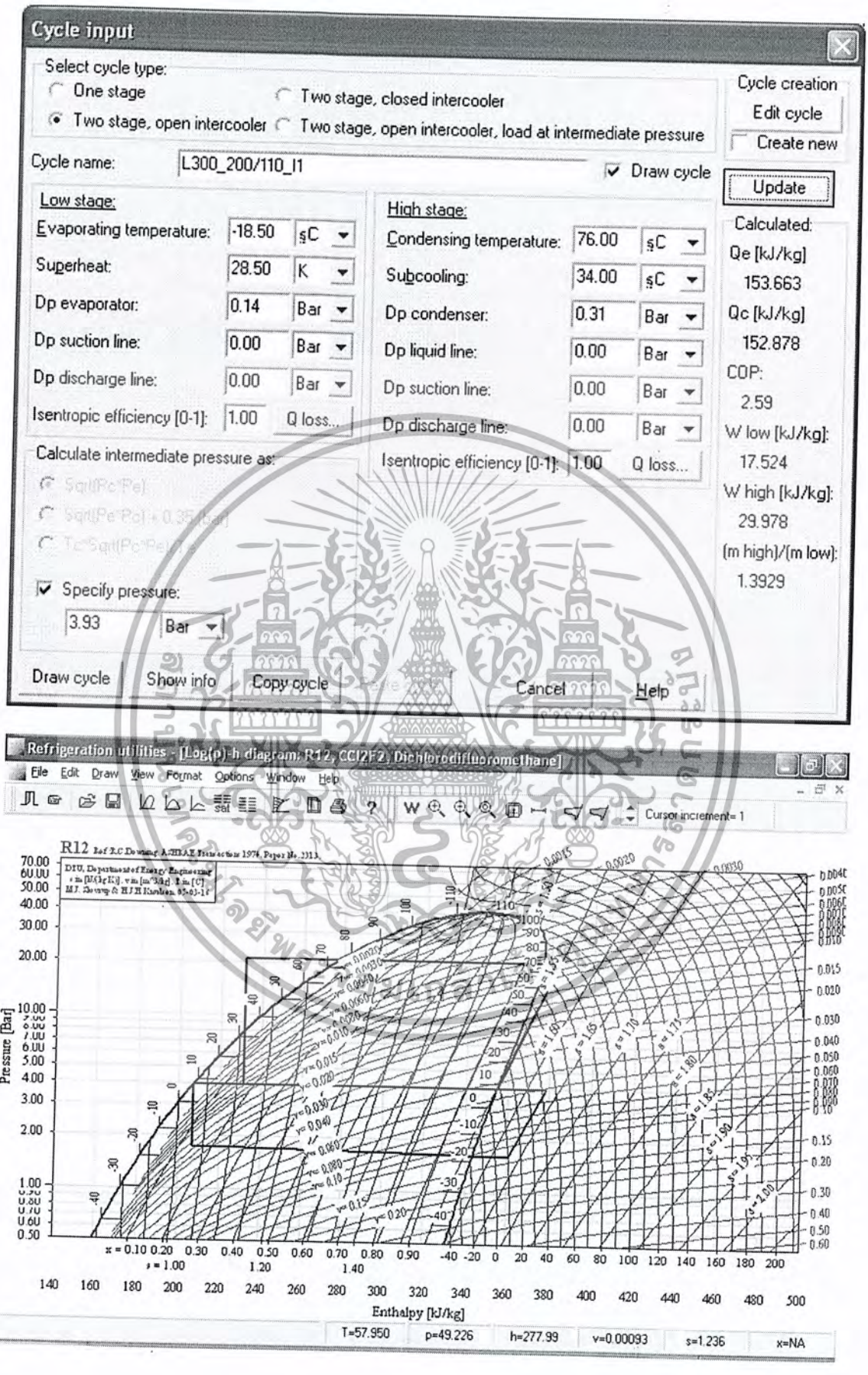
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt

(หมายเหตุ: L300_200/110_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

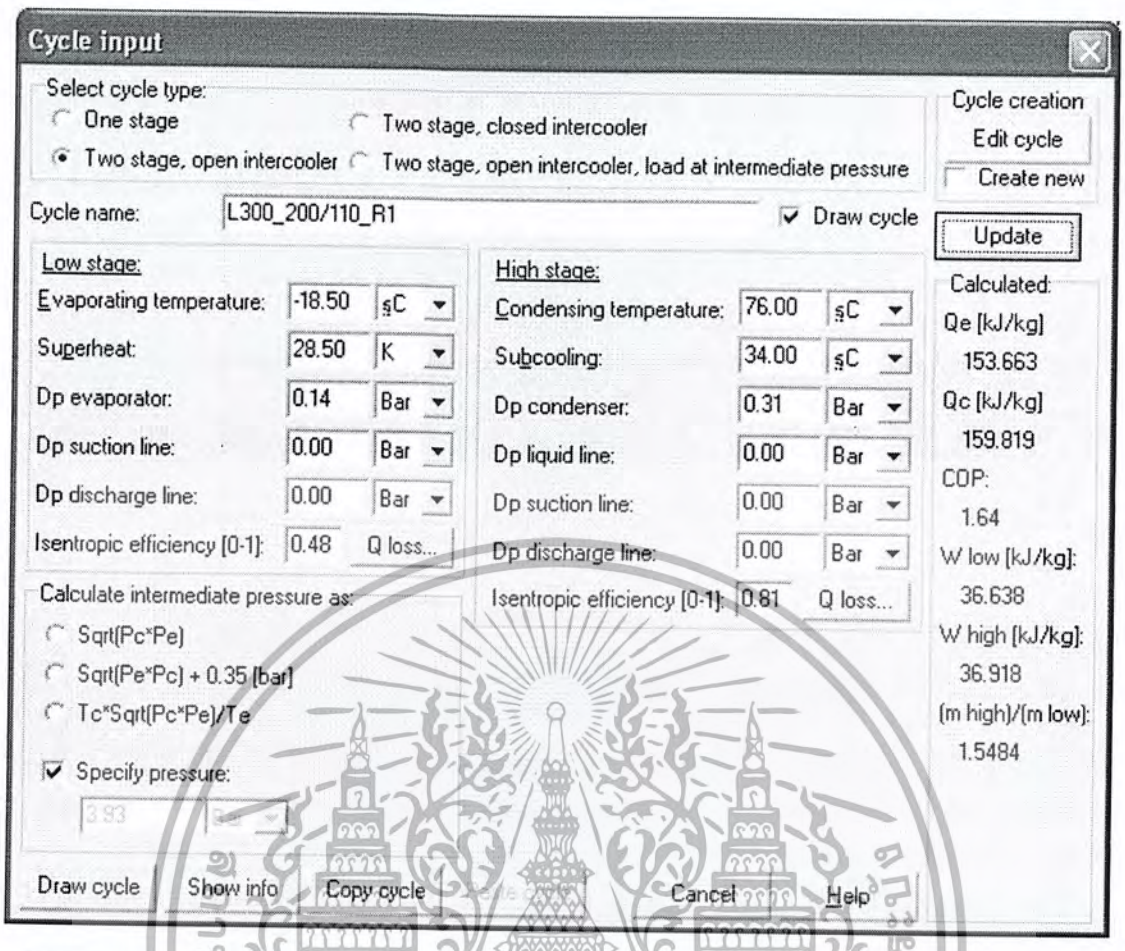
L300_200/110_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

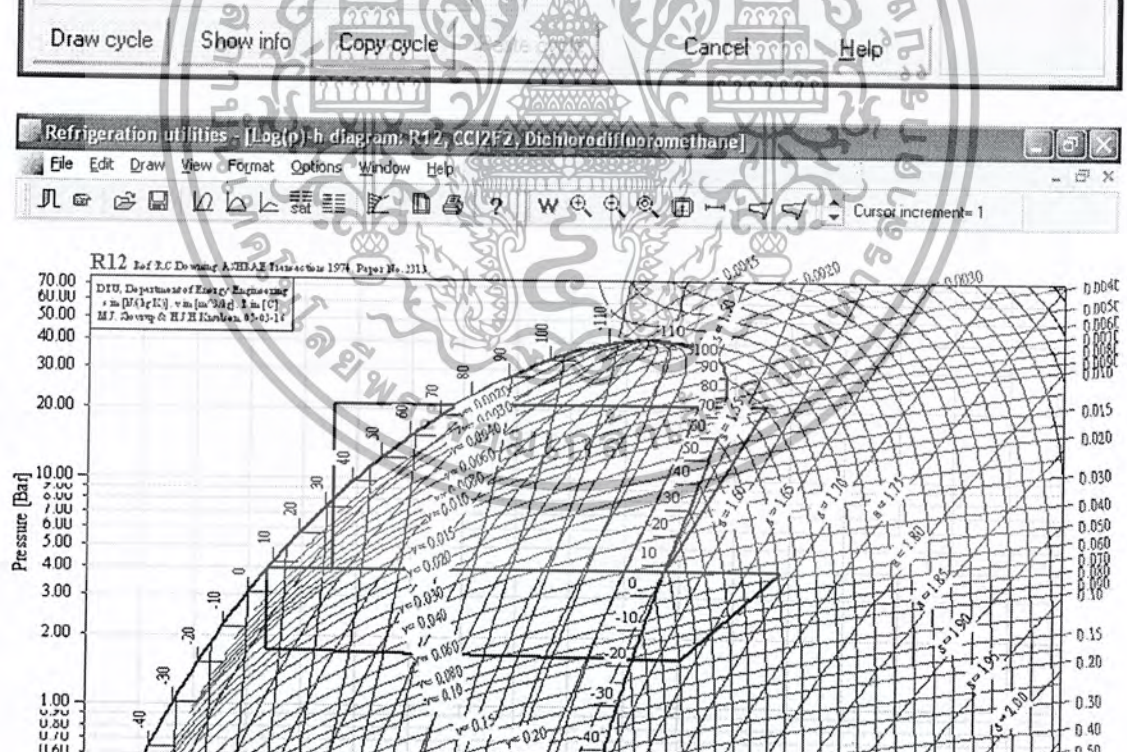
L300_200/110_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

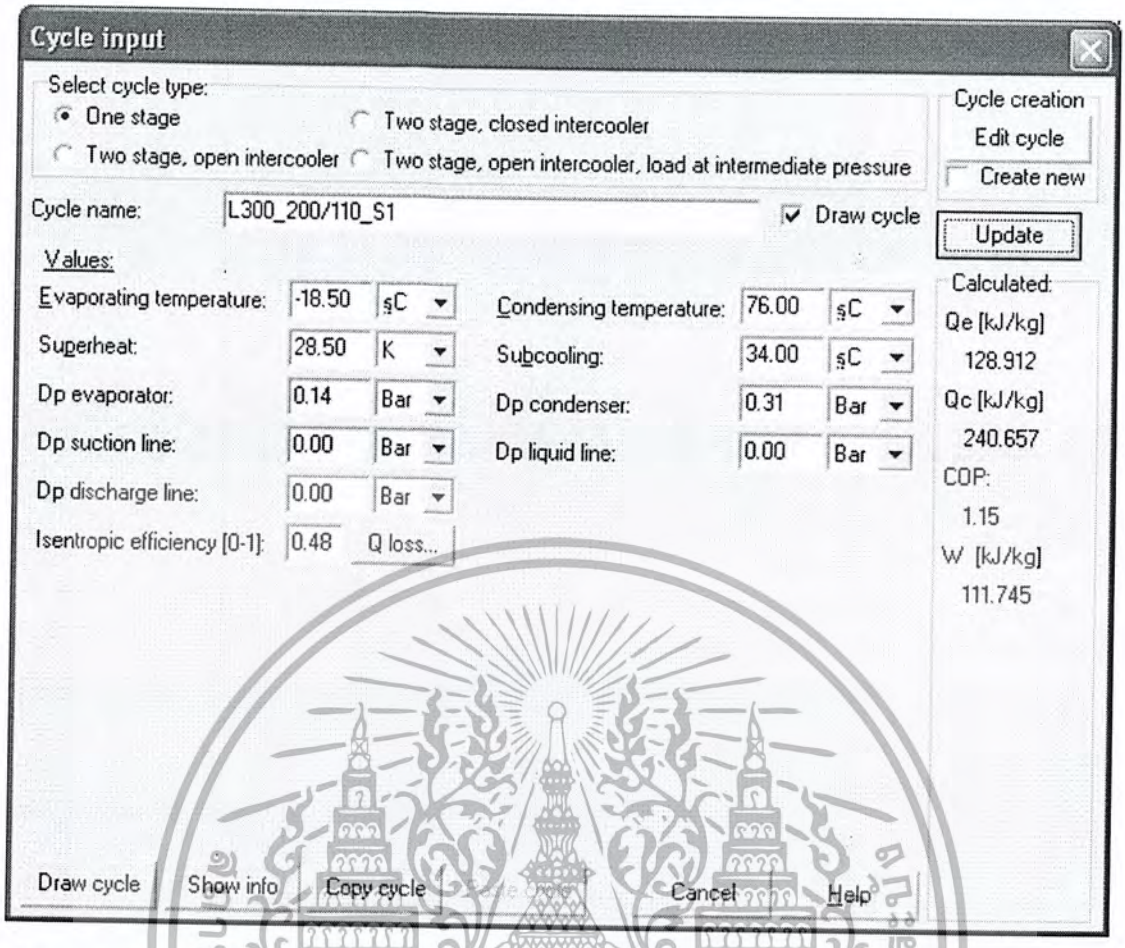


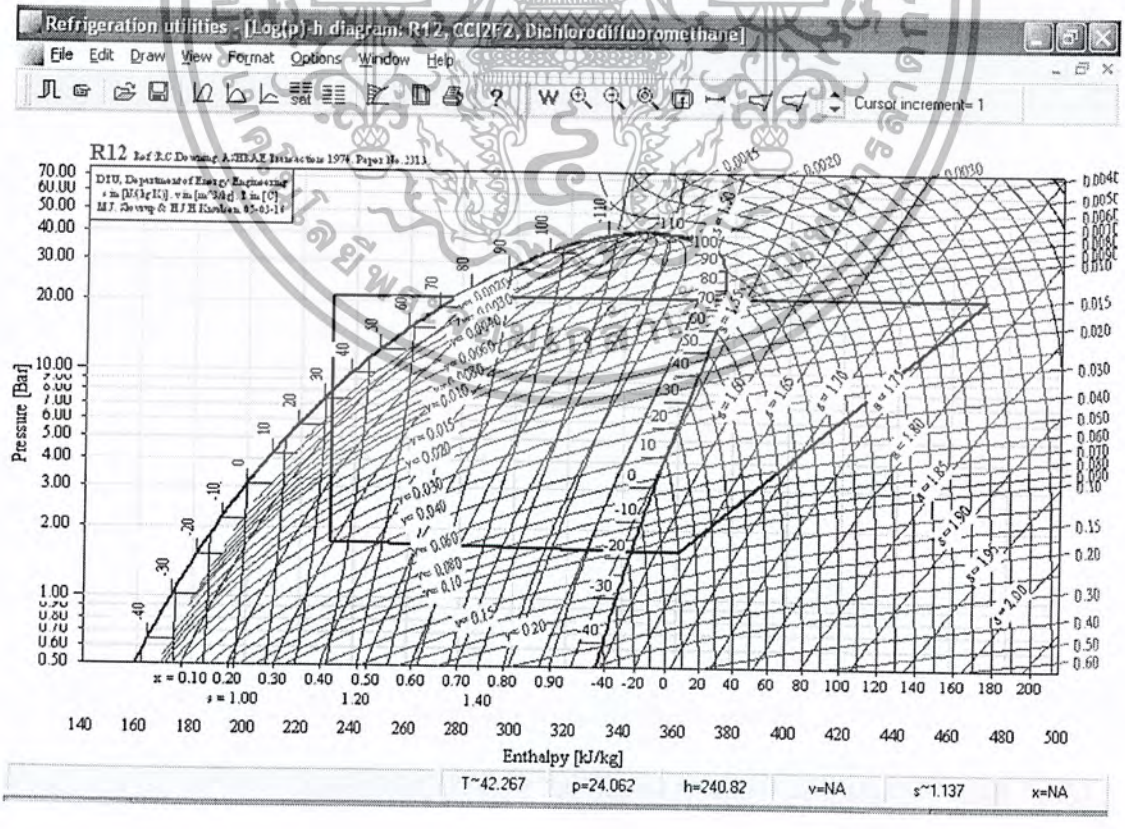
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 8)

