

สำนักหอสมุดกลาง [พระจอมเกล้าลาดกระบัง]

การศึกษาสมรรถนะของวาล์วควบคุมสารทำความเย็น
แบบเทอร์โมสแตติกและอิเล็กทรอนิกส์ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
The Study of Thermostatic and Electronic
Expansion Valves Performances in Vapor Refrigeration System



นายวีระยุทธ ศุภมิตร
นายศรายุทธ ชังขัตตน์
นายสุริโย นิสสกกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62472
วัน,เดือน,ปี..... 18 ส.ค. 2549

11625418
.b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมรรถนะของวาล์วควบคุมสารทำความเย็น
แบบเทอร์โมสแตติกและอิเล็กทรอนิกส์ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
The Study of Thermostatic and Electronic
Expansion Valves Performances in Vapor Refrigeration System



โดย
นายวีระยุทธ ศุภมิตร
นายสรยุทธ สังข์พัฒน์
นายสุริโย นิสภกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะของวาล์วควบคุมสารทำความเย็นแบบเทอร์โมสแตติกและอิเล็กทรอนิกส์ในระบบ
ทำความเย็นแบบอัดไอ

The Study of Thermostatic and Electronic Expansion Valves Performances in Vapor
Refrigeration System

ผู้จัดทำ

- | | | |
|----------------|-----------|-----------------------|
| 1. นายวีระยุทธ | ศุภมิตร | รหัสประจำตัว 45010728 |
| 2. นายศรายุทธ | สังขพัฒน์ | รหัสประจำตัว 45010746 |
| 3. นายสุริโย | นิสสกุล | รหัสประจำตัว 45010884 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาศมรรถนะของวาล์วควบคุมสารทำความเย็นแบบเทอร์โมสแตติกและอิเล็กทรอนิกส์

นายวีระยุทธ สุขมิตร	45010728
นายศรายุทธ สังข์พัฒน์	45010746
นายสุริโย นิสกุล	45040884
ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์	อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เป็นการศึกษาการทดลองเพื่อที่จะเปรียบเทียบและประเมินค่าสมรรถนะพลังงานของวาล์วอิเล็กทรอนิกส์แบบเทอร์โมสแตติก หรือทีเอ็กซ์วี (Thermostatic Expansion Valve หรือ TXV) และวาล์วอิเล็กทรอนิกส์แบบอิเล็กทรอนิกส์ หรืออีเอ็กซ์วี (Electronic Expansion Valve หรือ EXV) โดยวาล์วทั้งสองชนิดถูกประกอบเข้ากับเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ ที่มีคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นชนิดหล่อเลี้ยงด้วยน้ำ เค็นระบบทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์แบบเปิดที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 3 เฟส 1 แรงม้า สมรรถนะของวาล์วทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีจะถูกทดสอบในสภาวะการทำงานที่แตกต่างกันด้วยสารทำความเย็นอาร์-12 โดยผลการทดลองศึกษาและเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า วาล์วอีเอ็กซ์วีให้สมรรถนะการทำงานที่ดีกว่าในช่วงทรานเซียนทุกสภาวะการทดลองเทียบกับวาล์วทีเอ็กซ์วี แต่ในสภาวะคงที่นั้นวาล์วทั้งสองให้สมรรถนะการทำงานที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study of Thermostatic and Electronic Expansion Valves Performances

Weerayut Suphamit 45010728

Sarayut Sangcarpat 45010746

Suriyo Nisapakul 45040884

Assist. Prof. Tawatchai Nakpipat Advisor

ABSTRACT

This project focus on an experimental study to evaluate the energetic performances of an *electronic and thermostatic expansion valve*. Both valves have been assembled to an experimental vapor compression plant with a water cooled condenser and chilled water evaporator operating with an open type compressor which is driven by 1 hp. 3 phase motor. The performances of these valves have been examined at different conditions with R-12. The final results of this study show an overall better performance of the electronic expansion valve compared with the thermostatic expansion valve under all transient conditions while in steady-state conditions both valves are equal in performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ รัชชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำและช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก บุคคลท่านต่อมาคือ คุณมะโน ละกุล และคุณภูไท ฤทธิธาร รุ่นพี่ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ จนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่ ตลอดมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้



วิระยุทธ สุภมิตร
ศรายุทธ สังขพัฒน์
สุริโย นิสภกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าสี

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีในการดำเนินงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีระบบการทำความเย็น	4
2.1 การทำความเย็น	4
2.2 ความร้อนที่เกิดเป็นการระ	4
2.3 หน่วยของการทำความเย็น	4
2.4 ประเภทของระบบทำความเย็น	4
2.5 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	5
2.6 วงจรของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	5
2.7 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	7
2.8 สารทำความเย็น	8
2.9 P-h Diagram	11
2.10 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น	13
2.11 สมการที่ใช้ในการคำนวณของการทำความเย็น	14
2.12 มาตรฐานของชุดคอมเพรสเซอร์และคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ	15
2.13 เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว	16
บทที่ 3 ทฤษฎีการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์	18
3.1 การรับส่งค่าข้อมูลทางคอมพิวเตอร์	18
3.2 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ของโลหะกับอุณหภูมิ	18
3.3 ระบบควบคุม	23
3.4 อิเล็กทรอนิกส์เอ็กแพนชันวาล์ว	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 โปรแกรมที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิแสดงกระบวนการ	29
4.1 ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ	29
4.2 ส่วนควบคุมการทำงานของฮีตเอ็กซ์ชั้วทั้งแบบแมนนวลและอัตโนมัติ	31
4.3 ส่วนเก็บข้อมูลย้อนหลัง	33
บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	34
5.2 การอ่านข้อมูลในการทดลอง	38
5.3 วิธีการทดลอง	39
บทที่ 6 ผลการทดลอง	43
6.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้ว ที่สภาวะมาตรฐานเออาร์ไอ (ARD) ในช่วงสภาวะคงที่ (Steady state)	43
6.2 การทดลองหาความเร็วในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นช่วงสภาวะทรานเซียน (Transient) เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady) โดยใช้วาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้ว และฮีตเอ็กซ์ชั้วในการลดความดันของสารทำความเย็น	45
6.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้ว จากการผันแปรภาระการทำความเย็นทุก 15 นาที และ 30 นาที	48
6.4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้วในช่วงการทำงานที่สภาวะ ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ	73
บทที่ 7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	85
7.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของวาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้ว ที่สภาวะมาตรฐานเออาร์ไอ (ARD) ในช่วงสภาวะคงที่ (Steady state)	85
7.2 การทดลองหาความเร็วในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นช่วงสภาวะทรานเซียน (Transient) เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady) โดยใช้วาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้วในการลดความดันของสารทำความเย็น	87
7.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวาล์วที่ฮีตเอ็กซ์ชั้วและฮีตเอ็กซ์ชั้วจากการผันแปรภาระการทำความเย็นทุก 15 นาที และ 30 นาที	91
7.4 การทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมและการตอบสนองของฮีตเอ็กซ์ชั้ว และ ฮีตเอ็กซ์ชั้ว เมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานในสภาวะความเร็วรอบต่างๆ	97
ภาคผนวก	111
บรรณานุกรม	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2-1 อุปกรณ์ของเครื่องทำความเย็น	5
รูปที่ 2-2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ	7
รูปที่ 2-3 โครงสร้างทางเคมีของ R-12	10
รูปที่ 2-4 โครงสร้างของ P-h Diagram	11
รูปที่ 2-5 โครงสร้าง P-h Diagram แสดงเส้นความดันคงที่ อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรคงที่ และเส้นเอนทาลปี	12
รูปที่ 3-1 การทำงานของชุดรับส่งข้อมูล	18
รูปที่ 3-2 ลักษณะตัวอาร์ทีดีที่ใช้ในการทดลอง	19
รูปที่ 3-3 อัตราส่วนของความต้านทานโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดีเทียบกับความต้านทานที่ 0°C	20
รูปที่ 3-4 วงจรการต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี	21
รูปที่ 3-5 จุดวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องทำความเย็น	21
รูปที่ 3-6 วงจรสมบรูณ์ของอีเอ็กซ์ศูนย์แปด บอร์ดแปลงสัญญาณออกจากตัวอาร์ทีดี	23
รูปที่ 3-7 ระบบควบคุมแบบ Open-loop	24
รูปที่ 3-8 ระบบควบคุมแบบ Close-loop	24
รูปที่ 3-9 โครงสร้างพื้นฐานของสเต็ปมอเตอร์ชนิดยูนิโพลาร์ทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย	25
รูปที่ 3-10 วงจรสมบรูณ์ของอีเอ็กซ์ศูนย์ห้า(EX-05) บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	28
รูปที่ 4-1 โปรแกรมควบคุมการทำงาน	30
รูปที่ 4-2 ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ	29
รูปที่ 4-3 แสดงไฟล์ชาร์ทการทำงานการอ่านค่าอุณหภูมิ	31
รูปที่ 4-4 แสดงองศาการเปิดปิดของวาล์วอีเอ็กซ์วี	32
รูปที่ 4-5 แสดงไฟล์ชาร์ทการทำงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมวาล์ว	32
รูปที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่ถูกบันทึก	33
รูปที่ 5-1 ชุดทดสอบเครื่องทำน้ำเย็น	34
รูปที่ 5-2 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในชุดเครื่องทำน้ำเย็น	35
รูปที่ 5-3 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของสารทำความเย็นลักษณะของเหลว	36
รูปที่ 5-4 แสดงตัวเทอร์โมสแตติกอีเอ็กซ์แพนชันวาล์ว	36
รูปที่ 5-5 แสดงตัวอิเล็กทรอนิกส์อีเอ็กซ์แพนชันวาล์ว	37
รูปที่ 5-6 แสดงค่าแรงดันของสารทำความเย็นที่อีวาโปเรเตอร์	37
รูปที่ 5-7 แสดงวงจรการวัดค่าของตัววัดอุณหภูมิ	38
รูปที่ 7-1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้ากับค่าการทำงานทำความเย็นของวาล์วอีเอ็กซ์วี กับอีเอ็กซ์วี ในการทำงานสภาวะเสถียร	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7-2 กราฟแสดงค่า COP ของ วาล์วที่เอ็กซ์วี กับอีเอ็กซ์วีในการทำงานสภาวะเสถียร	86
รูปที่ 7-3 กราฟแสดงค่า COP กับค่าการทำความเย็นของวาล์วที่เอ็กซ์วี กับอีเอ็กซ์วีในการทำงานสภาวะเสถียร	86
รูปที่ 7-4 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วที่เอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่	87
รูปที่ 7-5 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วอีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่	88
รูปที่ 7-6 กราฟแสดงความดันของวาล์วที่เอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่	89
รูปที่ 7-7 กราฟแสดงความดันของวาล์วอีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่	89
รูปที่ 7-8 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์เมื่อสภาวะภาระเข้าสู่สภาวะเสถียร	90
รูปที่ 7-9 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	91
รูปที่ 7-10 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	91
รูปที่ 7-11 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	92
รูปที่ 7-12 กราฟแสดงอุณหภูมิของวาล์วอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	92
รูปที่ 7-13 กราฟแสดงความดันของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	93
รูปที่ 7-14 กราฟแสดงความดันของวาล์วอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	94
รูปที่ 7-15 กราฟแสดงความดันของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	94
รูปที่ 7-16 กราฟแสดงความดันของวาล์วอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	95
รูปที่ 7-17 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ของทั้งสองวาล์ว เมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	96
รูปที่ 7-18 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์ของทั้งสองวาล์ว เมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	96
รูปที่ 7-19 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	97
รูปที่ 7-20 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	98
รูปที่ 7-21 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	98
รูปที่ 7-22 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	99
รูปที่ 7-23 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	99
รูปที่ 7-24 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	100
รูปที่ 7-25 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7-26 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	101
รูปที่ 7-27 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	102
รูปที่ 7-28 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	102
รูปที่ 7-29 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	103
รูปที่ 7-30 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	103
รูปที่ 7-31 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	104
รูปที่ 7-32 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	104
รูปที่ 7-33 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	105
รูปที่ 7-34 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี ที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	105
รูปที่ 7-35 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	106
รูปที่ 7-36 กราฟแสดงค่า COP ที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm	107
รูปที่ 7-37 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	107
รูปที่ 7-38 กราฟแสดงค่า COP ที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm	108
รูปที่ 7-39 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	108
รูปที่ 7-40 กราฟแสดงค่า COP ที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm	109
รูปที่ 7-41 กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะภาระเข้าสู่สภาวะเสถียร ของฮีเอ็กซ์วีกับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	109
รูปที่ 7-42 กราฟแสดงค่า COP ที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีเอ็กซ์วี กับฮีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ชนิดของสารทำความเย็นที่นิยมใช้	9
ตารางที่ 2-2 มาตรฐานเออาร์ไอ 540/1999 ชุดคอมเพรสเซอร์และคอมเพรสเซอร์อัดไอแบบแทนที่	15
ตารางที่ 2-3 มาตรฐานเออาร์ไอ 550/590-1998 การออกแบบชุดเครื่องทำน้ำเย็น	16
ตารางที่ 3-1 แสดงรูปแบบการจับสตีปมอเตอร์แบบฟูลสตีป 1 เฟส	26
ตารางที่ 3-2 แสดงรูปแบบการจับสตีปมอเตอร์แบบฟูลสตีป 2 เฟส	26
ตารางที่ 3-3 แสดงรูปแบบการจับสตีปมอเตอร์แบบสาล์ฟสตีป	27
ตารางที่ 5-1 แสดงรายละเอียดข้อมูลคอมเพรสเซอร์(Tecumseh – CE2300)	35
ตารางที่ 5-2 แสดงรายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์อื่นๆ ในชุดเครื่องทำน้ำเย็น	35
ตารางที่ 5-3 สภาวะการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐานเออาร์ไอ	39
ตารางที่ 6-1 แสดงผลการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ของวาล์วที่เอ็กซ์วี	43
ตารางที่ 6-2 แสดงผลการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ของวาล์วอีเอ็กซ์วี	44
ตารางที่ 6-3 แสดงผลการทดลองการเข้าสู่สภาวะคงที่ของวาล์วที่เอ็กซ์วี	45
ตารางที่ 6-4 แสดงผลการทดลองการเข้าสู่สภาวะคงที่ของวาล์วอีเอ็กซ์วี	46
ตารางที่ 6-5 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	48
ตารางที่ 6-6 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปร ทุก 15 นาทีบันทึกค่าทุก 1 นาที	49
ตารางที่ 6-7 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที	54
ตารางที่ 6-8 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปร ทุก 30 นาทีบันทึกค่าทุก 1 นาที	59
ตารางที่ 6-9 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที	61
ตารางที่ 6-10 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปร ทุก 15 นาที บันทึกค่าทุก 1 นาที	62
ตารางที่ 6-11 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปร ทุก 15 นาทีบันทึกค่าทุก 1 นาที	66
ตารางที่ 6-12 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 541.6 rpm	73
ตารางที่ 6-13 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเอ็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 541.6 rpm	74
ตารางที่ 6-14 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วที่เอ็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 609.3 rpm	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6-15 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเล็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 609.3 rpm	77
ตารางที่ 6-16 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเล็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 744.7 rpm	79
ตารางที่ 6-17 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเล็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 744.7 rpm	80
ตารางที่ 6-18 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเล็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 812.4 rpm	82
ตารางที่ 6-19 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของวาล์วอีเล็กซ์วีเมื่อความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์ 812.4 rpm	83