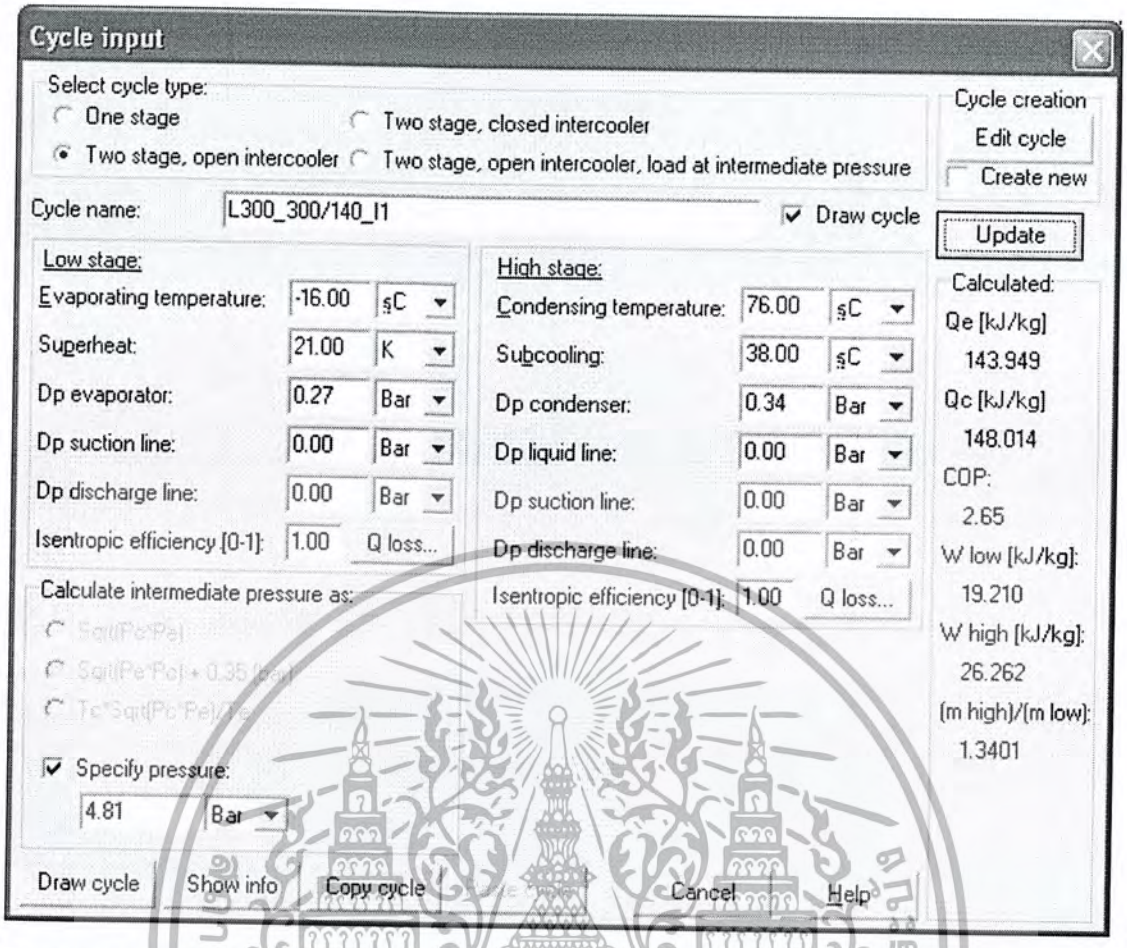
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt

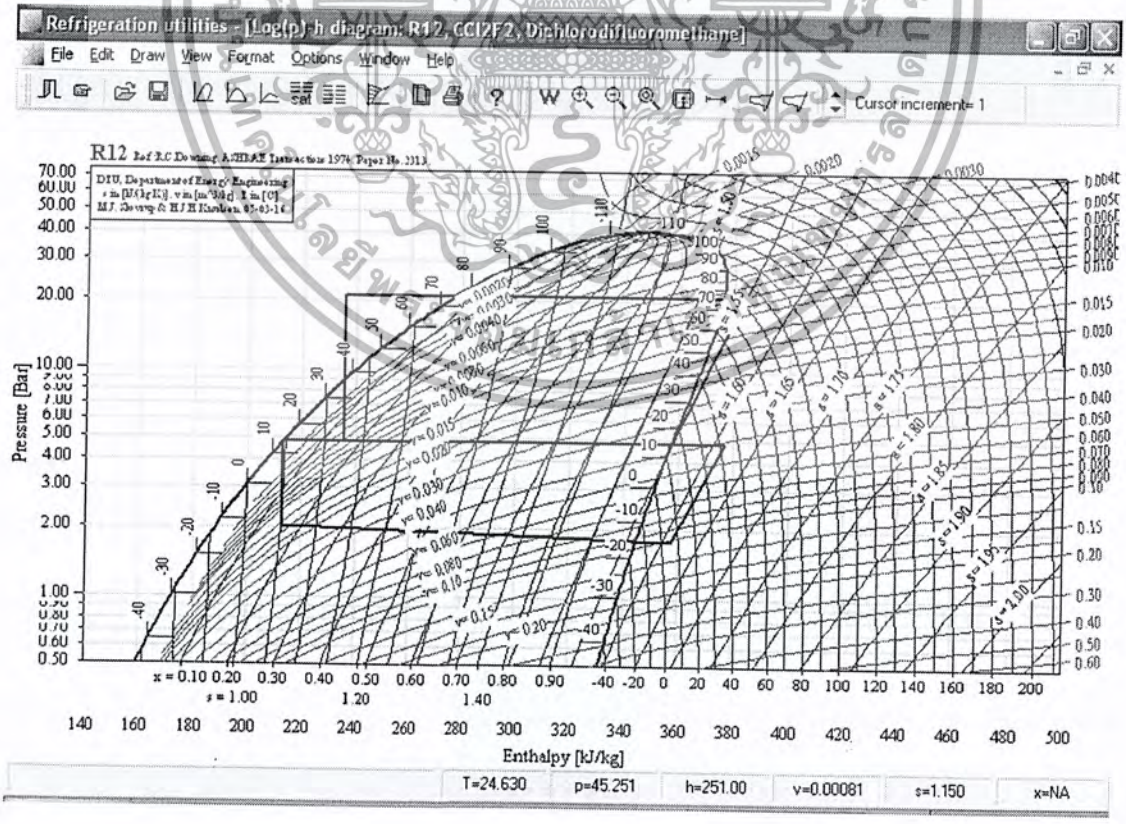
(หมายเหตุ: L300_300/140_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L300_300/140_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

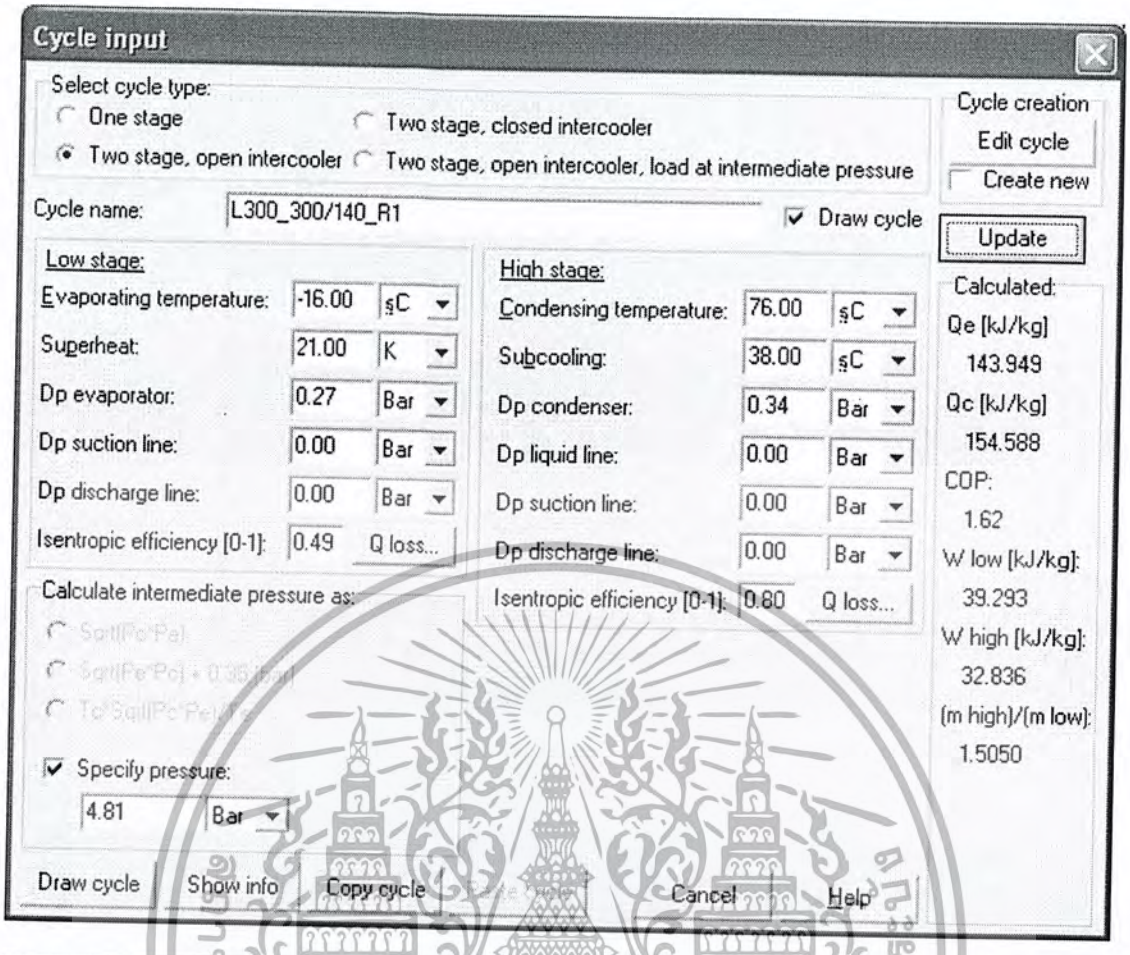
L300_300/140_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

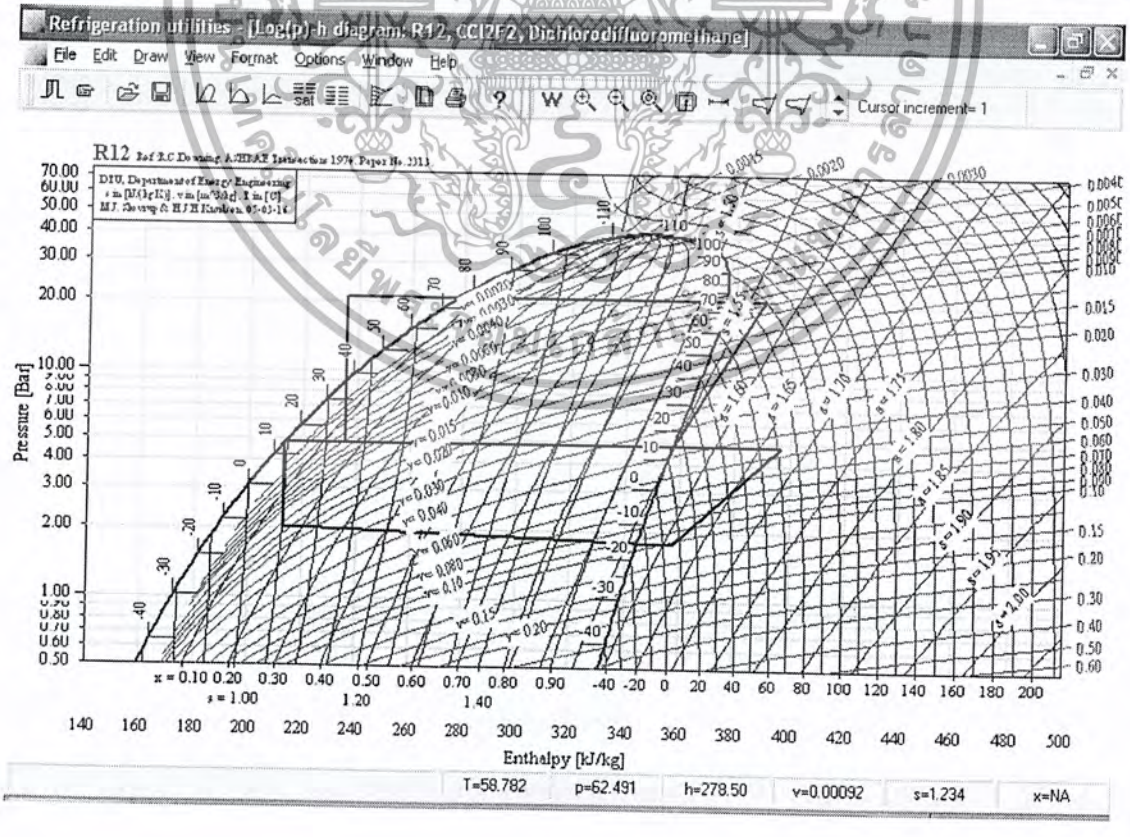
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



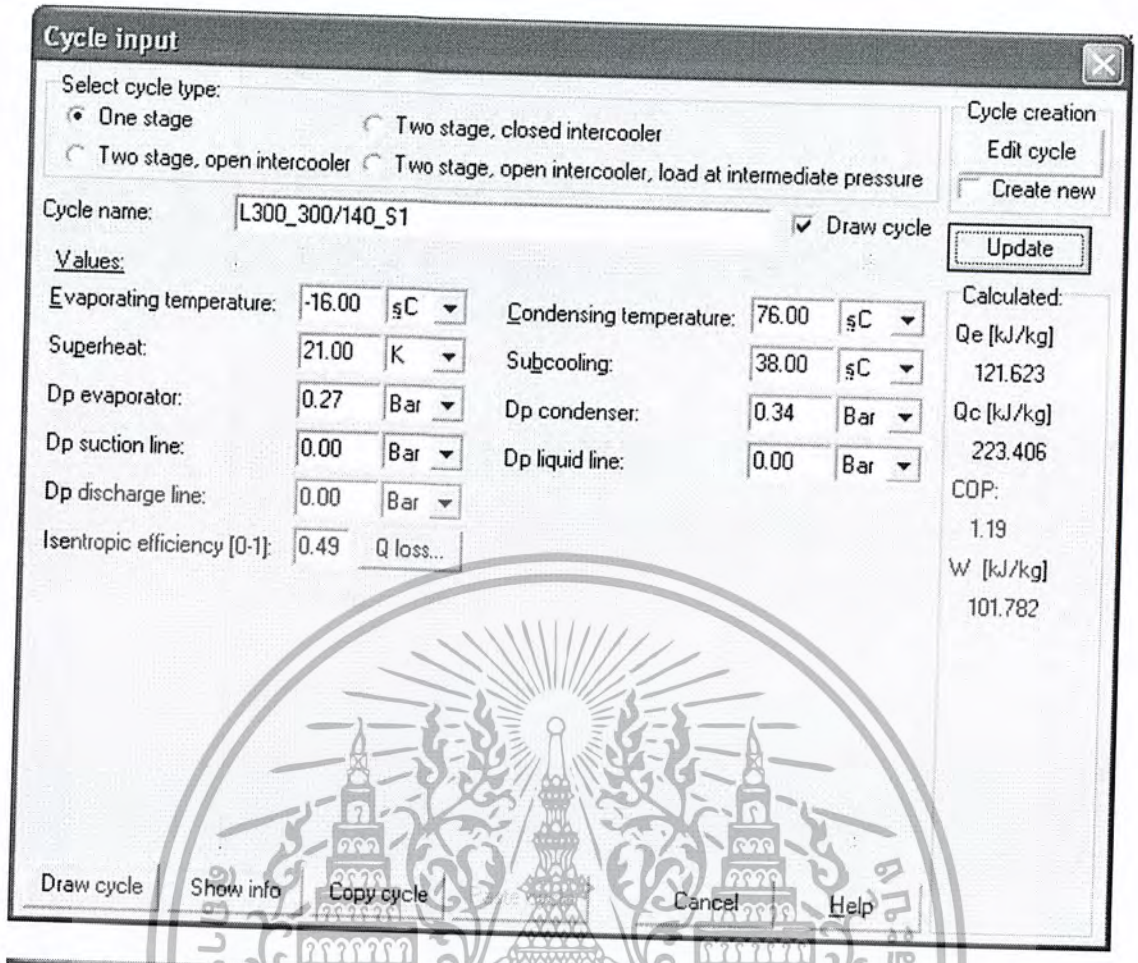


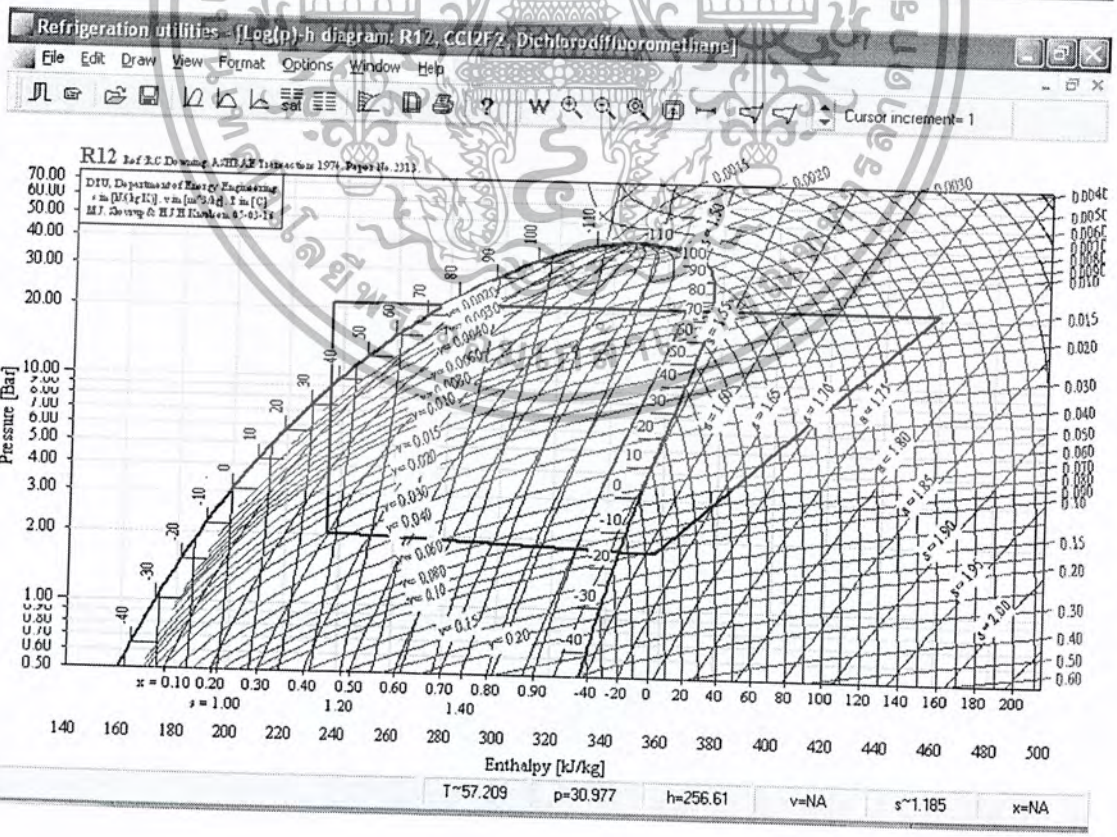
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 9)

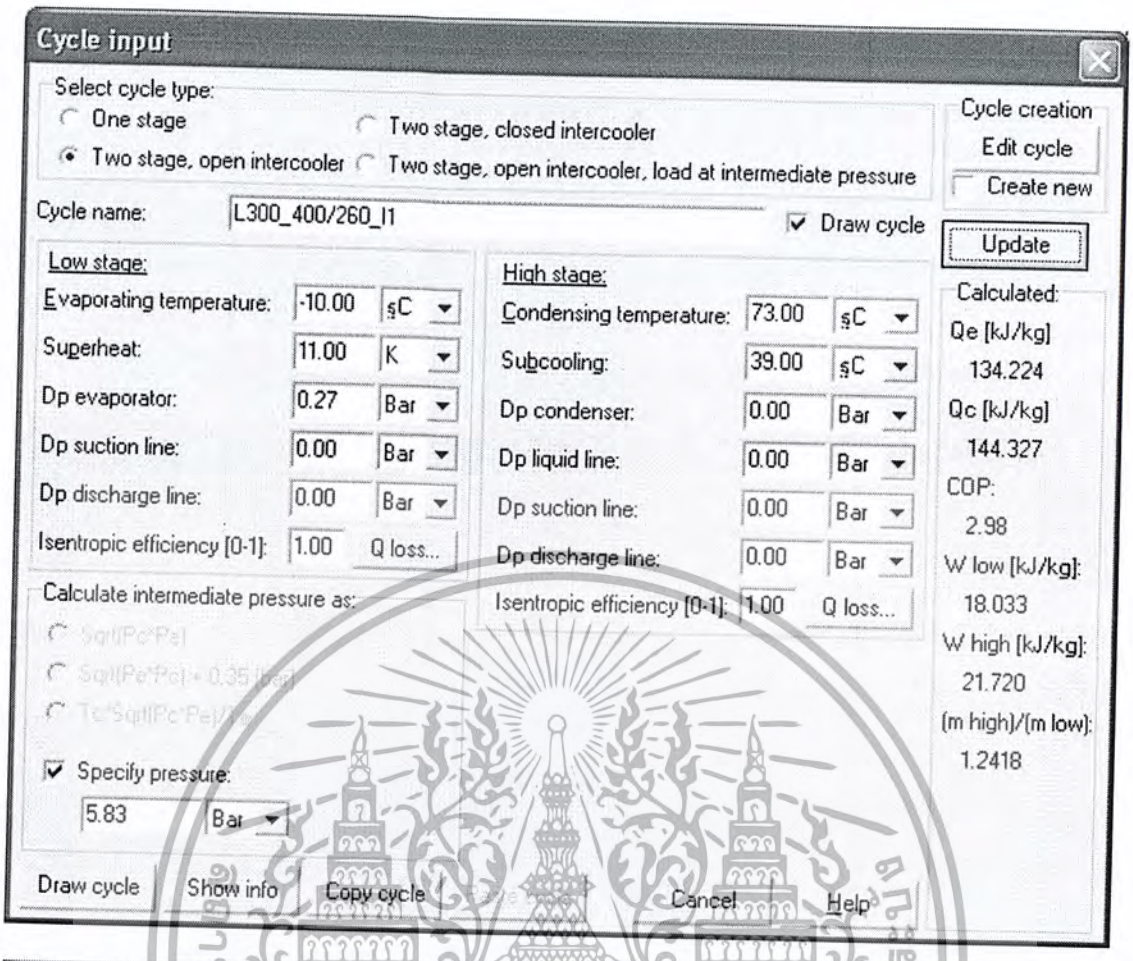
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt

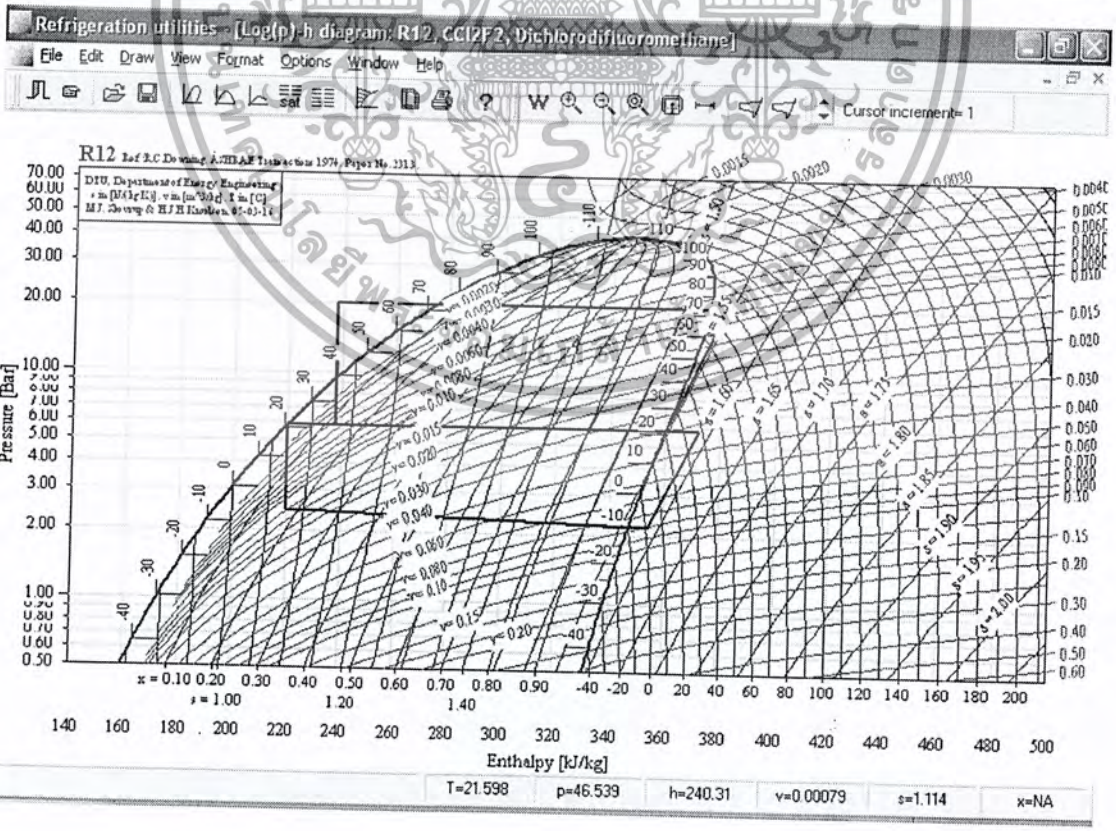
(หมายเหตุ: L300_400/260_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 300 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L300_400/260_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