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งที่มีส่วนสำคัญ สำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาก เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ตามบ้านเรือน เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็ว เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงภาพยนตร์ ใช้สำหรับปรับอากาศเพื่อความสบายของคน นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศในรถยนต์และรถโดยสารปรับอากาศก็จะช่วยให้การเดินทางของคนมีความสบายมากขึ้น เพราะไม่ต้องหงุดหงิด อารมณ์เสียในขณะที่รถติดและอากาศร้อนจัดซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนให้สูงขึ้น นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศยังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ในโรงงานทอผ้า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะมีผลต่อคุณภาพของเส้นด้ายที่นำมาทอผ้า ในโรงงานผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะต้องการการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้อย่างดีแล้ว การควบคุมความสะอาดของอากาศยังเป็นสิ่งสำคัญมาก ดังนั้นความต้องการทางด้านการทำความเย็นและการปรับอากาศนับวันจึงยิ่งทวีคูณ

นับตั้งแต่จาคอบ เพอร์กินส์ (Jacob Perkins) วิศวกรชาวอเมริกันประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) ขึ้นเป็นเครื่องแรกในโลก ก็มีการพัฒนารูปแบบการทำความเย็น โดยตลอดเพื่อ ได้ระบบการทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดที่สามารถทำได้ จนปัจจุบันการทำความเย็นได้ขยายขอบเขตออกไปอย่างกว้างขวาง จากสมัยก่อนที่แค่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งก็แตกแขนงออกไปอีกมากมาย เช่น การผลิต การจัดเก็บ รวมทั้งการขนส่งอาหาร อุตสาหกรรมเคมี เวชภัณฑ์ การใช้งานเฉพาะด้าน รวมทั้งการปรับอากาศต่างๆด้วย

ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของสารทำความเย็นก่อนที่จะผ่านเข้าฮีวโปรเตอร์ชนิดที่มีการทำงานแบบกลไก เช่น ท่อแคพิลลารี (Capillary tube), เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์วหรือทีเอ็กซ์วี (Thermostatic expansion valve หรือ TXV) ซึ่งจะมีข้อเสียเปรียบในแง่การทำงานในสภาวะภาระที่มากกระทำได้ในช่วงที่แคบ รวมทั้งมีการตอบสนองต่อการทำงานหรือที่เรียกว่าการเข้าสู่สภาวะเสถียรค่อนข้างช้า กอปรกับปัจจุบันได้มีการพัฒนานำอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้กับวาล์วลดความดัน หรือที่เรียกกันว่า อิเล็กทรอนิกส์เอ็กซ์แพนชันวาล์วหรืออีเอ็กซ์วี (Electronic expansion valve หรือ EXV) ทำให้สามารถควบคุมสภาวะภาระที่มากกระทำได้ในช่วงที่กว้างกว่า อีกทั้งยังมีการตอบสนองต่อการทำงานได้อย่างรวดเร็วกว่า ทำให้สูญเสียประสิทธิภาพการทำความเย็นน้อยและเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าขึ้นด้วย

อีเอ็กซ์วีนั้น ได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำมาใช้กับระบบทำความเย็นชนิดอัดไอกันอย่างแพร่หลาย ดังตัวอย่างผลงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. A new method for controlling refrigerant flow in automobile air conditioning.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. An experimental evaluation of the vapor compression plant performance in presence of R407C leaks using an electronic expansion valve.
3. Experimental research on refrigerant mass flow coefficient of electronic expansion valve.

เนื่องจากข้อจำกัดจากการใช้งานของวาล์วควบคุมการทำความเย็นแบบกลไก รวมถึงข้อได้เปรียบในการทำความเย็นของวาล์วควบคุมการทำความเย็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ โครงการนี้จึงทำการศึกษาวิธีที่จะนำวาล์วอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำความเย็นที่สูงขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานในระบบที่ต้องการระบบทำความเย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอขนาดเล็ก ที่ต้องการประสิทธิภาพและความแม่นยำในการทำความเย็นที่ค่อนข้างสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของระบบการทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบ อันเป็นผลมาจากการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของระบบ
2. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงานของอีเล็กซ์วี เพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในระบบทำความเย็นแบบอัด ไอขนาดเล็ก
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของอีเล็กซ์วีและทีเอ็กซ์วี ในสภาวะการทำงานแบบต่างๆ เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น
4. เพื่อศึกษาและวิจัยถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็นตลอดจนการประหยัด พลังงานของระบบทำความเย็นและเพิ่มอายุการใช้งานของระบบการทำความเย็น

1.3 ขอบเขตโครงการ

โครงการนี้จะทำการติดตั้งอีเล็กซ์วีเข้าไปในระบบทำความเย็นที่มีอยู่เดิม ที่ใช้ทีเอ็กซ์วีในการควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็น ทำการศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วีในระบบทำความเย็นแบบอัด ไอขนาดเล็กที่ใช้อยู่ รวมทั้งเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี และทำการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพและสมรรถนะการทำงานในสภาวะการทำงานที่ต่างๆ กัน เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของทั้งสองวาล์ว จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้

1.4 วิธีในการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยในโครงการนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งก็มีหลักๆ อยู่ 3 เรื่องด้วยกันคือ ทฤษฎีการทำความเย็นในระบบอัด ไอ การรับส่งค่าอุณหภูมิผ่านทางเทอร์ตซ์ฆาน และวิธีการควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี จากนั้นก็จะนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษาทั้งหมดมาออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี โดยทำการติดตั้งอีเล็กซ์วีเข้าไปในระบบทำความเย็นที่มีอยู่เดิม รวมทั้งทำการออกแบบและติดตั้งชุดควบคุมเพื่อรับค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการทราบในระบบทำความเย็นเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นก็เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการทดลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ โดยมีทั้งหมด 4 รูปแบบคือ การทำงานของทั้งสองวาล์วในสภาวะเสถียร, การทำงานของทั้งสองวาล์วในสภาวะทรานเซียน, การทำงานของทั้งสองวาล์วเมื่อภาระของระบบเกิดการเปลี่ยนแปลง และการทำงานของทั้งสองวาล์วเมื่อความถี่ของคอมเพรสเซอร์เปลี่ยนแปลงไป

สุดท้ายเรานำเอาข้อมูลจากการทดลองที่ได้ทั้งหมดมาคำนวณหาค่าการทำความเย็น(RE), พลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์(W_c), ประสิทธิภาพการทำความเย็น(COP.), และอัตราการประหยัดพลังงาน (EER.) เพื่อเปรียบเทียบถึงสมรรถนะของวาล์วทั้งสอง ว่าวาล์วไหนทำงานได้ดีกว่ากันในสภาวะการทำงานต่างๆ ดังที่กล่าวมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีระบบการทำความเย็น

2.1 การทำความเย็น (Refrigeration)

หมายถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น เช่น การดึงเอาปริมาณความร้อนจากอากาศในห้องปรับอากาศ หรือภายในตู้เย็นออกไประบายทิ้งภายนอก ทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิลดต่ำลง เป็นต้น หรือถ้าจะกล่าวโดยเฉพาะยิ่งขึ้นก็คือ การทำความเย็นเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่วัดด้วยกระบวนการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่ว่าง หรือเทหวัตถุให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ

2.2 ความร้อนที่เกิดเป็นภาระ (Heat Load)

คือจำนวนความร้อนที่ถ่ายเทจากวัตถุหรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลง ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ ความร้อนที่รั่วผ่านฉนวนกลับเข้าไปในบริเวณที่ทำความเย็น, ความร้อนที่ผ่านเข้าขณะเปิดประตู, ความร้อนซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่ถูกนำเข้ามาเพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลง, ความร้อนที่ถูกถ่ายเทจากตัวคนที่อยู่ในบริเวณที่ทำความเย็น และความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งผลความร้อนจากองค์ประกอบเหล่านี้ จะนำมาคิดในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์การทำความเย็นทั้งสิ้น

2.3 หน่วยของการทำความเย็น(Standard Rating of Refrigeration)

หน่วยที่ใช้วัดอัตราการทำความเย็นใช้หน่วยที่เรียกว่า “ตันของการทำความเย็น” (Ton of Refrigeration) หนึ่งตันของการทำความเย็น หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็งบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 32°F ภายในเวลา 24 ชั่วโมง

จาก $Q = mL$

เมื่อ $Q =$ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำแข็งจำนวน 1 ตันละลายเป็นน้ำ

$M =$ มวลของน้ำแข็ง(lb.)

$L =$ ความร้อนแฝงของน้ำแข็ง = 144 Btu/lb.

ดังนั้น 1 ตันของการทำความเย็นจึงมีค่าเท่ากับ 12,000 Btu/hr. หรือ 200 Btu/min

2.4 ประเภทของระบบทำความเย็น

ในการทำให้อุณหภูมิลดลงจากปกติ(Ambient Air Temperature) ลงมาถึงอุณหภูมิต่ำที่ต้องการนั้น สามารถใช้ระบบทำความเย็นได้หลายแบบ ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นแบบกลและแบบไม่กล ดังนี้

1. ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ(Vapor Compression Refrigeration System)
2. ระบบทำความเย็นแบบดูดละลาย(Absorption Refrigeration System)
3. ระบบทำความเย็นด้วยอากาศ(ระบบปิด)(Air Refrigeration System Closed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

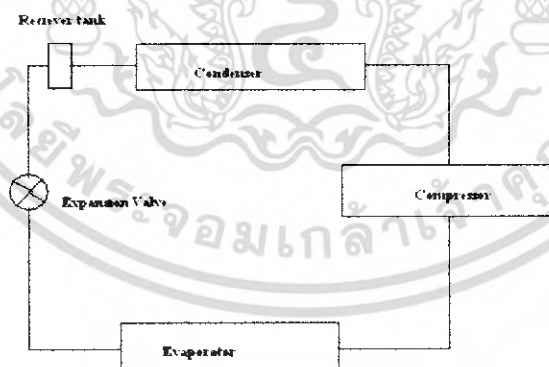
4. ระบบทำความเย็นแบบใช้หัวฉีด-ไอน้ำ(Steam Jet Refrigeration System)
5. ระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก(Thermoelectric Refrigeration System)
6. ระบบแม่เหล็กที่ใช้ในการทำอุณหภูมิต่ำ(Magnetic System of Producing Low Temperature)

2.5 ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ(Vapor Compression Refrigeration System)

ระบบทำความเย็นชนิดอัดไอได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์ ดังนี้

1. ของไหลดูดความร้อนได้ในขณะที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอและยอมให้ความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว
2. ในระหว่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะอุณหภูมิจะคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงกับความดัน ที่ความดันคงที่จุดหนึ่งกลายเป็นไอจะเกิดขึ้น ณ จุดที่อุณหภูมิมีสัมพันธ์กันเท่านั้น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของการกลายเป็นไอที่ความดันอันหนึ่งย่อมแตกต่างกันสำหรับของเหลวที่ต่างกัน
3. ความร้อนจะไหลจากแหล่งอุณหภูมิสูง ไปยังแหล่งอุณหภูมิต่ำ
4. การเลือกโลหะที่ใช้ทำเครื่องควบแน่นจะต้องเป็นโลหะที่มีการนำความร้อนสูง
5. พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆ สามารถที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