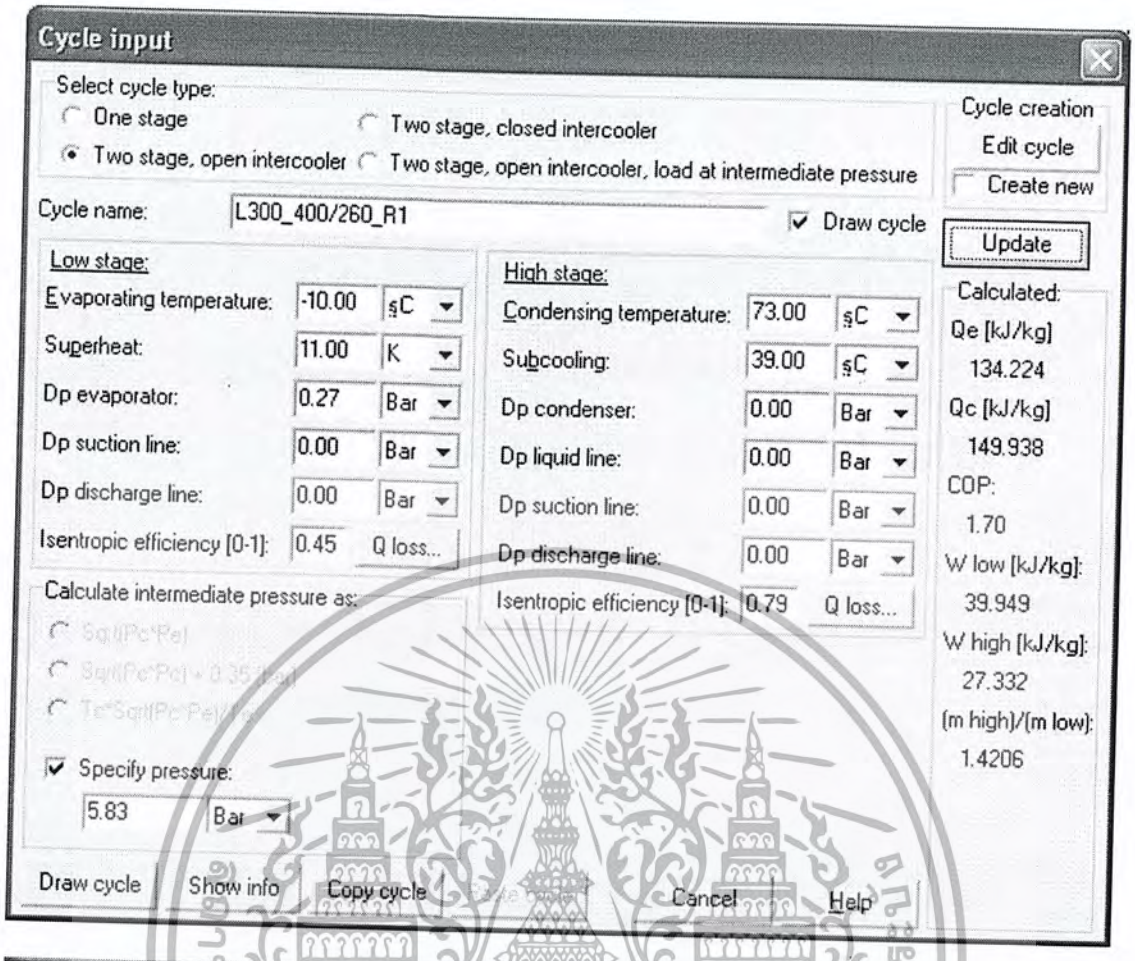
L300_400/260_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

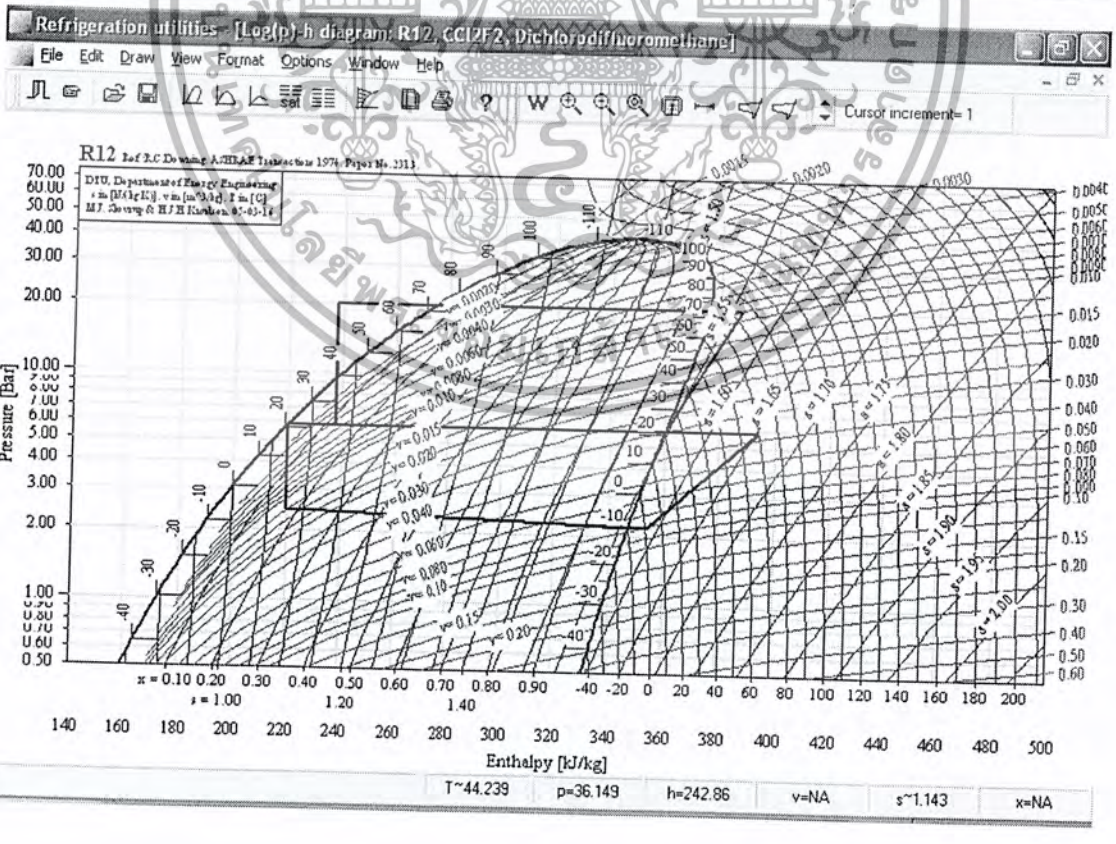
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



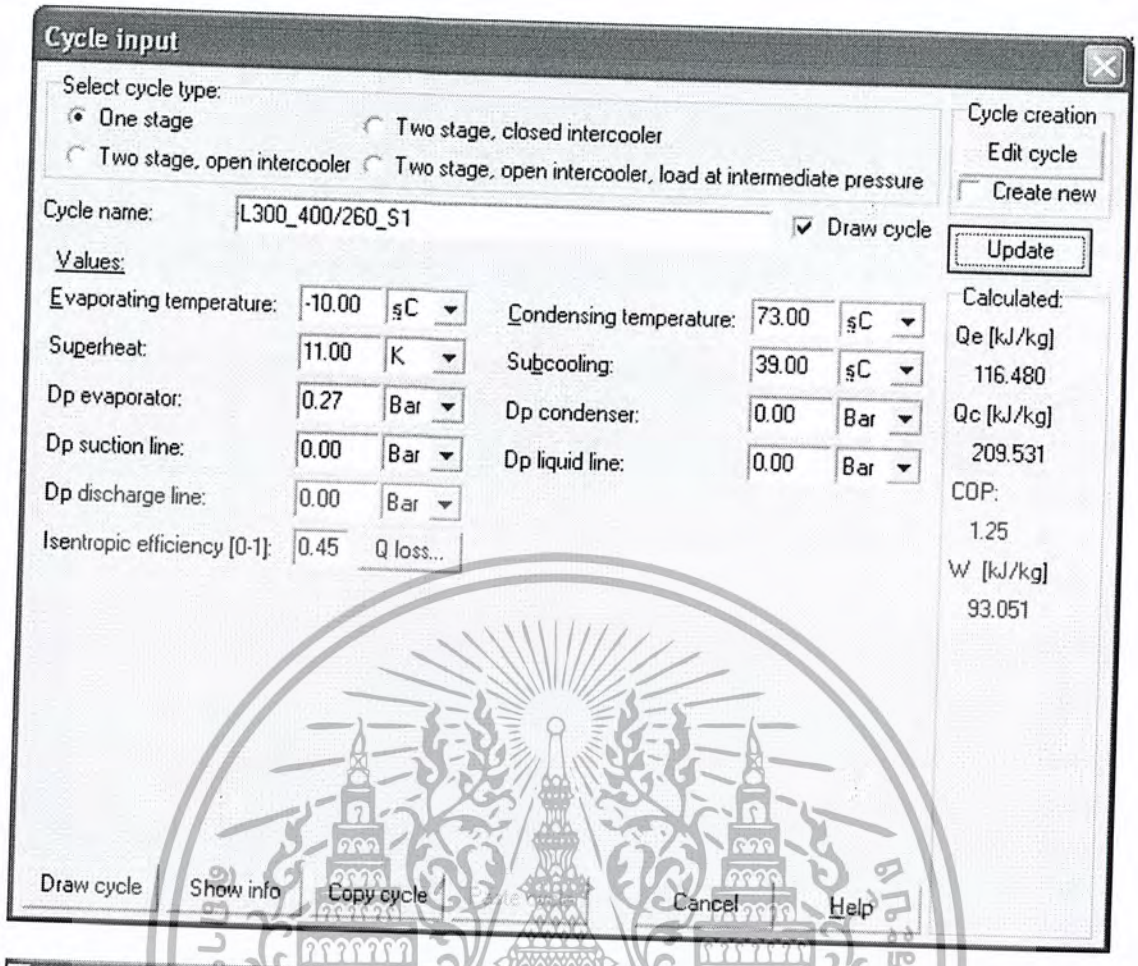


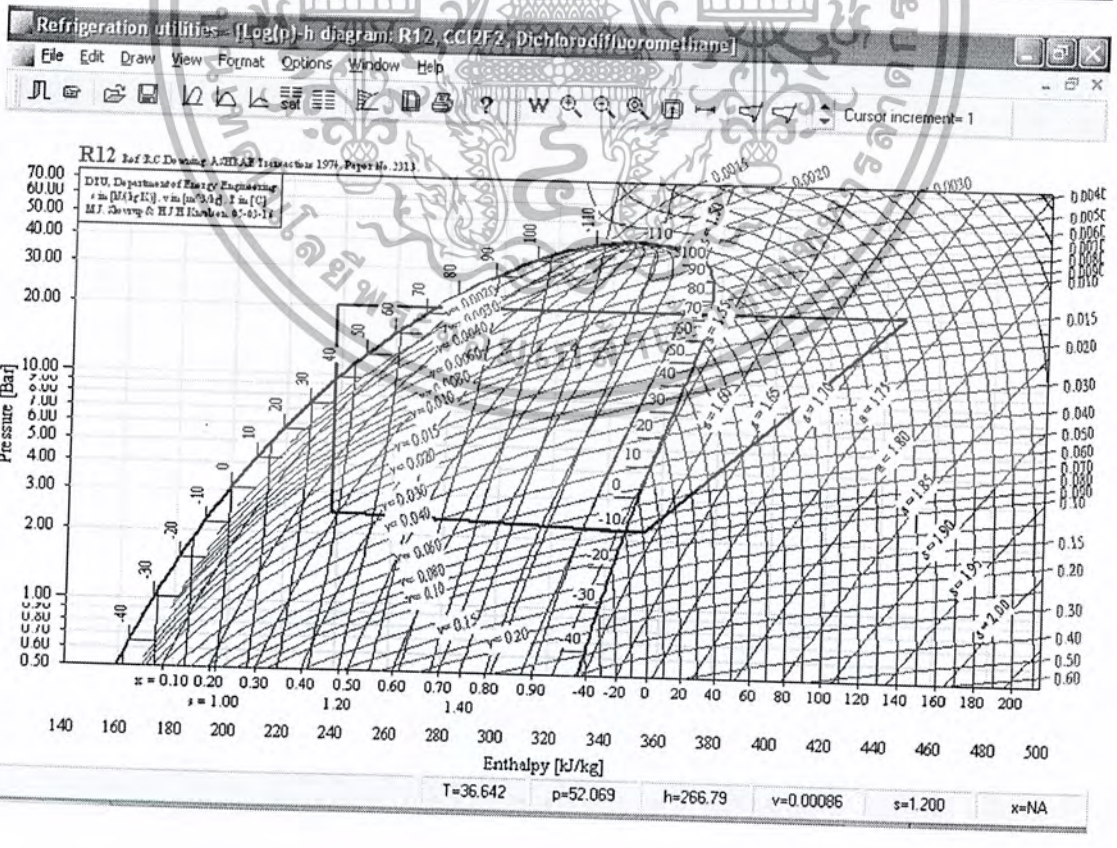
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 10)

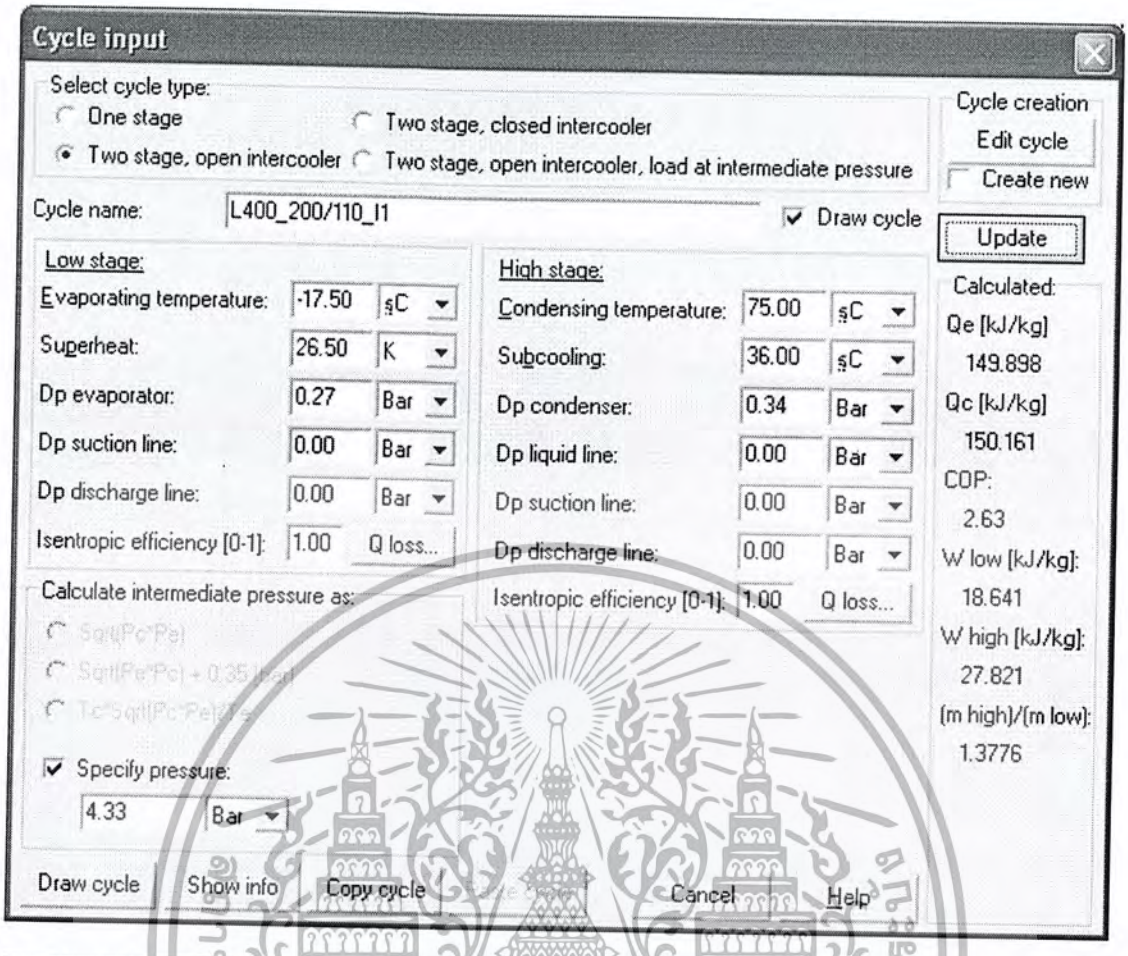
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt

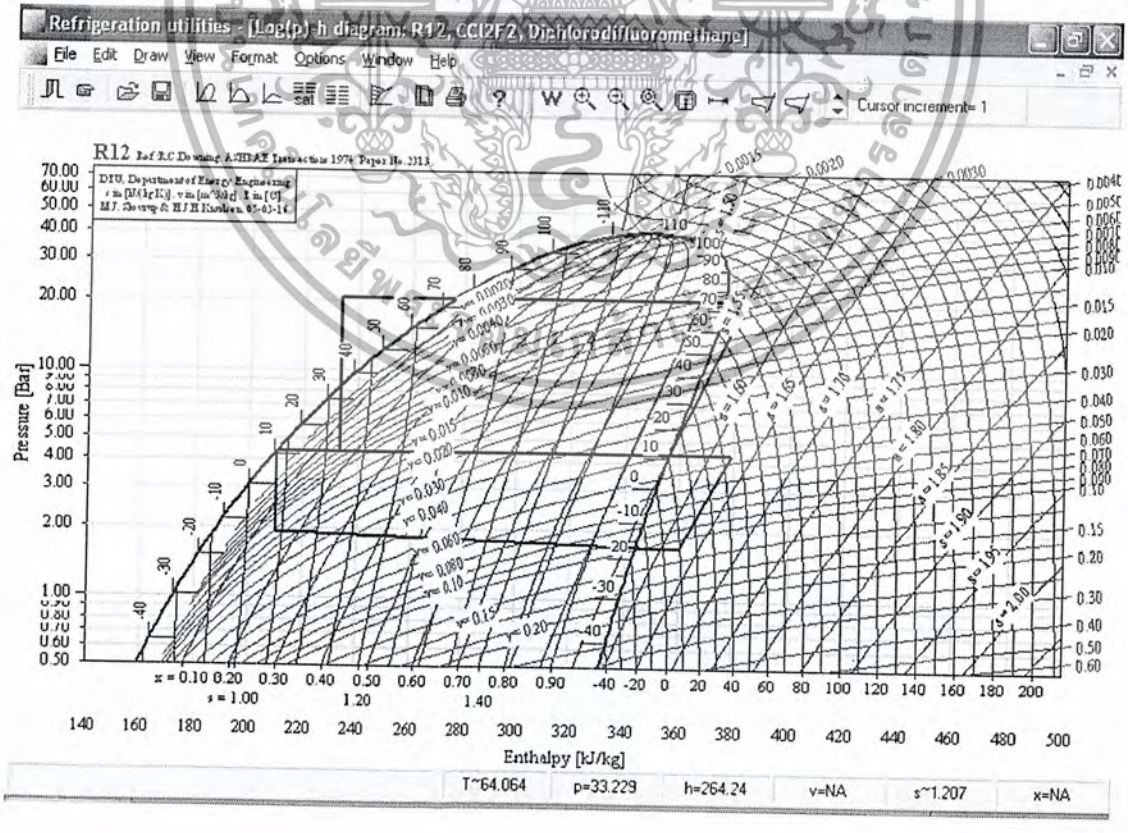
(หมายเหตุ: L400_200/110_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L400_200/110_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 200 step วาล์วบน 110 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

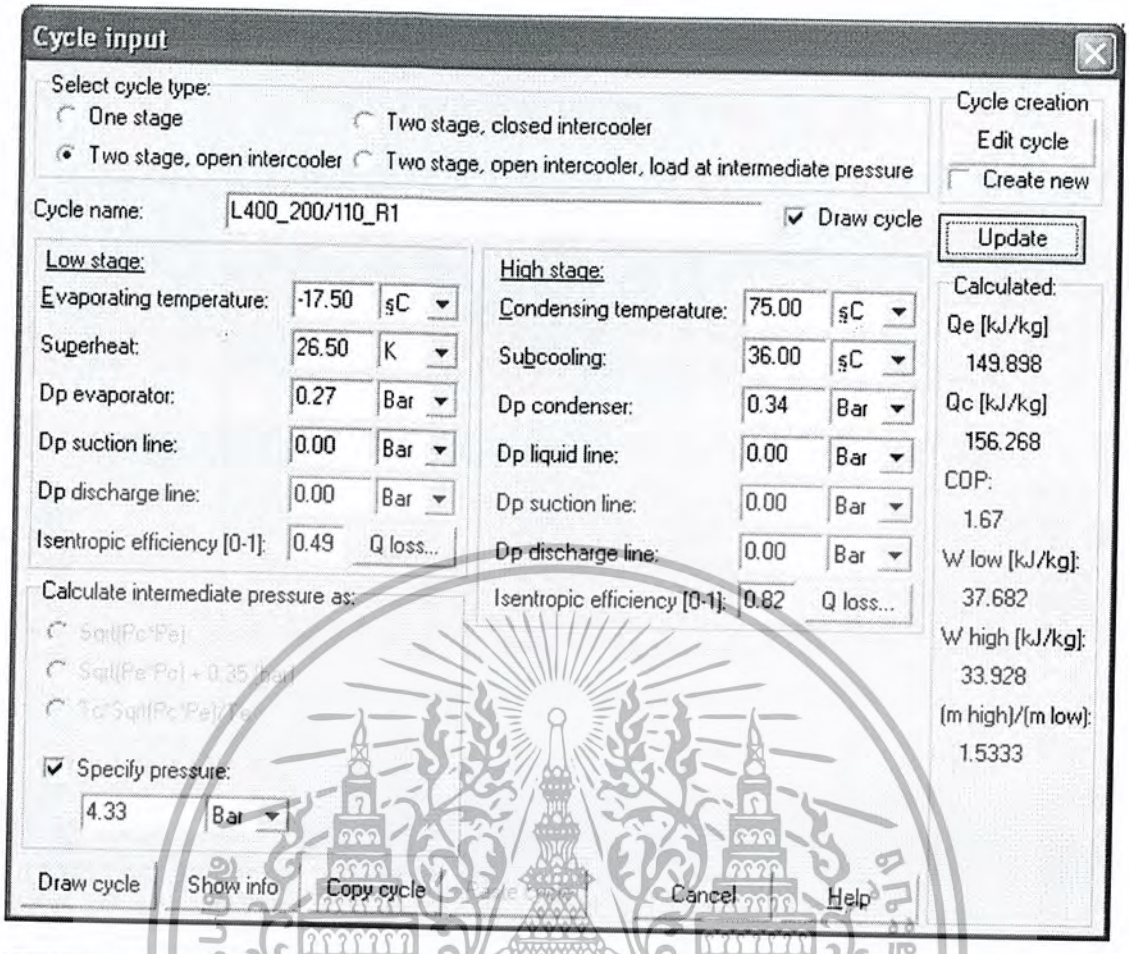
L400_200/110_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

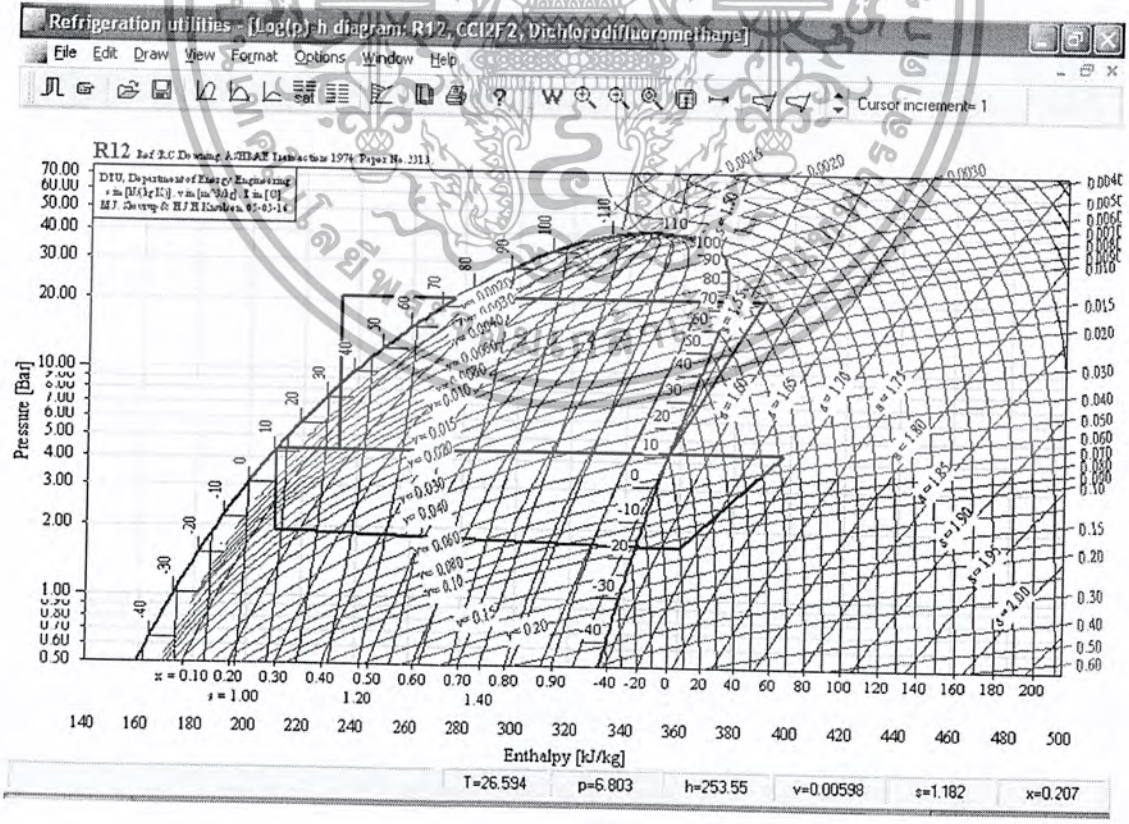
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