2.6 วงจรของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ



รูปที่ 2-1 อุปกรณ์ของเครื่องทำความเย็น

ในวัฏจักรการทำความเย็นจะประกอบด้วยการระเหย การควบแน่น และการหมุนเวียนของสารทำความเย็นในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอของสารทำความเย็นเกิดเมื่อสารทำความเย็นมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันและอุณหภูมิค่า ส่วนการควบแน่นนั้นจะเกิดเมื่อมีความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งวงจรของระบบ การทำความเย็นชนิดอัดไอ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญและมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. อีวาโปเรเตอร์(Evaporator) ทำหน้าที่ดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณที่ต้องการ โดยอาศัยการที่ สารความเย็นตรงจุดนี้จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอ แล้วดูดซับปริมาณความร้อนโดย รอบเอาไว้ ทำให้บริเวณที่ต้องการทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลง
2. คอมเพรสเซอร์(Compressor) ทำหน้าที่ดูดและอัดสารความเย็นที่มีสถานะเป็นไอ โดยดูดไอที่มี อุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาโปเรเตอร์ แล้วอัดให้มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงจนถึงจุดที่ไอ สามารถควบแน่นเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์ได้
3. คอนเดนเซอร์(Condenser) ทำให้สารความเย็นในสถานะ ไอควบแน่นเป็นของเหลวโดยการ ระบายความร้อนออกจากสารความเย็น
4. ถังเก็บน้ำยาเหลว(Receiver Tank) สารความเย็นที่ควบแน่นโดยคอนเดนเซอร์กลายเป็นของเหลว จะถูกนำมาเก็บที่นี้ก่อนส่งไปยังวาล์วควบคุมการไหล
5. วาล์วควบคุมการไหล(Flow Control Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ผ่านเข้าไปยังอี วาโปเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ ที่อุณหภูมิต่ำในอีวาโปเรเตอร์
6. ท่อดูด(Suction Line) ท่อสารความเย็นในสถานะ ไอที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ไปยังคอนเดนเซอร์
7. ท่อส่ง(Discharge Line) ท่อสารความเย็น ในสถานะ ไอที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ไปยัง คอนเดนเซอร์
8. ท่อของเหลว(Liquid Line) ท่อสารความเย็นในสถานะของเหลวที่ต่อออกจากถังพักน้ำยากับ วาล์วควบคุมการไหล

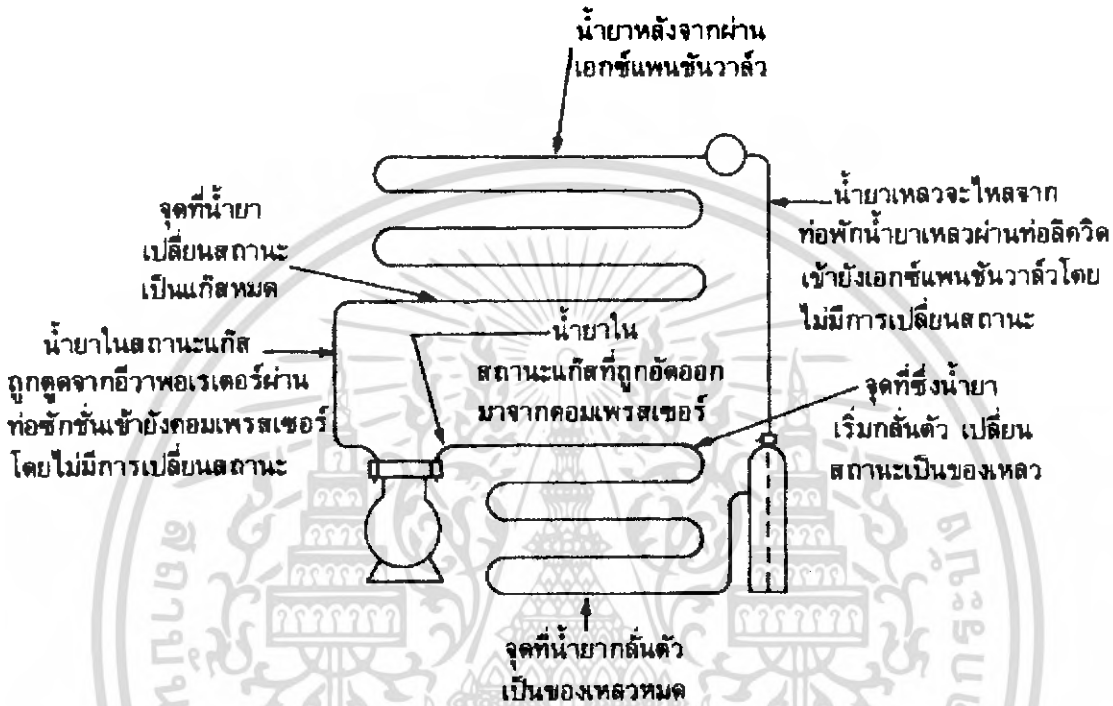
นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งอาจมีความจำเป็น ที่ต้องติดตั้งใน ระบบทำความเย็นบางระบบ แต่อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับอีกระบบหนึ่ง ดังนี้

9. ฟิลเตอร์ดรายเออร์(Filter Drier) จะยอมให้สารความเย็นไหลผ่านได้ แต่จะป้องกันโดยสารจะดูด ความชื้น, ฝุ่นผง หรือสิ่งสกปรกอื่นๆที่ปะปนมากับสารความเย็นในระบบไม่ให้ผ่านไปได้ ดราย เออร์หรือสารดูดซับความชื้นที่นิยมใช้กันทั่วไปมี ซิลิกาเจล(Silica Gel), แคลเซียมซัลเฟต (Calcium Sulfate), อะลูมินาเจล(Alumina Gel) เป็นต้น จะติดตั้งอยู่ที่ท่อของเหลวใกล้กับทางเข้า วาล์วควบคุมการไหล และที่ที่ติดตั้งต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่ถูกปะทะด้วยลมร้อนเพราะสารดูด ความชื้นจะดูดซับความชื้นได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ถ้าอยู่ในที่ร้อนความสามารถในการดูดซับ ความร้อนจะลดลง ทำให้ความชื้นในระบบที่ดูดซับไว้ถูกคายออกมาบางส่วนและจะไปอุดตันที่ วาล์วควบคุมการไหล
10. กระจกมองน้ำยา(Sight Glasses) สำหรับใช้มองดูสารความเย็นภายในระบบว่ามีเพียงพอหรือไม่
11. แอ็กคิวมูเลเตอร์(Accumulator)จะติดตั้งอยู่ระหว่างอีวาโปเรเตอร์ และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ คอยกั้นไม่ให้สารความเย็นเหลวจากอีวาโปเรเตอร์ถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

ในวัฏจักรการทำความเย็นประกอบด้วยภาระระเหย การควบแน่นและการหมุนเวียนของสารทำความเย็น (Refrigerant) ในระบบอย่างสม่ำเสมอ การระเหยกลายเป็นไอเกิดขึ้นเมื่อมีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ การควบแน่นจากไอเป็นของเหลวเกิดเมื่อมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง พิจารณาบทบาทแต่ละจุดของเครื่องทำความเย็นในรอบๆวัฏจักร โดยเริ่มที่ทางเข้าของอีวาโปเรเตอร์(Evaporator)



รูปที่ 2-2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

สารทำความเย็น (Refrigerant) จะผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น (Flow Control Valve) ซึ่งจะคอยควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะเข้าไปในอีวาโปเรเตอร์ และในเวลาเดียวกันจะเป็นตัวลดทั้งความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นด้วย เมื่อสารทำความเย็นที่มีสถานะความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำไหลเข้าไปในอีวาโปเรเตอร์ที่วางอยู่ท่ามกลางภาระ (Load) ที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนจากภาระจะถ่ายเทมาสู่อีวาโปเรเตอร์ ทำให้สถานะของสารทำความเย็นเปลี่ยนไปจากของเหลวกลายเป็นไอ

เมื่อสารทำความเย็นที่ไหลผ่านอีวาโปเรเตอร์เปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้ว ที่ปลายของอีวาโปเรเตอร์จะต่อผ่านท่อดูด (Suction Line) ไปต่อด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ด้านดูดของเครื่องคอมเพรสเซอร์จะดูดไอสารทำความเย็นเข้าไปอัด ไอของสารทำความเย็นจะมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง แต่ยังมีสถานะเป็นไออยู่ ไอที่ผ่านท่อออก (Discharge Line) จะเข้าสู่คอนเดนเซอร์เพื่อถ่ายเทความร้อนที่สารทำความเย็นรับมาจากภาระถ่ายสู่อากาศหรือน้ำอีกทอดหนึ่ง และสารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะไปเป็นของเหลว ซึ่งหมายความว่าสารทำความเย็นอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้แล้วจะถูกส่งไปจัดเก็บในถังเก็บน้ำยาเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจากการประกอบระบบท่อของเครื่องทำความเย็น การดูด-อัดสารความเย็นของเครื่องคอมเพรสเซอร์ อาจมีความชื้นหรือสิ่งสกปรกชิ้นเล็กๆ แผลกปลอมไปในระบบท่อ จึงให้มีที่กรองและเก็บความชื้น(Filter Drier) สารความเย็นเหลวที่ผ่านออกมาจะอยู่ในสภาพอุณหภูมิปานกลางและความดันสูง จากนั้นจะผ่านไปสู่อุปกรณ์ควบคุมปริมาณสารความเย็นและจะวนอย่างนี้คือ ไปเรื่อยๆ

เมื่อพิจารณาวัฏจักรของเครื่องทำความเย็นจะแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ ด้านที่มีความดันสูง และด้านที่มีความดันต่ำ

2.8 สารทำความเย็น(Refrigerant)

คือวัตถุหรือสารที่จะเป็นตัวรับความร้อนจากวัตถุหรือสารอื่น สำหรับระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ สารทำความเย็นซึ่งเป็นตัวทำงานอยู่ในรูปของไหล (Working Fluid) ซึ่งจะดูดความร้อนในช่วงของการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ และคายความร้อนในช่วงการเปลี่ยนสถานะจากไอควบแน่นเป็นของเหลว ในการเลือกว่าสารใดจะใช้เป็นสารความเย็นนั้นจะต้องพิจารณาคุณสมบัติทางเคมี, ฟิสิกส์ และเทอร์โมไดนามิกส์ ให้เหมาะกับระบบที่ใช้งาน

2.8.1 คุณสมบัติทั่วไปของสารทำความเย็น

สารความเย็นที่ใช้กันในระบบเครื่องทำความเย็นมีหลายชนิดแล้วแต่ลักษณะการใช้งาน คุณสมบัติของสารที่กล่าวถึงมิได้หมายความว่า สารความเย็นที่มีจำหน่ายจะมีคุณสมบัติครบทุกข้อ มีเพียงบางข้อที่นำไปให้ความสำคัญสำหรับงานแต่ละประเภท แต่ที่สำคัญที่สุดก็คือความปลอดภัยของผู้ใช้ คุณสมบัติของสารความเย็นมีประเด็นที่ควรพิจารณาดังนี้

1. ไม่เป็นพิษ
2. ไม่เป็นวัตถุระเบิด
3. ไม่กัดกร่อนโลหะ
4. ไม่ติดไฟ
5. หากมีรอยรั่วสามารถตรวจสอบพบโดยง่าย
6. สามารถหาค่าแห่งรั่วได้ง่าย
7. ใช้งานที่ความดันสูงไม่มากนัก
8. ขณะอยู่ในสภาพแก๊สต้องเสถียรภาพคงที่
9. ขณะอยู่ในสภาพของเหลวต้องไหลง่าย
10. ไม่มีพิษเป็นอันตรายกับระบบหายใจและผิวหนังของมนุษย์
11. มีความหนาแน่นน้อย เพื่อให้สะดวกกับการควบคุมปริมาณใช้งาน
12. มีค่าความร้อนแฝงต่อหน่วยน้ำหนักสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ชนิดของสารทำความเย็น

ด้วยเหตุที่สารทำความเย็นเป็นสารผสมจากสารหลายชนิด การเรียกชื่อโดยตรงจะไม่สะดวก สมาคมวิศวกรเครื่องทำความร้อน เครื่องทำความเย็นและการปรับอากาศ (The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering - ASHRAE) ได้กำหนดสารทำความเย็นแต่ละชนิดไว้เป็นตัวเลข โดยให้เป็น R-11, R-12, R-22 เป็นต้น R หมายถึง Refrigerant และตัวเลขที่ตามมาหมายถึง ชนิดของสารทำความเย็น

หมายเลขสารทำความเย็น	ชื่อและสูตรทางเคมี
R-11	Trichloromonofluoromethane CCl_3F
R-12	Dichlorodifluoromethane CCl_2F_2
R-22	Monochlorodifluoromethane CHClF_2
R-500	Azeotromixture of 78.3% of(R-12)and 26.2%of(R-152a)
R-502	Azeotromixture of 48.8% of(R-22)and 51.2%of(R-115)
R-503	Azeotromixture of 40.1% of(R-23)and 59.9%of(R-13)
R-504	Azeotromixture of 48.2% of(R-32)and 51.8%of(R-115)
R-717	Ammonia NH_3

ตารางที่ 2-1 ชนิดของสารทำความเย็นที่นิยมใช้

วิศวกรรมแห่งประเทศไทยได้แบ่งประเภทเครื่องทำความเย็น และประเภทของสารทำความเย็นไว้ดังนี้

ประเภทของระบบทำความเย็น แบ่งตามน้ำหนักของสารทำความเย็นที่บรรจุในระบบดังนี้

ประเภท ก ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นหนัก 500 กก. หรือมากกว่า

ประเภท ข ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 50 กก. แต่น้อยกว่า 500 กก.

ประเภท ค ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 10 กก. แต่น้อยกว่า 50 กก.

ประเภท ง ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นมากกว่า 3 กก. แต่น้อยกว่า 10 กก.

ประเภท จ ระบบที่บรรจุสารทำความเย็นน้อยกว่า 3 กก.