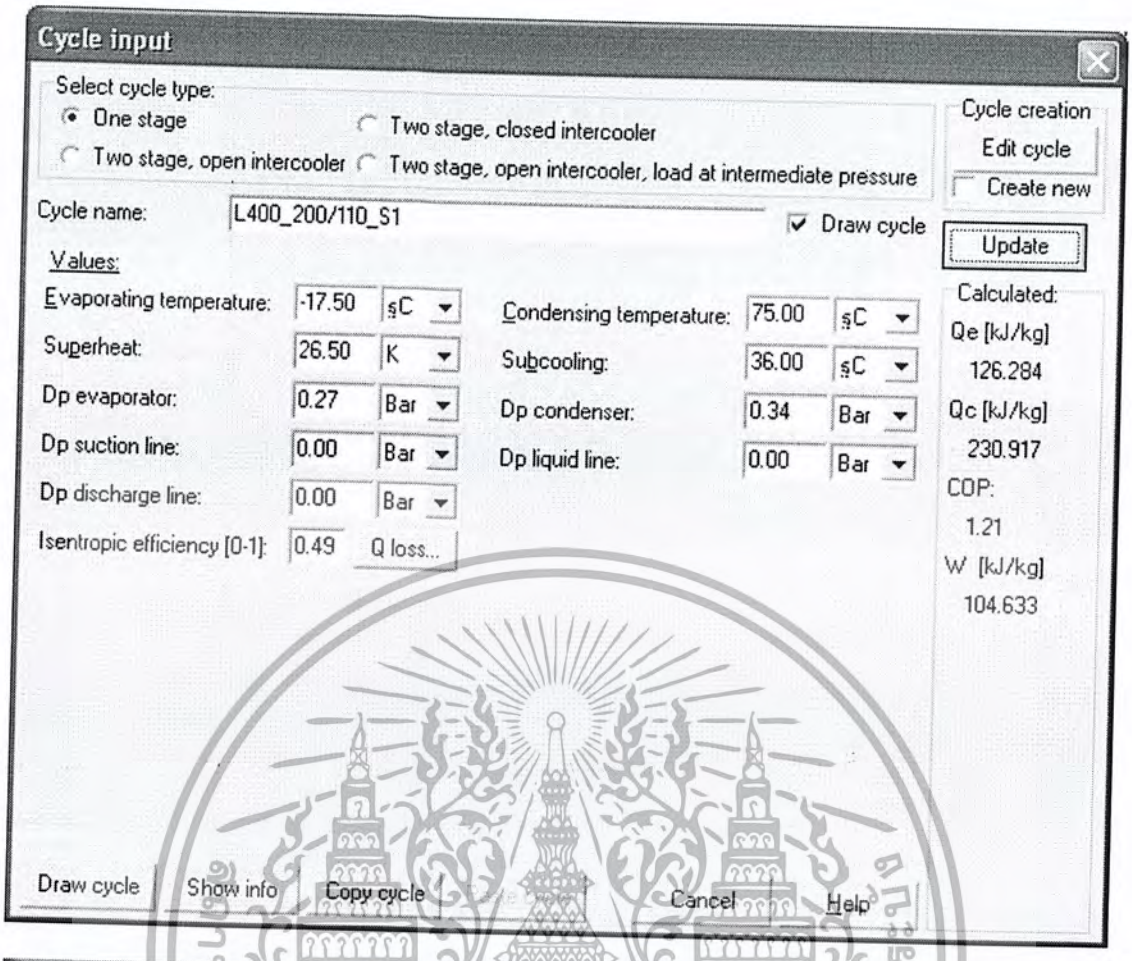


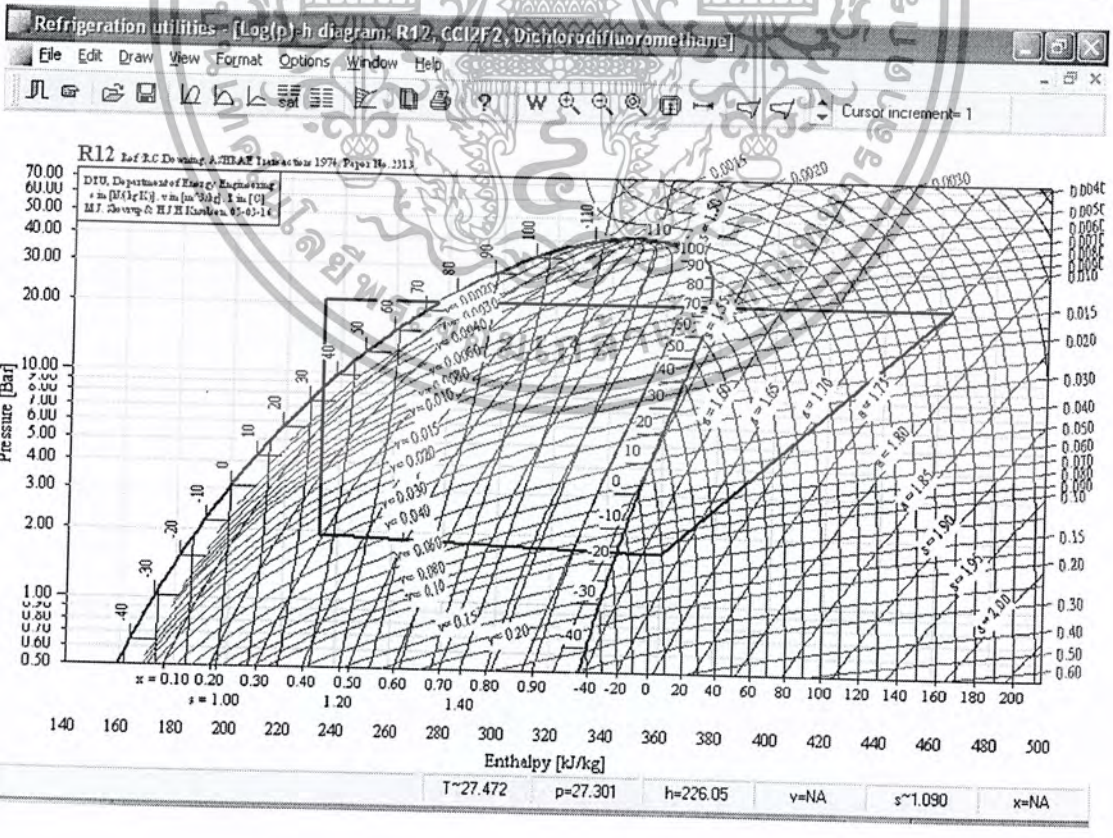
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 11)

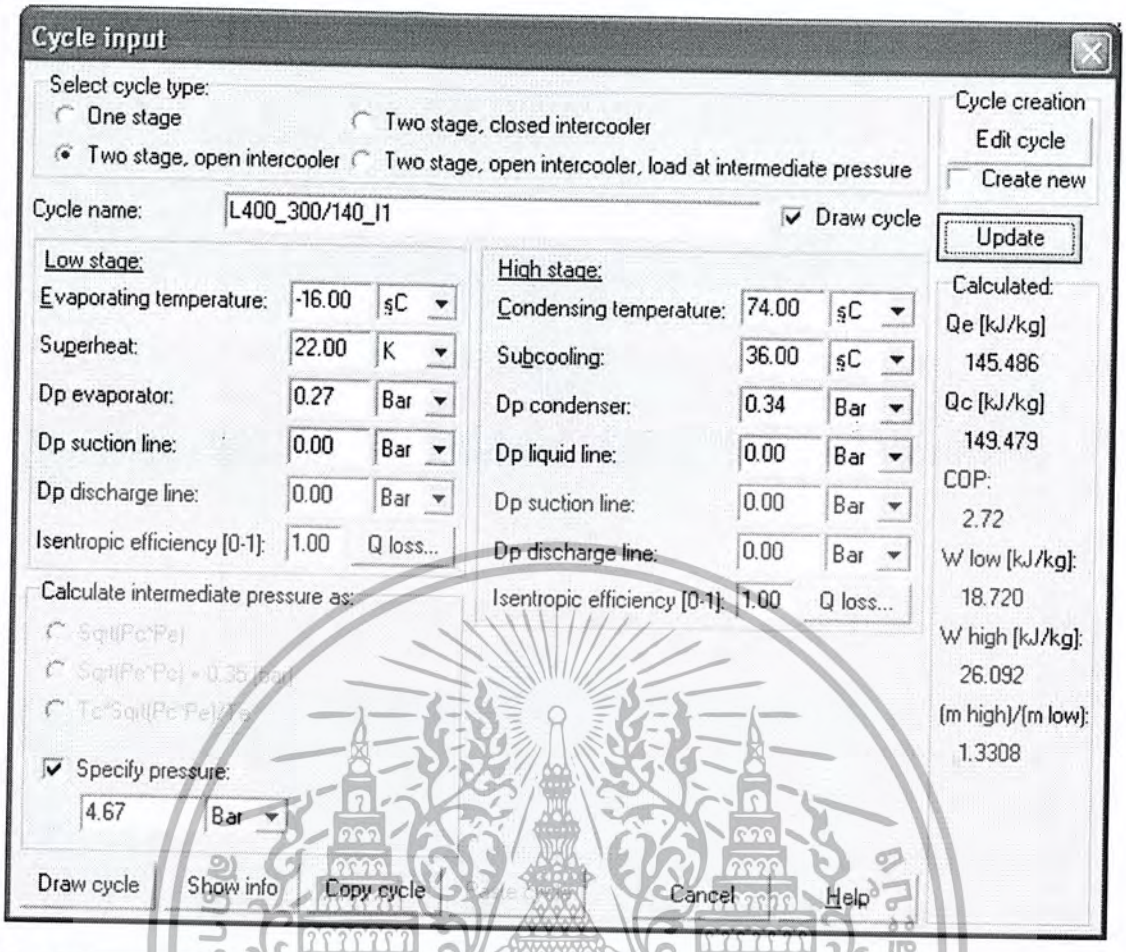
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt

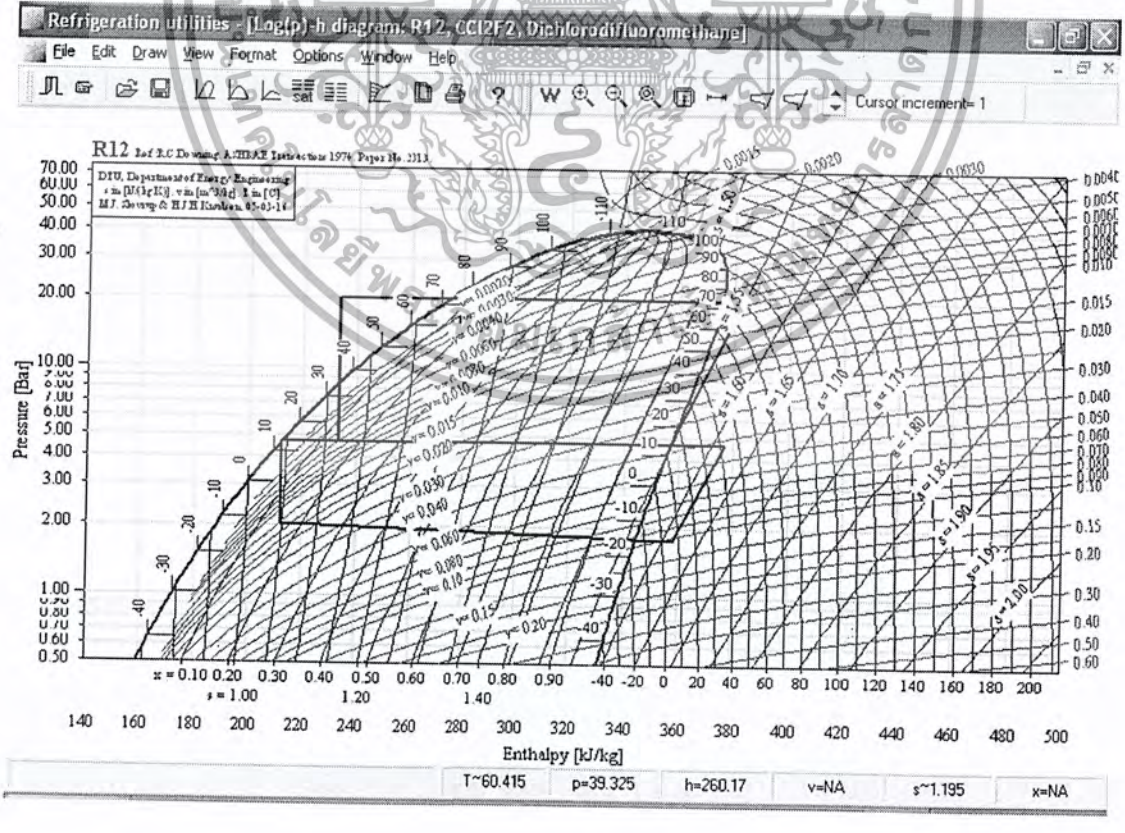
(หมายเหตุ: L400_300/140_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L400_300/140_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 300 step วาล์วบน 140 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

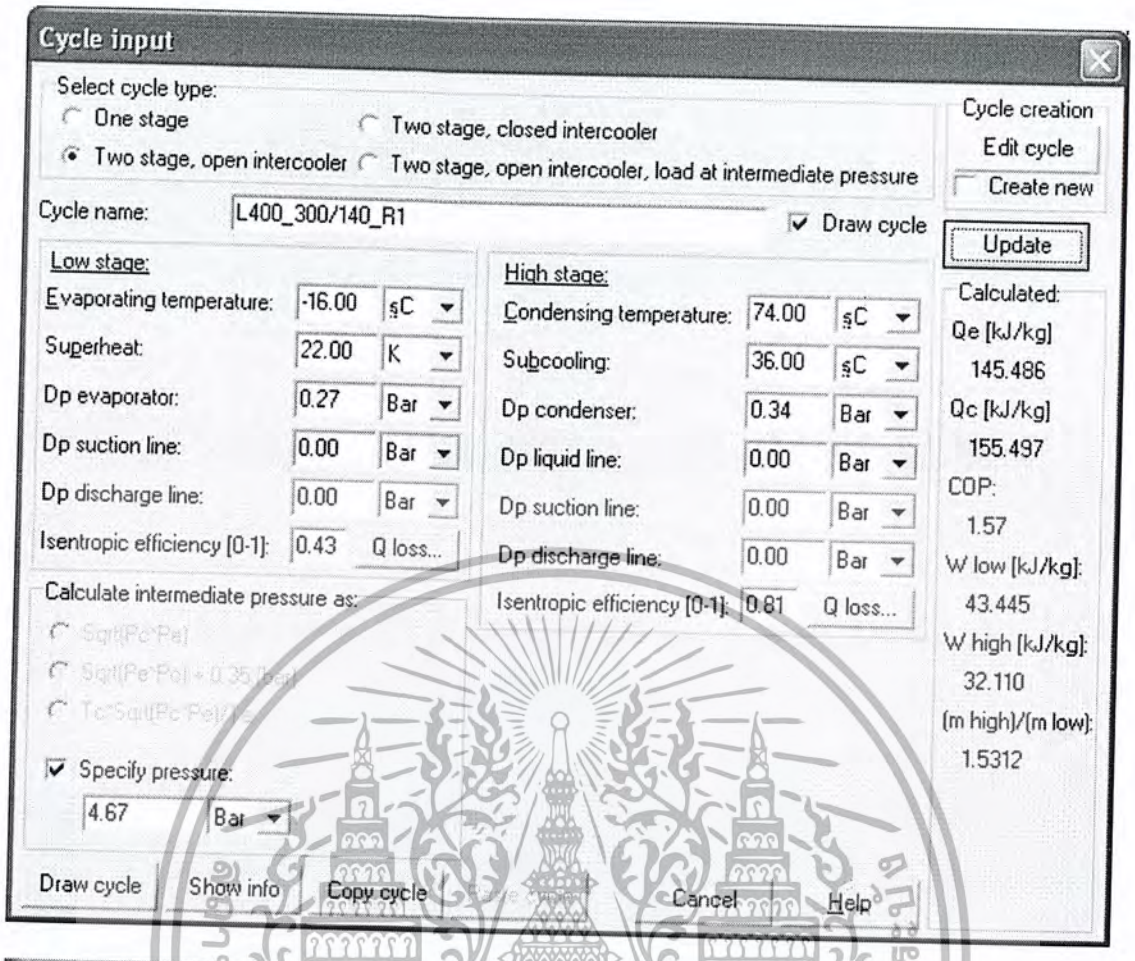
L400_300/140_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