2.8.2.1 ชนิดไม่ระคายเคืองและไม่ติดไฟ

ประเภท 1 R-744

ประเภท 2 R-11,R-12,R-22,R-30,R-113,R-114,R-115,R-152a,R-500,R-502

2.8.2.2 ชนิดติดไฟ

ประเภท 1 R-40, R-1130

ประเภท 2 R-160, R-170, R-290, R-600, R-601, R-611

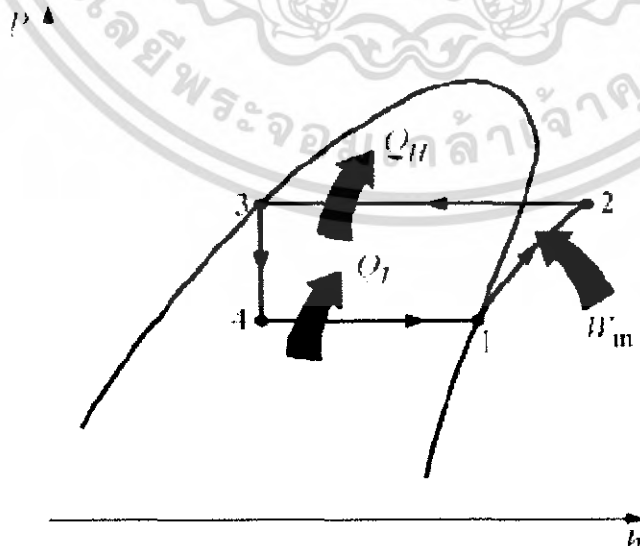
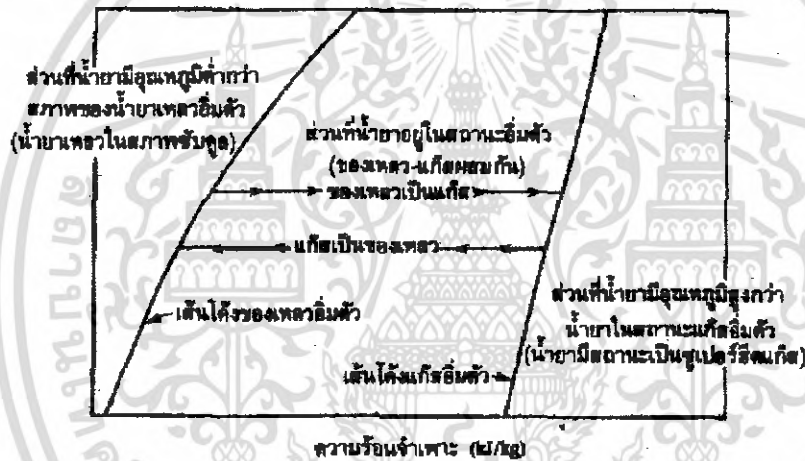
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 P-h Diagram

โดยปกติรูปแบบโครงสร้าง P-h Diagram ของสารความเย็นจะคล้ายกัน แต่จะใช้แทนกันไม่ได้ เพราะค่าตัวเลขต่างกัน P-h Diagram ของสารความเย็น R-12 ก็จะใช้ได้เฉพาะกับสารความเย็น R-12 เท่านั้น จะใช้กับระบบทำความเย็นที่ใช้สารความเย็นชนิดอื่นไม่ได้

โครงสร้างของ P-h Diagram ได้แสดงดังรูปที่ 2-5 ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่น้ำยามีสภาพอิ่มตัวซึ่งอยู่ตรงกลาง ส่วนน้ำยาที่มีสภาพเป็นของเหลวพร้อมที่จะระเหยหรือเดือด เปลี่ยนสถานะเป็นไอ ในทางกลับกันน้ำยาที่มีสถานะเป็นไอพร้อมที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลว
2. ส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพของน้ำยาเหลวอิ่มตัวซึ่งอยู่ทางซ้ายมือ น้ำยามีสถานะเป็นของเหลวอัดตัว (Subcooled)
3. ส่วนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพของน้ำยาในสถานะไออิ่มตัว ซึ่งอยู่ทางด้านขวาของน้ำยา ซึ่งมีสถานะเป็นไอคง (Superheated)



รูปที่ 2-4 โครงสร้างของ P-h Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 วงจรทางปฏิบัติของการทำความเย็น(Actual Vapor Compression Refrigerating Cycle)

ในระบบท่อสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นจะมีความดันตก เนื่องจากความฝืดตามจุดต่างๆ ของระบบท่อซึ่งจะต้องลดหรือจัดให้ได้เพื่อให้การไหลของสารทำความเย็นเป็นได้โดยสะดวก การสูญเสียของความดันมีทั้งที่อิวาโปรเรเตอร์ที่คอนเดนเซอร์หรือตามข้อต่างๆจึงจะพิจารณาแต่ละจุดดังนี้

1. ความดันตกในท่อดูด(Suction Line) สภาพของสารทำความเย็นที่ผ่านพื้นอิวาโปรเรเตอร์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆของอิวาโปรเรเตอร์ และสภาพของสารทำความเย็นก่อนเข้าอิวาโปรเรเตอร์ทำนองเดียวกัน ความดันตกในท่อดูดในช่วงระหว่างอิวาโปรเรเตอร์และเครื่องอัดมีส่วนช่วยให้สารทำความเย็นที่เข้าเครื่องอัดอยู่ในสภาพของไอ แต่มีข้อจำกัดอยู่โดยในหลักปฏิบัติ ขนาดของท่อสารทำความเย็นมีผลต่อความดัน หากท่อเล็กความดันสูญเสียหรือความดันตกค่อมจะมาก ถ้าใช้ท่อโตความดันสูญเสียจะน้อย แต่มีปัจจัยอื่นที่ควรพิจารณาคือ หากใช้ท่อโตจะใช้จำนวนมาก โดยหลักเศรษฐศาสตร์ทางการค้าจะต้องให้สมดุลระหว่างความดันสูญเสียเปรียบเทียบกับราคาท่อ ในงานเครื่องทำความเย็นความดันสูญเสียหรือความดันตกคร่อมเปรียบเทียบกับการลดลงของอุณหภูมิ ความดันตกในท่อดูดเทียบเท่ากับการลดลงของอุณหภูมิไม่เกิน 2 องศาฟาเรนไฮต์ถือว่าเป็นการออกแบบที่เหมาะสม จาก P-h Diagram ความดันตกในท่อดูดเกิดในลักษณะตามเส้นเอนทัลปีคงที่ ซึ่งปกติท่อดูดจะมีฉนวนหุ้มเพื่อจำกัดความร้อนที่มาจากภายนอกรอบท่อดูดมาเพิ่มให้กับสารทำความเย็นที่กำลังจะเข้าเครื่องอัด
2. ความดันตกในท่อจ่าย (Discharge Line) ความดันตกที่เกิดกับสารทำความเย็นร้อนหลังจากสารทำความเย็นถูกอัดแล้วและจ่ายออกมาตามท่อจ่าย จาก P-h Diagram จุดที่ความดันตกลงมาเป็นทางเข้าคอนเดนเซอร์ การเกิดความดันตกในท่อจ่าย มีผลคือความดันของการควบแน่น(Condensing Pressure) ต่ำ
3. ความดันตกในท่อของเหลว (Liquid Line) โดยหลักการแล้วความดันตกในท่อของเหลวคือ จากทางออกของสารทำความเย็นเหลวที่ส่วนท้ายของคอนเดนเซอร์ถึงตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ความดันนี้จะไม่ส่งผลต่อพลังงานความร้อนของระบบทำความเย็น แต่ถึงแม้จะไม่มีผลเสียหากมองข้ามไปอาจทำให้ระบบเครื่องทำความเย็นนั้นหย่อนประสิทธิภาพลง เพราะความดันในท่อของเหลวที่ลดลงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไอขยายตัว(Flash Gas)ของสารทำความเย็นที่จะเข้าตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ด้วยเหตุที่ตัวควบคุมสารทำความเย็นออกแบบมาสำหรับเฉพาะสารทำความเย็นเหลว ถ้ามีไอขยายตัวปนอยู่ในสารทำความเย็น จะทำให้ปริมาณสารทำความเย็นที่ส่งผ่านตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นมีจำนวนไม่ถูกต้องโดยต่ำกว่าปริมาณใช้งานของระบบ ด้วยเหตุนี้การให้ระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว(Subcooled Liquid) จึงเป็นสิ่งจำเป็น
4. ความดันตกในอิวาโปรเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ การตกลงของความดันมีผลให้สถานะการถ่ายเทความร้อนที่อิวาโปรเรเตอร์และที่คอนเดนเซอร์เปลี่ยนไป รวมถึงอัตราส่วนการอัดด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากความดันจากคอนเดนเซอร์ตกมากเกินไป ความดันที่หล่อลื่นตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็นอาจไม่มากพอที่จะทำให้ตัวควบคุมทำงานตามปกติได้
5. อุณหภูมิของสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ ถูกทำให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว(Subcooled Liquid) ก่อนที่จะผ่านเข้าไปในวาล์วขยายตัว(Expansion Valve) เพื่อทำให้ค่าการทำความเย็น (Refrigerating Effect, RE)ต่อหน่วยมวลของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไอของสารความเย็นจะเป็นไอร้อนยวดยิ่งก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์เป็นการทำให้ค่าการทำความเย็นต่อหน่วยมวลความเย็นเพิ่มขึ้นอีก

2.11 สมการที่ใช้ในการคำนวณการทำความเย็น

1. เครื่องอัด (Compressor) เป็นเครื่องดูดและอัดไอสารทำความเย็นมีการไหลอย่างสม่ำเสมอ พลังงานที่ใช้ในการอัดสารทำความเย็น 1 kg. หาได้ดังนี้

$$W_c = (h_2 - h_1)$$

เมื่อ W_c = งานที่ให้แก่เครื่องอัด (kJ/kg)

h_1 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่จะเข้าเครื่องอัดมีหน่วยเป็น (kJ/kg)

h_2 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดมีหน่วยเป็น (kJ/kg)

2. เครื่องควบแน่น (Condenser) ความร้อนที่คายให้กับเครื่องควบแน่น หาได้ดังนี้

$$Q_c = (h_3 - h_2)$$

เมื่อ Q_c = ความร้อนที่ไอของสารทำความเย็นคายให้ในเครื่องควบแน่น (kJ/kg)

h_2 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่ออกจากเครื่องอัดมีหน่วยเป็น (kJ/kg)

h_3 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่นมีหน่วยเป็น (kJ/kg)

3. เอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion device) กระบวนการขยายตัวผ่านวาล์วลดความดันเป็นกระบวนการเอนทาลปีคงที่ไม่มีงาน หรือการถ่ายเทความร้อน

$$h_4 = h_1$$

เมื่อ h_4 = เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีวาโปเรเตอร์ มีหน่วยเป็น (kJ/kg)

4. อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ความร้อนที่สารทำความเย็น 1 kg. ดูดเอาไว้ขณะที่ไหลผ่านหาได้ดังนี้

$$Q_e = (h_1 - h_4)$$

เมื่อ Q_e = ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดไว้ในอีวาโปเรเตอร์ (kJ/kg)

5. ประสิทธิภาพการทำความเย็น Coefficient of Performance (COP)

$$COP = Q_e / W_c$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความสามารถในการทำความเย็น

$$Q_{\text{Evap.}} = m Q_e$$

เมื่อ $Q_{\text{Evap.}}$ = ความสามารถในการทำความเย็น (kJ/s หรือ kW)

7. อัตราไหลโดยปริมาตรของสารทำความเย็น

$$V = m (V)$$

เมื่อ V = ปริมาตรไอทำความเย็นที่หมุนเวียน (m^3/s)

m = อัตราไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

V = ปริมาตรจำเพาะของไอทำความเย็นที่หมุนเวียน (m^3/kg)

8. อัตราการกินพลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

$$\text{EER.} = Q_e / W_c = 3.41(\text{COP.})$$

2.12 มาตรฐานของชุดคอมเพรสเซอร์ และคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ

ARI (Air-conditioning and refrigeration Institute) ได้กำหนดมาตรฐานของชุดคอมเพรสเซอร์ และคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอ โดยมีคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ดังนี้

Standard Rating Condition For Commercial Refrigeration Application					
Suction Dew Point		Discharge Dew Point		Return Gas Temperature	
$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$
45	7.2	130	54.4	65	18.3

ตารางที่ 2-2 มาตรฐาน ARI 540/1999 ชุดคอมเพรสเซอร์และคอมเพรสเซอร์อัดไอแบบแทนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของชุดทำน้ำเย็น

ARI(Air-condition and Refrigeration Institute) ได้กำหนดมาตรฐานเครื่องทำความเย็นโดยให้ค่าจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

Standard Rating Condition	
	Water – cooled Condenser
Condenser Water	
Entering	85°F [29.4°C]
Flow rate	3 gpm / ton
Evaporator Water	
Leaving	44°F [29.4°C]
Flow rate	2.4 gpm / ton
Condenser less	
Saturated discharge	105°F [40.6°C]
Liquid refrigerant	98°F [36.6°C]

ตารางที่ 2-3 มาตรฐานARI 550/590-1998 การออกแบบชุดเครื่องทำน้ำเย็น

2.13 เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว

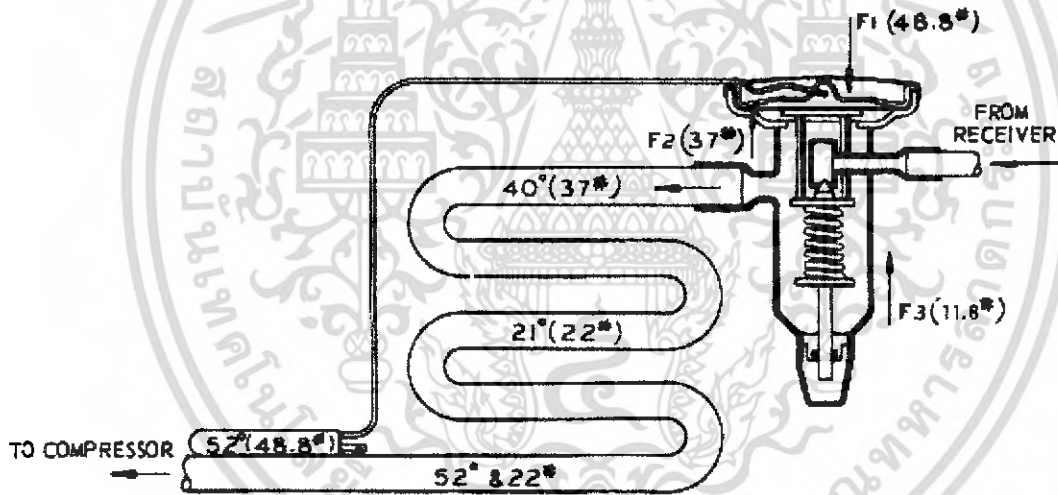
เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว หรือ ทีเอ็กซ์วี ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมและปรับอัตราการไหลของน้ำยา โดยอาศัยหลักควบคุมอุณหภูมิให้อุณหภูมิของอีวาโปเรเตอร์คงที่อยู่เสมอ ทีเอ็กซ์วีจะติดตั้งอยู่ใกล้กับท่อทางเข้าอีวาโปเรเตอร์ และเป็นตัวแบ่งระหว่างด้านความดันสูงและความดันต่ำของระบบ ลิ้นของเอ็กซ์แพนชันวาล์วจะเปิดเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ น้ำยาเหลวไหลผ่านได้แต่เพียงน้อยๆ แรงดันของน้ำยาจะลดลงจนสามารถเดือดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิต่ำๆ ตามอุณหภูมิของอีวาโปเรเตอร์ ลิ้นของทีเอ็กซ์วีจะเปิดได้กว้างที่สุดประมาณ 0.02 เซนติเมตร จึงเห็นได้ว่าแม้ลิ้นจะอยู่ในตำแหน่งที่เปิดกว้างสุด ก็จะมีน้ำยาเหลวจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่ผ่านได้