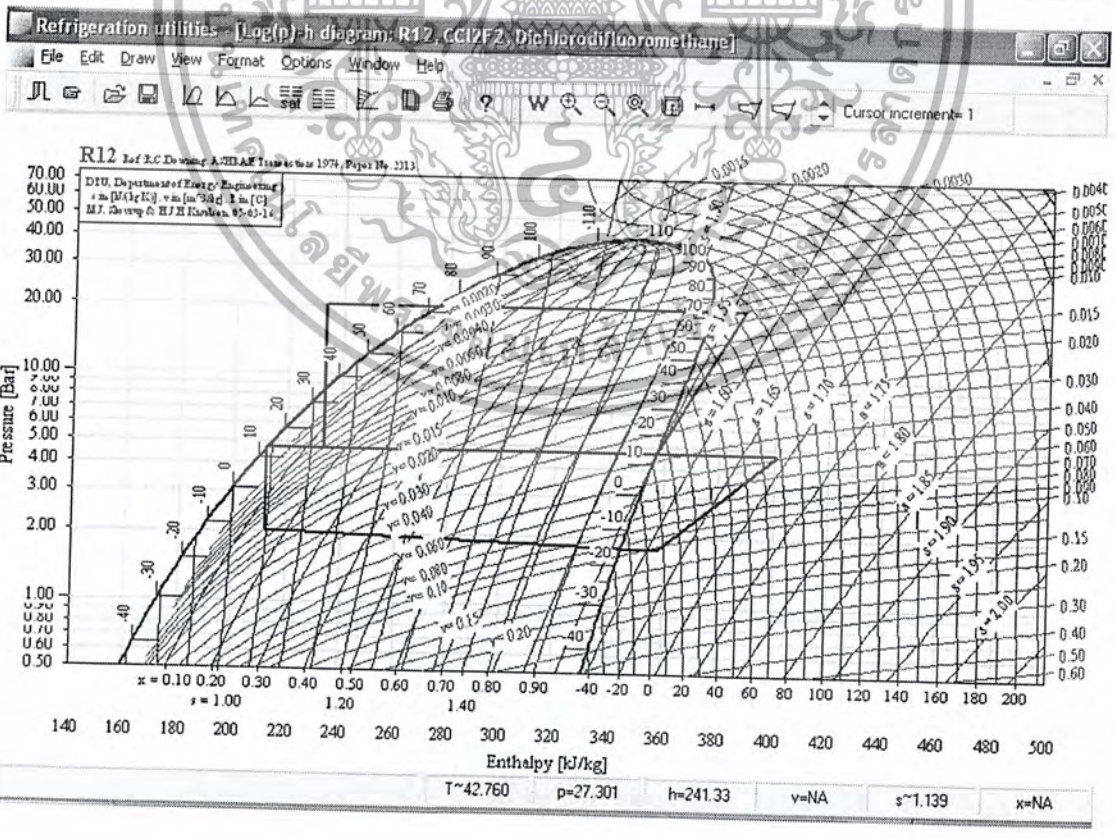
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



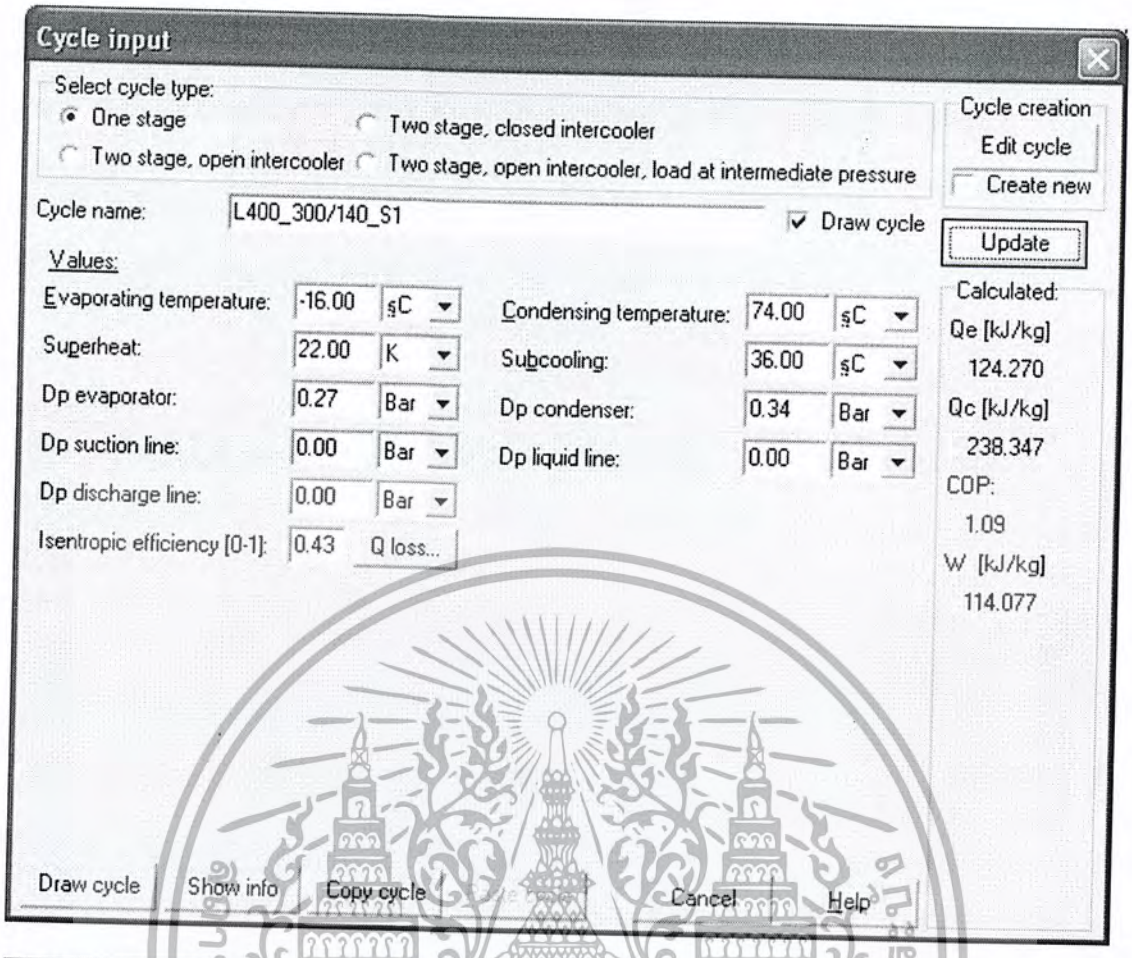


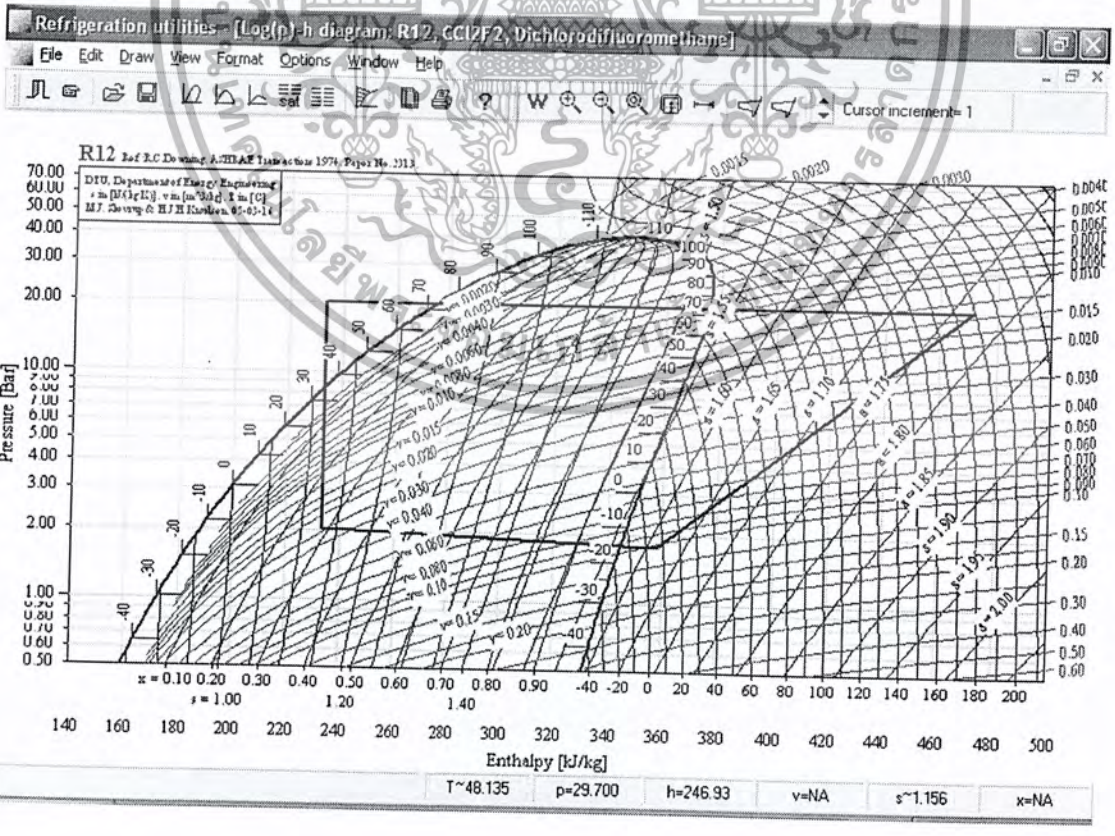
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลการทดลองส่วนที่สอง (ชุดที่ 12)

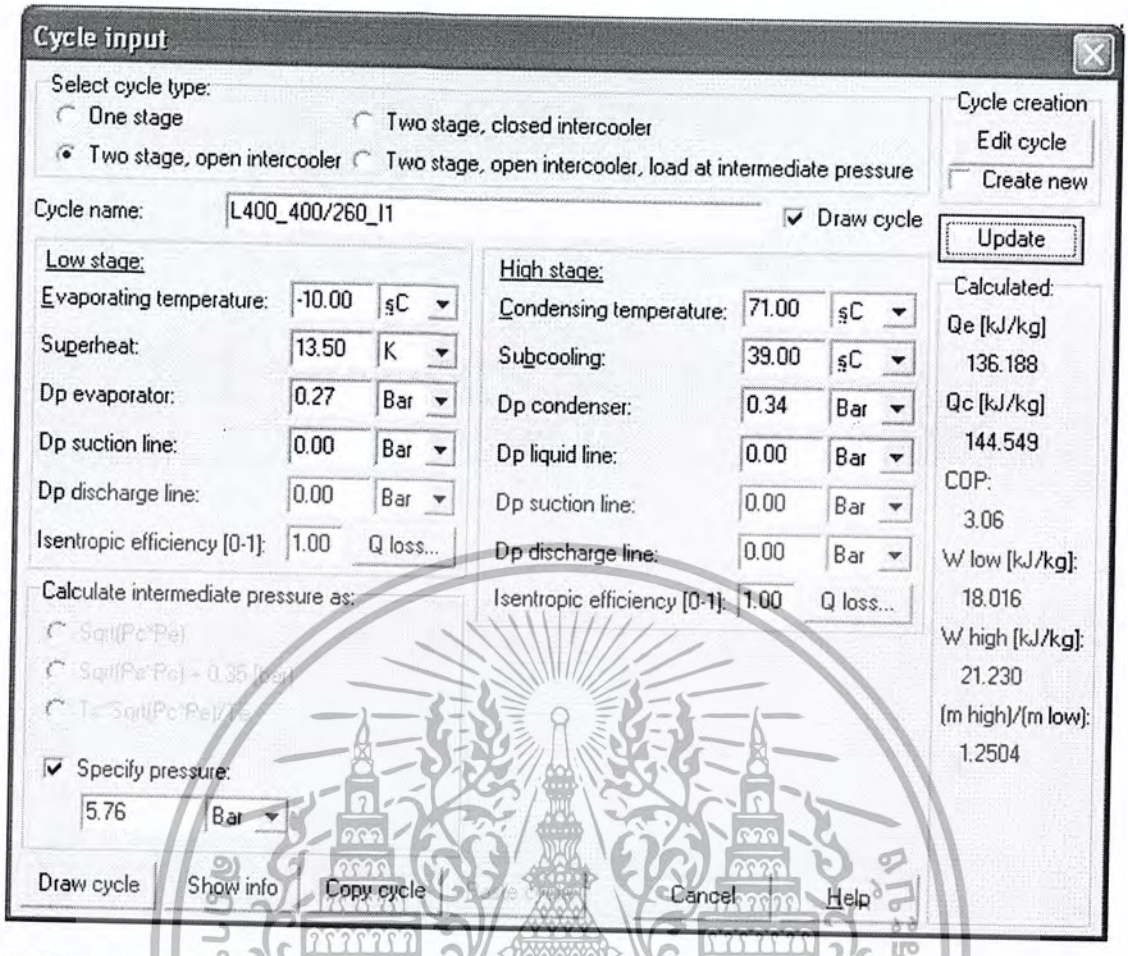
ผลการทดลองการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะของระบบในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องที่มีสภาวะการปรับวาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt

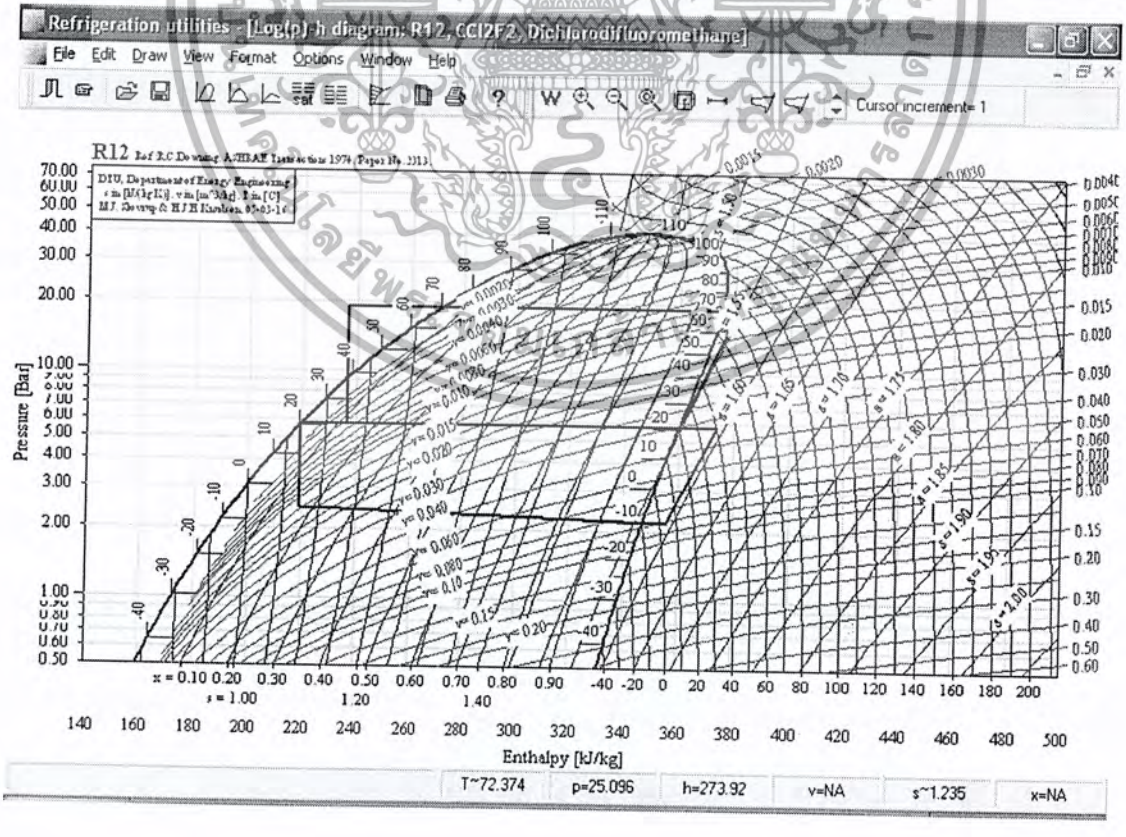
(หมายเหตุ: L400_400/260_I1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยที่มีการให้ความร้อนอย่างคงที่ภายในห้องเท่ากับ 400 Watt และพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าเท่ากับหนึ่ง ในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

L400_400/260_R1 คือ ระบบ Two Stage ที่การปรับวาล์วแบบ วาล์วล่าง 400 step วาล์วบน 260 step โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor ทั้งสองมีค่าตามจริงในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง

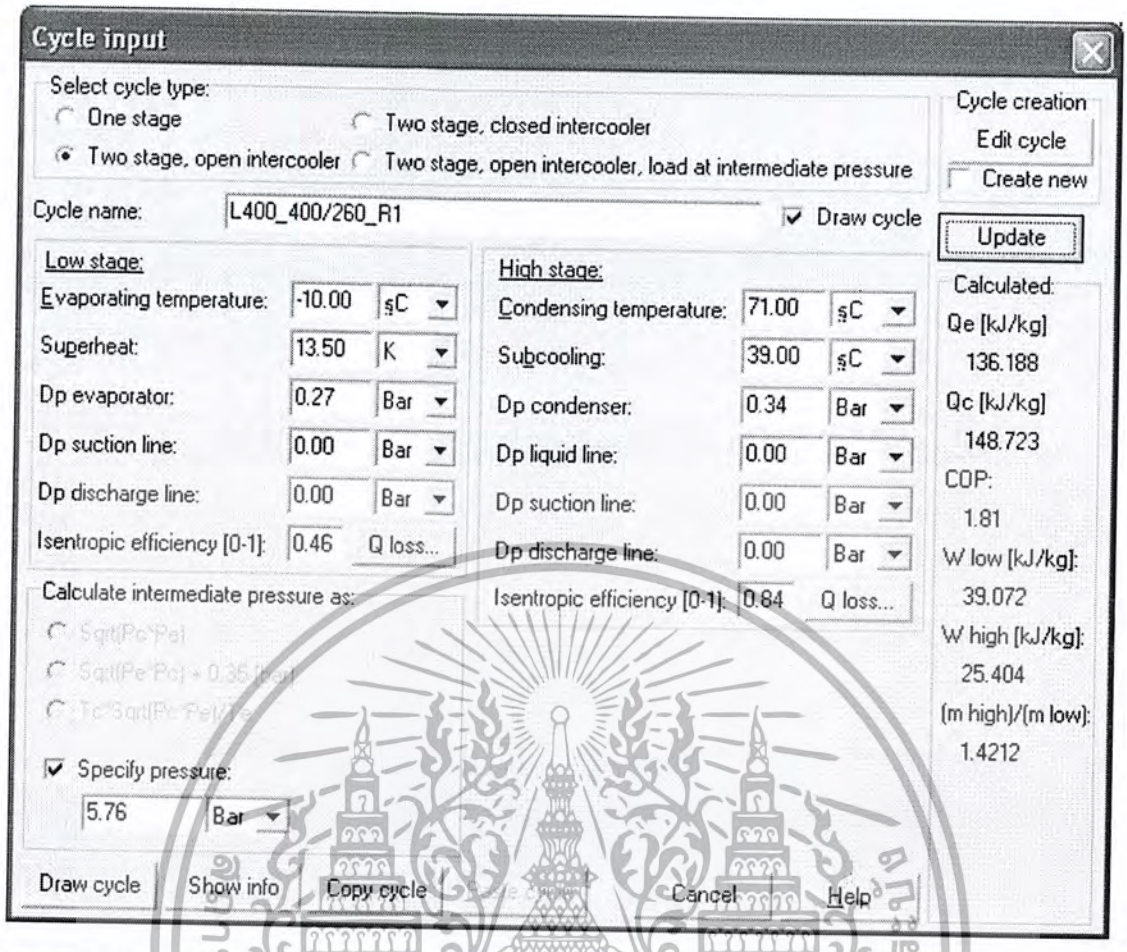
L400_400/260_S1 คือ ระบบ Single Stage ที่สภาวะความดันที่ Condenser และ Evaporator เท่ากับระบบ Two Stage โดยพิจารณาที่ Isentropic Efficiency ของ Compressor มีค่าเท่ากับ Compressor ที่วัฏจักรความดันต่ำในการเก็บผลครั้งที่หนึ่ง)

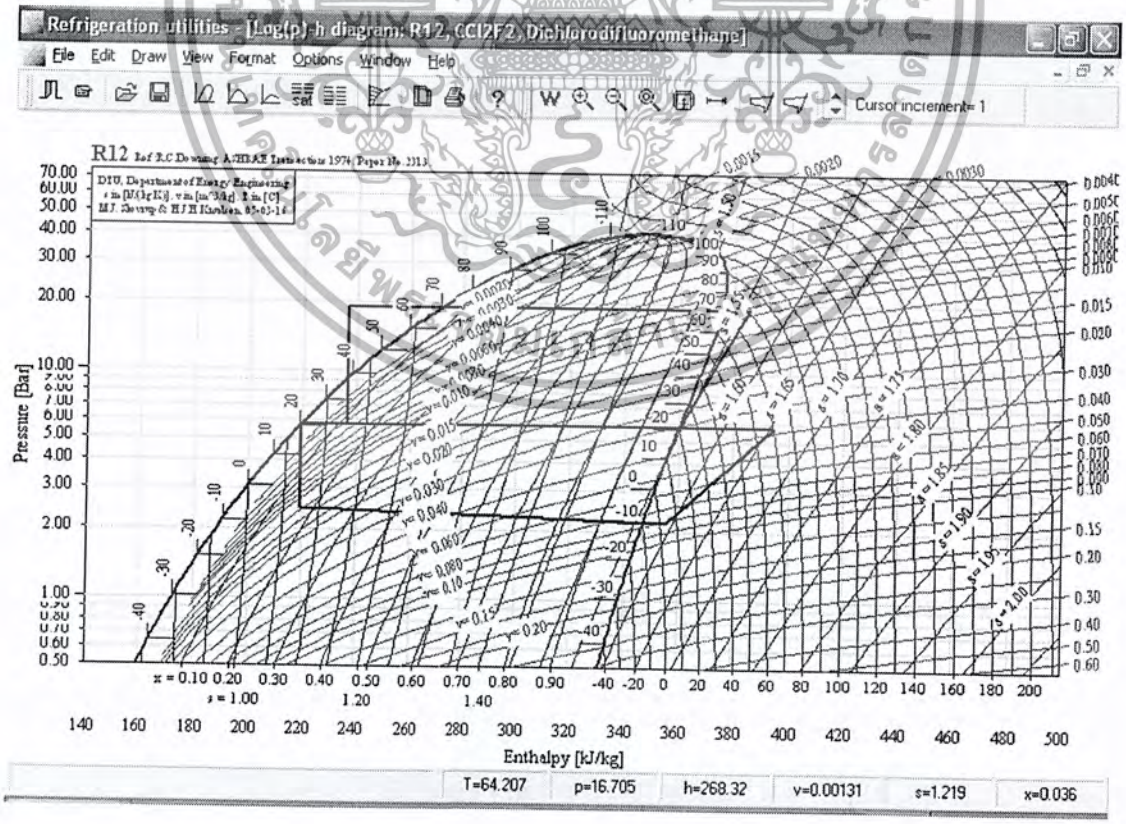
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



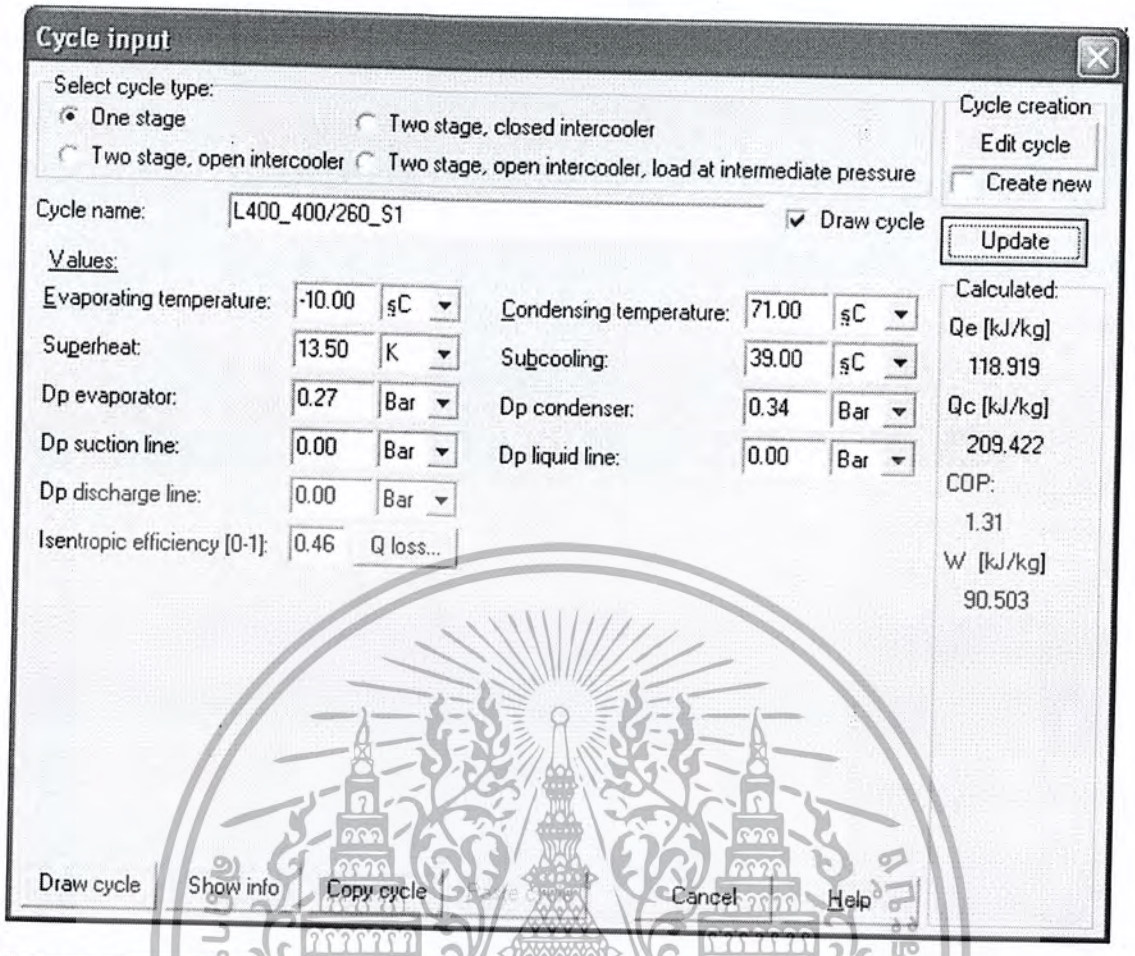


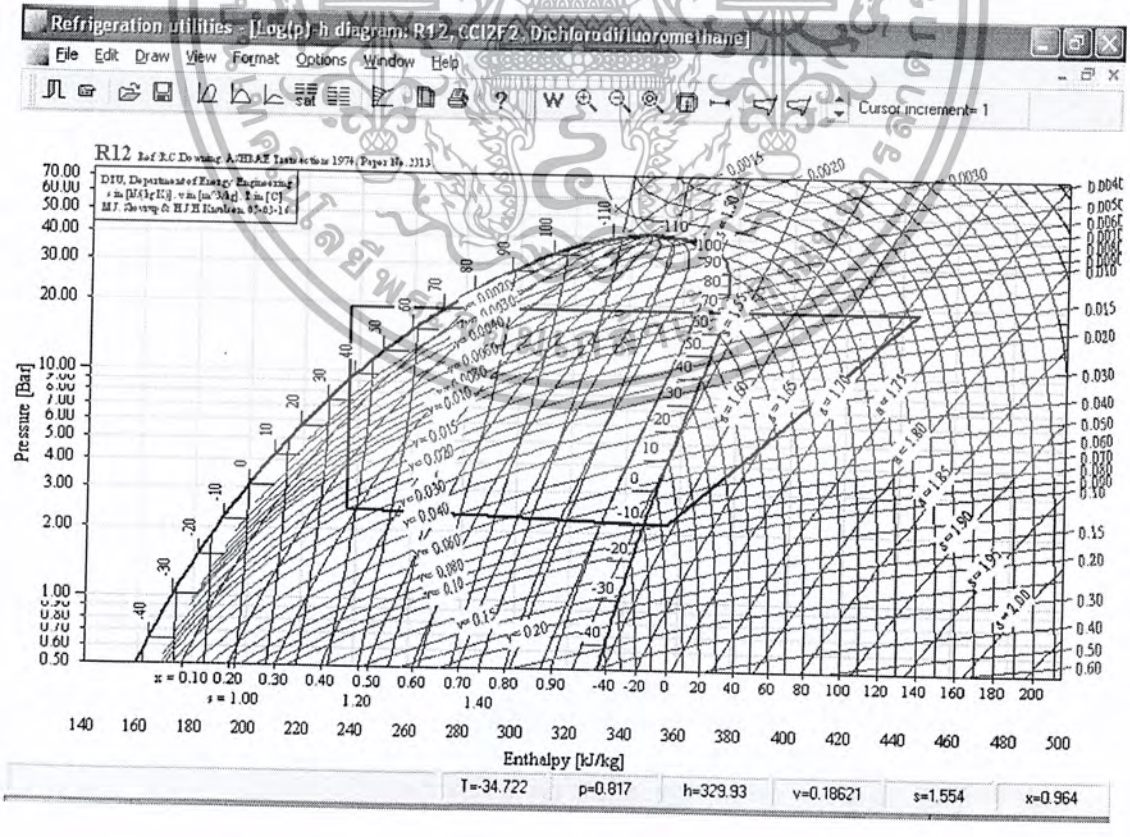
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

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

[2] Ridhard G.Jordan and Gayle B. Priester, *"Refrigeration & Air Conditioning"*, 2nd edition, Prentice-Hall of India Private Limited New Delhi,1973

[3] Van Wylen, G.J. Sonntag, R.E. and Borgnakke, C., "*Fundamentals of Classical Thermodynamics*", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., 1994.

[4] Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, "*Thermodynamics An Engineering Approach*", 3rd edition, Mc Graw Hill, 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้