สถานะของน้ำยาที่ผ่านเข้าไปในทีเอ็กซ์วี จะมีสถานะเป็นน้ำยาเหลว 100 เปอร์เซ็นต์ และขณะที่ถูกลดแรงดันในทีเอ็กซ์วี น้ำยาบางส่วนจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอดูดซับปริมาณความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิของตัวเองลดต่ำลงเท่ากับอุณหภูมิจึงเข้าไประเดอเรียด้วย ทีเอ็กซ์วีจะควบคุมและปรับอัตราการไหลของน้ำยาให้อุณหภูมิของอีวาโปเรเตอร์คงที่อยู่เสมอและเข้าไปเดือดเปลี่ยนสถานะหาคพอดีในอีวาโปเรเตอร์ ดังนั้นน้ำยาที่ออกจากอีวาโปเรเตอร์จะมีสถานะเป็นแก๊ส 100 เปอร์เซ็นต์ มีความดันต่ำและอุณหภูมิต่ำ

2.13.1 หลักการทำงานของที่เอ็กซ์วี

ที่เอ็กซ์วีจะมีกระเปาะเป็นตัวรับสัมผัสอุณหภูมิที่อูด โดยปลายกระเปาะนี้แนบติดอยู่กับท่ออูดของระบบ อุณหภูมิและความดันของน้ำยาในกระเปาะจะเปลี่ยนแปลงไป เพื่อปรับให้ลิ้นของที่เอ็กซ์วีเปิดกว้างมากหรือน้อยลง ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดของน้ำยาในท่ออูด ท่ออูดของระบบโดยปกติจะเป็นท่อที่ใหญ่ที่สุดในระบบ อาจมีขนาด 5/8 นิ้ว สถานะของน้ำยาที่ปลายท่ออูดจะมีสถานะเป็นแก๊สซึ่งมีความดันต่ำ และถูกต่อตรงเข้ายังทางคูดของคอมเพรสเซอร์

ในการปรับตั้งค่าไอร้อนยิ่งยวดของที่เอ็กซ์วี ถ้าเพิ่มความดันสปริงก็เป็นการเพิ่มอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด แต่การเพิ่มไอร้อนยิ่งยวดให้มากขึ้นจะทำให้ความเย็นลดถันลง ทำให้น้ำยาเข้าอีวาโปเรเตอร์น้อยลง เป็นผลให้ความเย็นลดลง ในทำนองเดียวกัน ถ้าลดแรงดันสปริงก็จะทำให้อุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดลดลงเป็นการทำให้ลิ้นเปิดมากขึ้น ทำให้อ่าน้ำยามากขึ้นและอีวาโปเรเตอร์เย็นมากขึ้น แต่ถ้าตั้งค่าไอร้อนยิ่งยวดน้อยเกินไปจะทำให้เครื่องเดินไม่สม่ำเสมอ คือทำให้การอ่าน้ำยาขาดตอนเป็นช่วงๆ ทางบริษัทผู้ผลิตจะตั้งค่าไอร้อนยวดขิงไว้ประมาณ 7 – 10 องศาเซลเซียส โดยการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งค่าอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดของทั้งสองวาล์วไว้ที่ 7 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2-6 หลักการทำงานของเทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว

62472

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

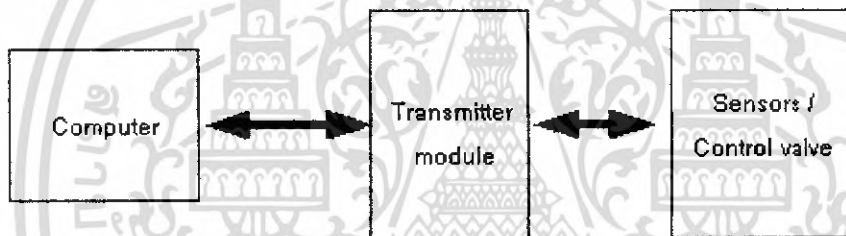
บทที่ 3

ทฤษฎีการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์

3.1 การรับ-ส่งค่าข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

การรับส่งค่าในรูปของข้อมูลต่างๆ ในชุดเครื่องทำความเย็นนั้น ข้อมูลที่ต้องการทราบคือ ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องทำความเย็น โดยมีความสำคัญต่อการนำค่ามาควบคุมการเปิดปิดอีเล็กซ์วีให้ทำงานได้อย่างเหมาะสมที่สภาวะต่างๆ จึงได้มีการนำระบบและโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเพื่อใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อที่จะควบคุมอีเล็กซ์วีได้อย่างเหมาะสม

อีกทั้งเนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการให้มีการควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี โดยการสั่งงานอย่างต่อเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจึงเลือกการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนาน โดยใช้บอร์ดเชื่อมต่อพอร์ตขนานหรือพีบอร์ด (P-Board) เป็นบอร์ดหลัก บอร์ดอีเล็กซ์ศูนย์ห้า (EX-05) สำหรับต่อพ่วงเพื่อควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี และบอร์ดอีเล็กซ์ศูนย์แปด (EX-08) สำหรับรับค่าสัญญาณอุณหภูมิจากตัวอาร์ทีดี



รูปที่ 3-1 การทำงานของชุดรับส่งข้อมูล

ด้วยเหตุนี้ก่อนอื่นจึงต้องทำความเข้าใจถึง โครงสร้างของการวัดและการบันทึกค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องทำความเย็น การควบคุมการทำงานของอีเล็กซ์วี รวมทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะกับอุณหภูมิ (Resistance Temperature Detector หรือ RTD)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ซึ่งค่าความต้านทานจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ค่าความต้านทานจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ เราจะใช้ตัวอาร์ทีดีวัดค่าจากผิวท่อของวงจรถ่ายของสารทำความเย็นและหุ้มฉนวนในจุดที่ต้องการวัดเพื่อป้องกันผลกระทบจากอุณหภูมิบรรยากาศ และวัดค่าภายในท่อน้ำเย็นโดยการฝังตัวอาร์ทีดีไว้สัมผัสน้ำเย็นโดยตรงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โครงสร้างของอาร์ทีดี

อาร์ทีดีทำด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ลวดโลหะดังกล่าวนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าและมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน แกนที่ใช้ส่วนมากจะทำมาจากสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว โดยทั่วไปแล้วอาร์ทีดีจะถูกบรรจุอยู่ในฝักโลหะ (sheath) ฉนวนที่ใช้ก็จะเป็นพวกเมกนีเซียมออกไซด์ หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่มีผลต่อการวัดโดยตรงจะอยู่ตรงส่วนปลาย ซึ่งอาจมีความยาว 0.5 ถึง 2.5 นิ้ว



รูปที่ 3-2 ลักษณะตัวอาร์ทีดีที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ใช้ตัวอาร์ทีดีแบบมาตรฐานซึ่งเป็นที่แพร่หลาย คืออาร์ทีดีแบบแพลทินัม 100 โอห์ม โดยจะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย 0.385 โอห์ม ต่อ 1°C ในแหล่งใช้งานปกติ มีแหล่งจ่ายกระแสคงที่ (Current Source) 1 mA อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1°C อาร์ทีดีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าโวลเตจ 0.385 mV ซึ่งมากกว่าเทอร์โมคัปเปิลแบบ K ถึง 10 เท่า ดังนั้นที่สัญญาณรบกวนค่าเดียวกันจะมีผลต่ออาร์ทีดีน้อยกว่าเทอร์โมคัปเปิล

3.2.2 หลักการของอาร์ทีดี

ความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนค่าไปตามสมการ ดังนี้

$$R_t = R_0(1 + \alpha T) \text{ หรือ } dR_t / dT = \alpha R_0$$

เมื่อ R_t คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ $t^\circ\text{C}$

R_0 คือ ค่าความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ 0°C

α คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ 1°C

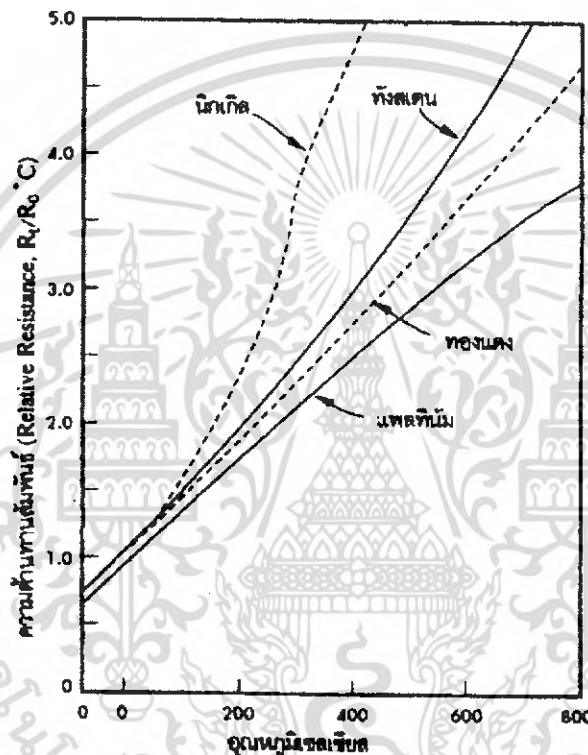
ซึ่งค่า α เปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น แพลทินัม 0.00392 โอห์ม/โอห์ม/องศาเซลเซียส จากย่านอุณหภูมิ 0°C ถึง 100°C , นิกเกิล 0.0063 โอห์ม/โอห์ม/องศาเซลเซียส, ทองแดง 0.00425 โอห์ม/โอห์ม/องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติค่า α ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วงจะไม่แปรผันเป็นเส้นตรง(Nonlinearly) ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานที่ต้องการค่าแน่นอน สามารถทำได้โดยการใช้สมการต่อไปนี้

$$R_t = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^4)$$

ค่า α , β และ γ ได้จากการทดลอง (Empirical Quantity) ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดมา แต่โดยทั่วไป การคำนวณจะใช้สูตร $R_t = R_0(1 + \alpha T)$ โดยเลือกใช้ค่า α ตามตาราง



รูปที่ 3-3 อัตราส่วนของความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำอาร์ทีดีเทียบกับค่าความต้านทานของมันที่ 0°C

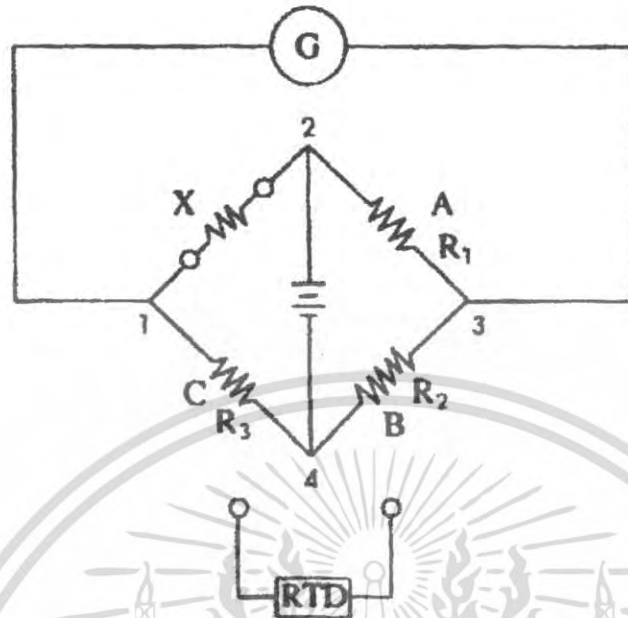
3.2.3 วงจรการใช้งานอาร์ทีดี

วงจรต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี คือ วิธสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) จากภาพที่ 3-4 ให้ X เป็นตัวอาร์ทีดี ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ริชิสเตอร์ประกอบอีก 3 ตัว คือ A,B และ C อยู่ในทรานซิสเตอร์ในอุณหภูมิบรรยากาศ ริชิสเตอร์ A,B และ C ที่ใช้เป็นแบบที่มีความถูกต้องสูง ค่าคิฟ(ความต้านทานเปลี่ยนเมื่อใช้ไปนานๆ) มีค่าต่ำมาก

วงจรบริดจ์นี้จะอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่ออาร์ทีดีอยู่ในอุณหภูมิ 0°C ซึ่งจะให้อัตราส่วน $X/C = A/B$ ถ้าวานอิมเตอร์จะชี้ที่ 0°C วงจรนี้ใช้ได้เมื่อตัวทรานสมิตเตอร์อยู่ใกล้กับตัวอาร์ทีดีมากๆ เท่านั้น เพราะถ้า

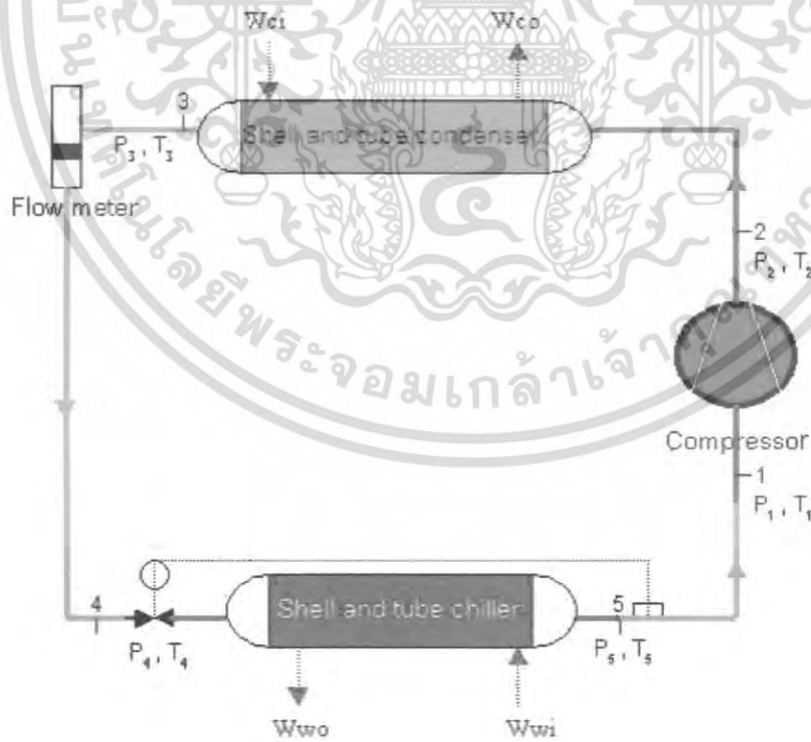
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายยาวค่าผิดพลาดจะเกิดขึ้นเนื่องจากความต้านทานของสายและอุณหภูมิของสายตัวนำ ถ้ามีค่ามาก ค่าความผิดพลาดก็จะสูง



ภาพที่ 3-4 วงจรการต่อใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี

3.2.4 จุดที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3-5 จุดวัดหาค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องทำความเย็น

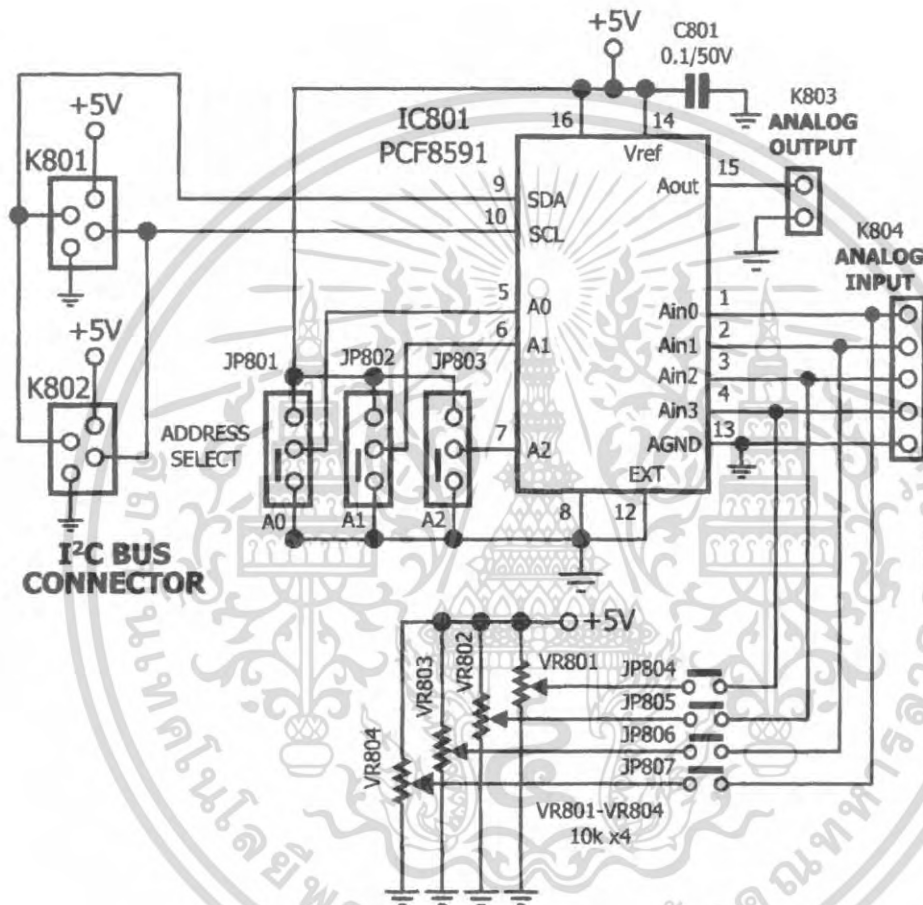
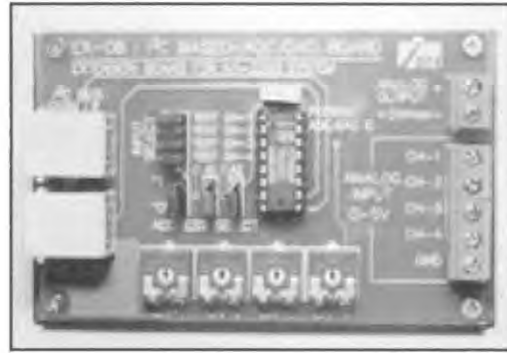
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Suction temperature: T_1 ใช้วัดหาค่าอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ ถูกติดตั้งที่ผิวท่อใกล้คอมเพรสเซอร์ด้านดูด
2. Discharge temperature: T_2 ใช้วัดหาค่าอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ ถูกติดตั้งที่ผิวท่อใกล้คอมเพรสเซอร์ด้านจ่าย
3. Liquid temperature: T_3 ใช้วัดหาค่าอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ถูกติดตั้งที่ผิวท่อที่ทางออกของสารทำความเย็นที่ คอนเดนเซอร์เพื่อหาค่า ของเหลวอิ่มตัว (Subcooled)
4. Evaporating temperature: T_4 ใช้วัดหาค่าอุณหภูมิกอยล์เย็น ถูกติดตั้งที่ผิวท่อที่ทางออกของวาล์วลดความดันซึ่งเป็นจุดที่สารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นของเหลวระเหยกลายเป็นไอสารทำความเย็น
5. Evaporating outlet temperature: T_5 ใช้วัดหาค่าอุณหภูมิที่ทางออกกอยล์เย็น เพื่อหาค่าของไอร้อนยวดยิ่ง(Superheat)
6. Chiller inlet: W_w วัดหาค่าอุณหภูมิน้ำที่กลับเข้าเครื่องทำน้ำเย็น
7. Chiller outlet: W_o วัดหาค่าอุณหภูมิน้ำที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น
8. Condenser inlet: W_c วัดหาค่าอุณหภูมิน้ำที่เข้ามาระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์

3.2.5 บอร์ดรับส่งค่าอุณหภูมิผ่านพอร์ตขนานเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

ปกติแล้วข้อมูลในการติดต่อกับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์นั้นจะเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งสิ้น แต่เมื่อนำมาเชื่อมกับอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ย่อมต้องเชื่อมต่อและประมวลผลกับสัญญาณอนาลอกด้วย ในการเชื่อมต่อกับสัญญาณอนาลอกต้องใช้ไอซีพิเศษ ที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลหรือที่เรียกว่า ไอซี ADC (Analog to Digital Converter) โดยตัวอาร์ทีดีทีที่ใช้นั้นจะแปลงค่าอุณหภูมิเป็นสัญญาณแรงดัน หรือสัญญาณอนาลอก ส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณผ่านพอร์ตขนาน ซึ่งก่อนที่จะส่งสัญญาณผ่านพอร์ตขนานนั้น จำเป็นที่จะต้องแปลงสัญญาณอนาลอกนี้ให้เป็นดิจิตอลเสียก่อน ผู้วิจัยได้ใช้บอร์ด EX-08 ในการทำหน้าที่นี้ โดยมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังนี้

บอร์ด EX-08 มีวงจรแสงในรูปที่ 3-6 บนบอร์ดมีไอซี PCF8591 ซึ่งสามารถกำหนดตำแหน่งแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์ได้ตามต้องการผ่านจัมป์เปอร์ JP801-JP803 โดยปกติถ้าใช้ PCF8591 เพียงตัวเดียวมักจะกำหนดค่าแอดเดรสเอาไว้เท่ากับ 000 การเชื่อมต่อบอร์ด EX-08 กับ P-Board จะใช้การเชื่อมต่อผ่านแจ็คโทรศัพท์และสามารถต่อพวงบอร์ดร่วมกันได้มากถึง 8 บอร์ดจากการกำหนดแอดเดรสของแต่ละบอร์ดคนละตำแหน่งกัน อินพุตอนาลอกที่ป้อนไปยัง PCF8591 มีทั้งหมด 4 จุดด้วยกัน ผู้ใช้งานสามารถเลือกการป้อนอินพุตอนาลอก 0-5V จากภายนอกหรือใช้การป้อนจากตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งใช้ปรับค่าแรงดันระหว่าง 0-5V จากแหล่งจ่ายไฟภายในบอร์ด โดยการเลือกการอ่านค่าจากตัวต้านทานปรับค่าได้หรือจากภายนอกนั้นมาจากจัมป์เปอร์ JP804-JP807 บนตัวบอร์ด



รูปที่ 3-6 วงจรสมบูรณของอิเล็คทรอนิคส์แผง (EX-08) บอร์ดแปลงสัญญาณนอกจากตัวอาร์ทีดี

3.3 ระบบควบคุม

ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. ตัวตรวจจับ มีหน้าที่วัดสิ่งที่ต้องการจะควบคุม เช่น อุณหภูมิ, ความดัน และความชื้น เป็นต้น โดยจะส่งผลที่วัดได้นั้นให้กับตัวควบคุม
2. ตัวควบคุม มีหน้าที่รับผลของการวัดจากตัวตรวจจับ ปรับปรุงผลให้เหมาะสม จากนั้นจึงส่งต่อไปยังตัวถูกควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวถูกควบคุม มีหน้าที่รับผลจากตัวควบคุมแล้วทำงานตามผลที่ได้รับมา ตัวอย่างของตัวถูกควบคุม เช่น Valve Actuator, Damper Actuator Relay และมอเตอร์ เป็นต้น
4. แหล่งจ่ายพลังงาน มีหน้าที่ส่งพลังงานให้แก่ตัวตรวจจับ ตัวควบคุมและตัวถูกควบคุม พลังงานที่ใช้ในการควบคุม ได้แก่ ความร้อน, ไฟฟ้า, อากาศที่มีความดันสูง และของเหลวที่มีความดันสูง เป็นต้น

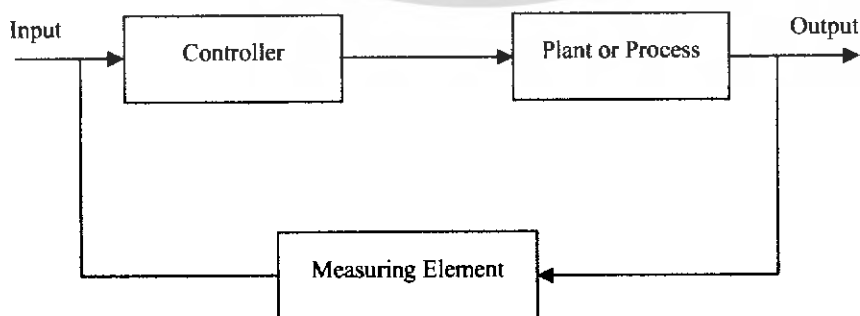
3.3.1 ชนิดของระบบควบคุม

ระบบควบคุมแบบ Open-loop เป็นระบบควบคุมที่เอาต์พุตของระบบจะไม่มีผลต่อการควบคุมเลย นั่นคือ ในกรณีของระบบควบคุมแบบ Open-loop นั้น เอาต์พุตของระบบจะไม่ถูกป้อนกลับเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับอินพุต แสดงดังภาพที่ 3-7 เป็น Block Diagram ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของระบบควบคุมแบบ Open-loop



รูปที่ 3-7 ระบบควบคุมแบบ Open-loop

ระบบควบคุมแบบ Close-loop เป็นระบบควบคุมที่เอาต์พุตจะมีผลโดยตรงต่อการควบคุม ดังนั้นระบบควบคุมแบบ Close-loop ก็คือระบบควบคุมแบบป้อนกลับนั่นเอง โดยสัญญาณค่าความคลาดเคลื่อน (Actuating Error Signal) ซึ่งเป็นสัญญาณความแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาต์พุตที่ป้อนกลับ (Feedback Signal) จะถูกป้อนให้กลับตัวควบคุม(Controller) เพื่อที่จะลดค่าความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง และทำให้เอาต์พุตของระบบมีค่าตามที่ต้องการ สัญญาณป้อนกลับนี้อาจเป็นสัญญาณเอาต์พุตโดยตรง หรือเป็นสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันหรือเป็นค่าอนุพันธ์ของสัญญาณเอาต์พุตก็ได้ แสดงดังภาพที่ 3-8 เป็น Block Diagram ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตของระบบควบคุมแบบ Close-loop



รูปที่ 3-8 ระบบควบคุมแบบ Close-loop

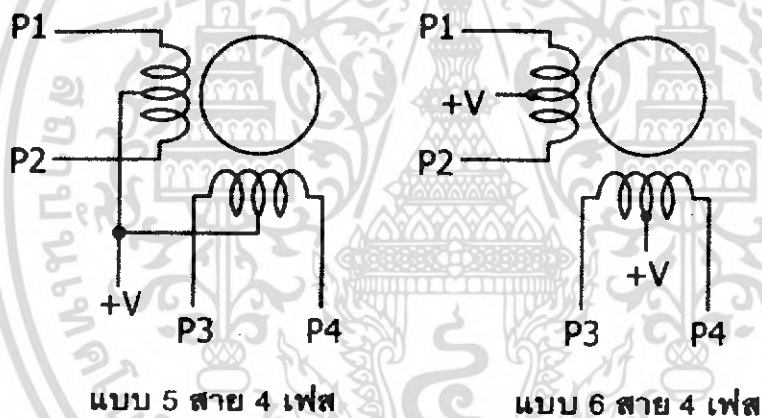
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อิเล็กทรอนิกส์อิเล็กทรอนิกส์

อิเล็กทรอนิกส์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เป็นวัสดุควบคุมและปรับอัตราการไหลของน้ำยาโดยอาศัยหลักการควบคุมอุณหภูมิทางไฟฟ้าโปรเซสเซอร์ที่ตั้งอยู่เสมอ และเนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการให้มีการควบคุมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์โดยการส่งงานอย่างต่อเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจึงเลือกการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตขนาน โดยใช้บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์รุ่นห้า (EX-05) สำหรับต่อพ่วงเพื่อควบคุมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะมีลักษณะวงจรและการควบคุมการทำงานดังต่อไปนี้คือ

3.4.1 วงจรควบคุมการเปิดปิดของอิเล็กทรอนิกส์

การควบคุมการเปิดปิดของอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทั่วไป สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟส คือ เฟส 1,2,3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปมอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อรวมกันเป็นสายเดียว



รูปที่ 3-9 โครงสร้างพื้นฐานของสเต็ปมอเตอร์ชนิดยูนิโพลาร์ทั้งแบบ 5 และ 6 สาย

3.4.2 การกระตุ้นเพื่อขับสเต็ปมอเตอร์

สามารถทำได้โดยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนแกนแม่เหล็กคงที่ ซึ่งต้องป้อนเป็นลำดับตามรูปแบบที่ถูกต้อง โดยสามารถแบ่งได้ 3 รูปแบบคือ ฟูลสเต็ป 1 เฟส (full-step 1 phase), ฟูลสเต็ป 2 เฟส (full-step 2 phase), และฮาล์ฟสเต็ป (half step) ซึ่งการควบคุมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์ในที่นี้จะป้อนเป็นแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส เป็นการกระตุ้นที่ง่ายที่สุด โดยกระตุ้นที่ขดลวดทีละขดไล่เรียงกันไป เช่น เริ่มตั้งแต่ขดที่ 1,2,3,4 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 หรือเริ่มขดที่ 1 แล้วย้อนไปยังขดที่ 4,3,2 แล้วกลับมาขดที่ 1 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ทิศทางการหมุนสวนกัน ในการกระตุ้นแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกระตุ้นเท่านั้น การกระตุ้นแบบนี้มีราคาถูกและง่าย สรุปขั้นตอนการทำงานดังตารางที่ 3-1

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3
1	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	-
3	-	-	-
4	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 3-1 แสดงรูปแบบการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส จะกระตุ้นโดยจ่ายแรงดันไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและเรียงถัดกันไป ขดลวดชุดแรกที่ถูกกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาเป็นขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้หรือเริ่มที่ขด 1 และ 4 ตามด้วยขดที่ 4 และ 3 ถัดไปเป็นขดที่ 3 และ 2 ต่อไปเป็นขดที่ 2 และ 1 แล้ววนกลับมาขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนกัน ดังแสดงขั้นตอนการกระตุ้นในตารางที่ 3-2 การกระตุ้นแบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบ 1 เฟส แกนแม่เหล็กเคลื่อนที่ภายในมอเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และหมุนต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือ ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 3-2 แสดงรูปแบบการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

แบบฮาล์ฟสเต็ป เป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบ 1 และ 2 เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1,1 และ 2,2 และ 3,3,3 และ 4,4,4 และ 1 แล้ววนกลับมาขดลวดที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3-3 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากช่วงของการเคลื่อนที่ในแต่ละสเต็ปมีระยะสั้นลง แต่ละ สเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังว่า เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับระยะเท่ากับการกระตุ้นแบบฟูลสเต็ป 1 สเต็ป สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟที่ต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบ 2 เฟสเป็นอย่างน้อย จึงจะเพียงพอ

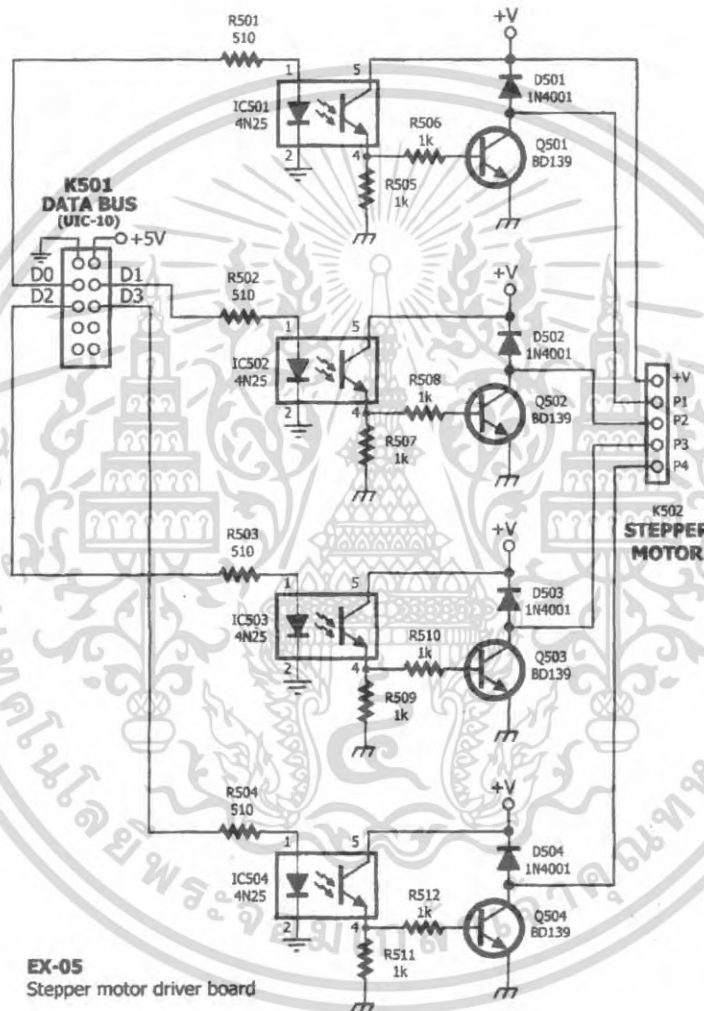
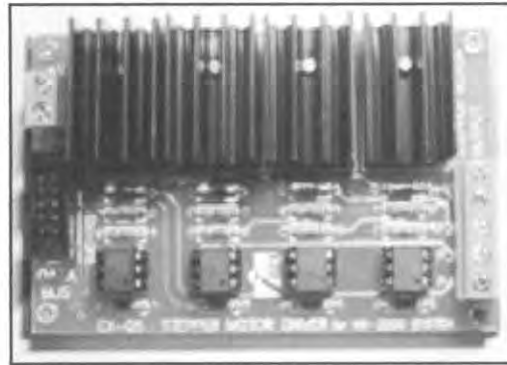
สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 3-3 แสดงรูปแบบการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบสเต็ปเฟส

3.4.3 มอเตอร์ขับเคลื่อนมอเตอร์

แผ่นวงจรไฟฟ้าที่ผู้วิจัยใช้ เป็นแผงวงจรสำเร็จรูปสำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบยูนีโพลาร์ โดยมีการแยกกราวด์ทางไฟฟ้าของส่วนอินพุตที่เชื่อมต่อกับพอร์ตขานานของคอมพิวเตอร์และเอาต์พุตที่เชื่อมต่อกับสเต็ปมอเตอร์ออกจากกัน แล้วใช้การเชื่อมต่อทางแสงโดยอุปกรณ์ ที่เรียกว่า ออปโตคัปเปลอร์ ในการถ่ายทอดสัญญาณควบคุม วงจรบอร์ดคืออิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงในรูปที่ 3-10 สัญญาณอินพุตมาจากคอนเน็คเตอร์ดาต้าบัส ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับพินบอร์ดแล้วส่งไปขับแอลอีดี (LED) อินฟราเรดที่อยู่ภายในออปโตคัปเปลอร์ ไอซีห้าสแตนด์หนึ่งถึงไอซีห้าสแตนด์สี่ (IC501 – IC504) โดยผ่านตัวต้านทานอาร์ห้าสแตนด์หนึ่งถึงอาร์ห้าสแตนด์สี่ (R501 – R504) เพื่อจำกัดกระแสให้กับแอลอีดี ในขณะที่เอาต์พุตของออปโตคัปเปลอร์จะต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์คิวห้าสแตนด์หนึ่งถึงคิวห้าสแตนด์สี่ (Q501 – Q504) เบอร์บีดีหนึ่งสามเก้า (BD139) เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ต่อไป เมื่อป้อนลอจิก “1” ให้กับออปโตคัปเปลอร์จะทำให้แอลอีดีภายในออปโตคัปเปลอร์ทำงาน กระตุ้นให้ไฟได้ทรานซิสเตอร์ภายในออปโตคัปเปลอร์ทำงาน เกิดแรงดันผ่านตัวต้านทานป้อนเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์บีดีหนึ่งสามเก้า (BD139) นำกระแส เสมือนว่าขลวดคานหนึ่งถูกต่อลงกราวด์จึงเกิดกระแสไหลผ่านขลวดทำให้เกิดการหมุนขึ้น การหมุนของสเต็ปมอเตอร์ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ป้อนคิงที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 วงจรสมรบูรณ์ของอิเล็กทรอนิกส์ห้า (EX-05) บอร์ดขับสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

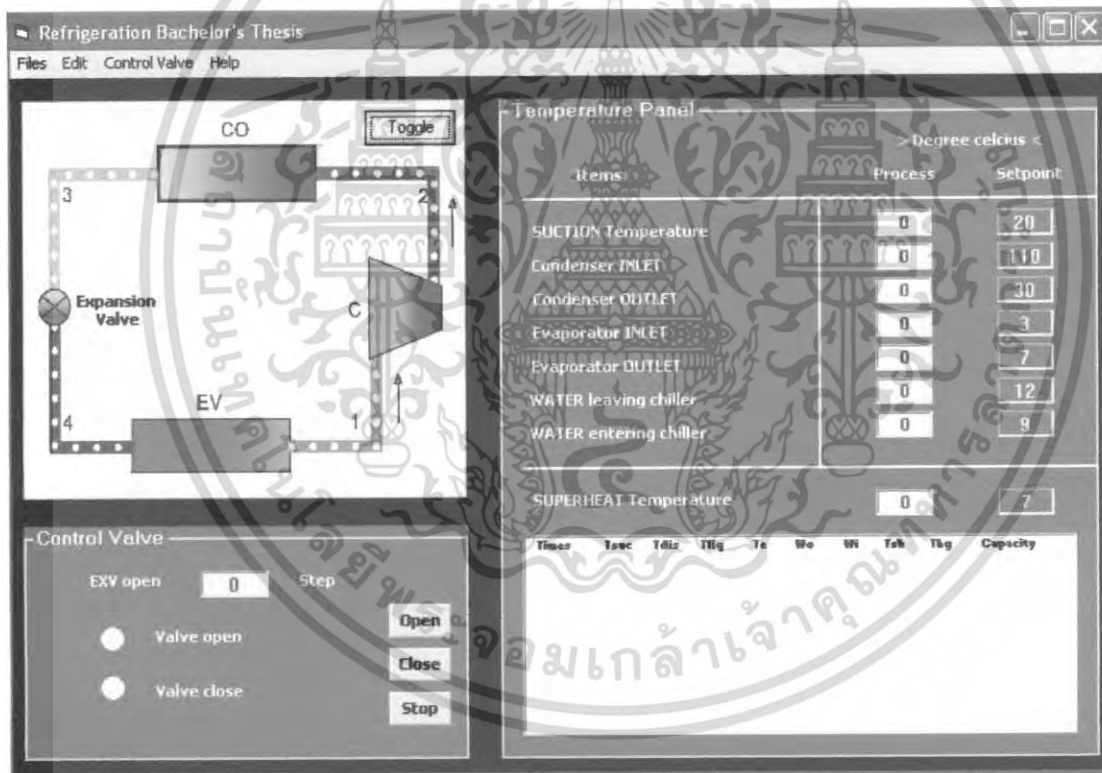
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โปรแกรมที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและควบคุมกระบวนการ

ผู้วิจัยเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและควบคุมการทำงานของอีเอ็กซ์วี ผ่านทางโปรแกรม ไมโครซอฟท์วิซวลเบสิก (Microsoft visual basic) โดยติดต่อชุดควบคุมการทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางพีบอร์ด(P-board) ซึ่งทำงานโดยการประมวลผลแล้วส่งค่าไปยังพอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจุดประสงค์หลักของโปรแกรมคือการรับค่าอุณหภูมิจากตัวอาร์ทีดีในตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการทราบ ทำการประมวลผลเพื่อใช้ในการสั่งเปิดปิดวาล์วอีเอ็กซ์วี แล้วจึงส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของวาล์วอีเอ็กซ์วีกลับผ่านทางบอร์ดอีเอ็กซ์วีศูนย์ห้า (EX-05)

โปรแกรมที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและควบคุมการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ , ส่วนควบคุมการทำงานของวาล์วอีเอ็กซ์วีทั้งแบบแมนนวลและอัตโนมัติ และส่วนเก็บค่าข้อมูลย้อนหลัง มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4-1 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

4.1 ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ (Temperature monitoring)

- Suction Temperature : วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์
- Inlet Condenser : วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเดนเซอร์
- Outlet Condenser : วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นหลังจากออกจากคอมเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Inlet Evaporator : วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าวาล์วลดความดัน
- Outlet Evaporator : วัดอุณหภูมิสารทำความเย็นหลังออกจากวาล์วลดความดัน
- Water leaving chiller : วัดอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น
- Water entering chiller : วัดอุณหภูมิน้ำร้อนที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็น
- Superheat Temperature : แสดงค่าอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด

ค่าที่แสดงผลแบบอัตโนมัติเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา ซึ่งผู้วิจัยป้อนค่าเวลาในการอ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 วินาที อยู่ในช่องเฟรมของส่วนรับค่าอุณหภูมิ (Temperature Panel) มีค่าเป็นองศาเซลเซียส

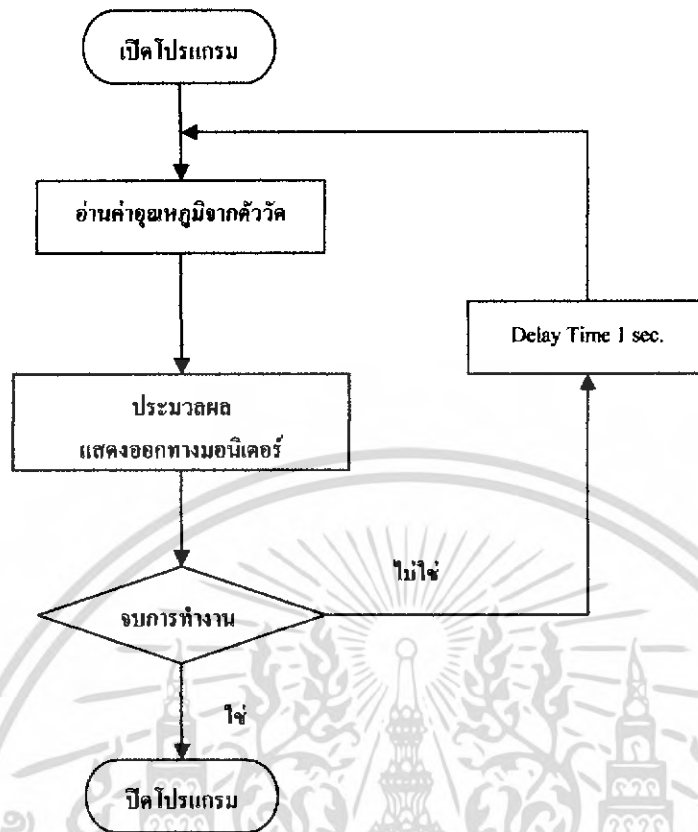
- Temperature Panel -

> Degree celcius <

Items	Process	Setpoint
SUCTION Temperature	12.8	20
Condenser INLET	46.4	110
Condenser OUTLET	34	30
Evaporator INLET	6.1	3
Evaporator OUTLET	12.8	7
WATER leaving chiller	21.6	12
WATER entering chiller	25.2	9
SUPERHEAT Temperature	7	7

รูปที่ 4-2 ส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

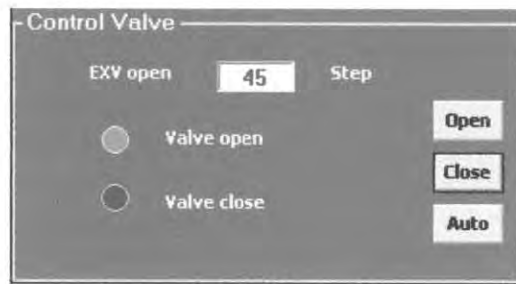


รูปที่ 4-3 แสดงโฟลว์ชาร์ตการทำงานของงานการอ่านค่าอุณหภูมิ

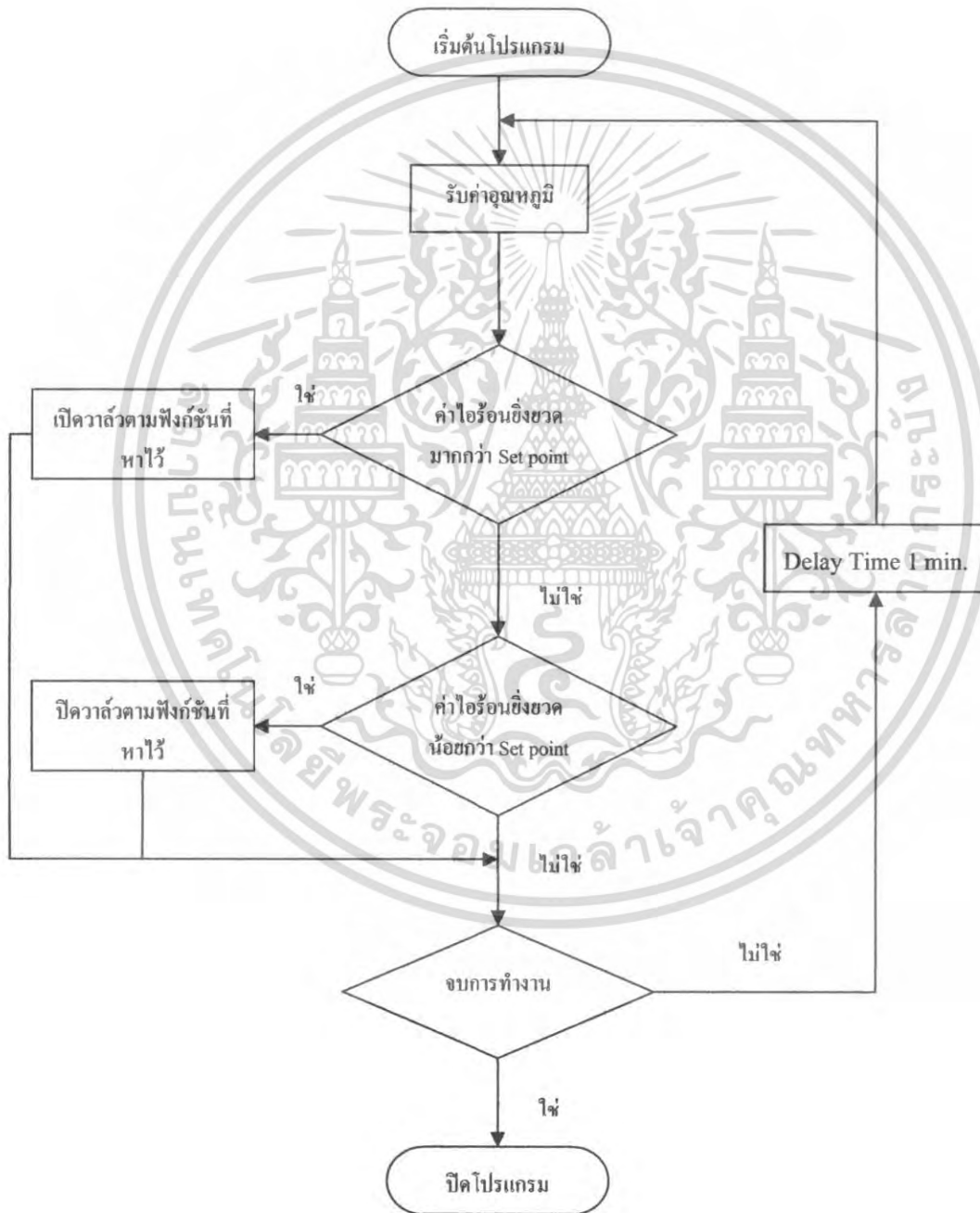
4.2 ส่วนควบคุมการทำงานของอีเอ็กซ์พีทิงแบบแมนนวลและอัตโนมัติ

การควบคุมการทำงานของอีเอ็กซ์พีทิงจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนที่ทำงานแบบแมนนวล (Manual Control) ในส่วนนี้เราสามารถที่จะกำหนดอัตราการเปิดปิดของอีเอ็กซ์พีทิงได้เอง โดยค่าอัตราการเปิดของวาล์วนั้นจะถูกแสดงออกมาในรูปขององศา(Step) สำหรับส่วนที่ทำงานแบบอัตโนมัติ(Auto Control) เมื่อเราสั่งให้โปรแกรมทำงานอีเอ็กซ์พีทิงนั้นจะถูกเปิดปิดอัตโนมัติผ่านทาง การประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยฟังก์ชันที่เราใช้กำหนดอัตราการเปิดปิดของอีเอ็กซ์พีทิงในแต่ละเครื่องทำความเย็นนั้นจะมีค่าไม่เหมือนกัน ดังนั้นเราจึงต้องทำการทดลองหาช่วงอัตราการเปิดปิดที่เหมาะสมกับภาระที่มากกระทำเสียก่อน แล้วจึงนำค่าเหล่านั้นมาเขียนเป็นฟังก์ชันเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ในการประมวลผล

สำหรับเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการควบคุมเป็นแบบระบบปิด โดยมีค่าอุณหภูมิของไอรีออนยวดยิ่งเป็นข้อมูลป้อนกลับเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของอีเอ็กซ์พีทิง นอกจากนี้ยังพบว่า เวลาที่เหมาะสมต่อการเว้นช่วงการควบคุม (Stamping period) คือ 1 นาที



รูปที่ 4-4 แสดงองศาการเปิดปิดวาล์วอีเอ็กซ์วี

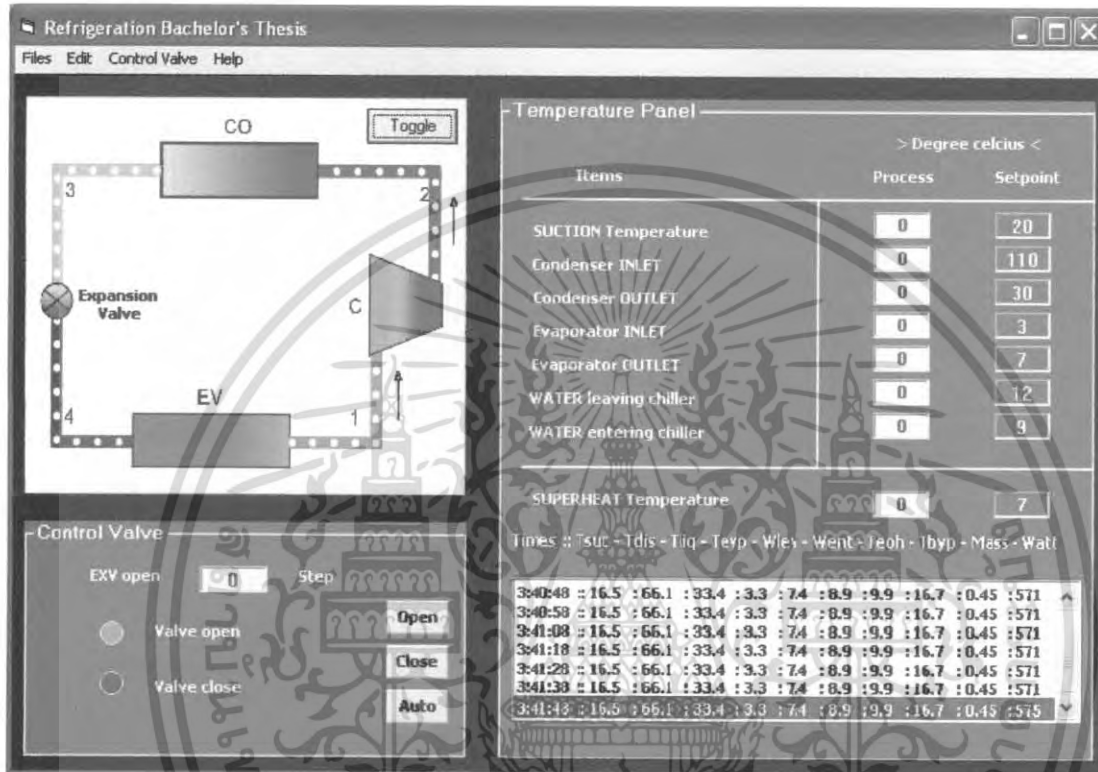


รูปที่ 4-5 แสดงโฟลว์ชาร์ทการทำงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ส่วนเก็บข้อมูลย้อนหลัง (Data logger)

โปรแกรมที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและควบคุมการกระบวนการณ์นั้น สามารถบันทึกค่าการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการทำงานอย่างต่อเนื่อง และค่าที่บันทึกนั้นจะบันทึกอยู่ในรูปของไฟล์เอกสาร (Text file หรือ *.txt) ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในไมโครซอฟท์ออฟฟิศต่างๆ (Microsoft Office) และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้อีกด้วย



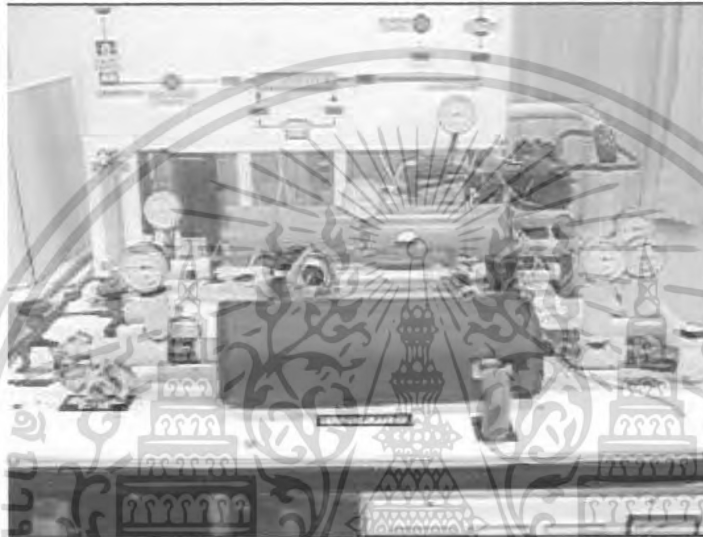
รูปที่ 4-6 แสดงข้อมูลที่บันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดทดสอบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงาน ความเย็น ผู้วิจัยได้เลือกเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็ก เนื่องจากสามารถหาค่าความสามารถในการทำความเย็นได้ง่ายกว่าอากาศ โดยชุดทดสอบประกอบด้วย เครื่องมือและรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 5-1 ชุดทดสอบเครื่องทำน้ำเย็น

5.1.1 อุปกรณ์ในเครื่องทำน้ำเย็น แยกเป็นวงจรสารทำความเย็นและวงจรรน้ำเย็น โดยวงจรสารทำความเย็น อุปกรณ์ดังนี้

1. Open type reciprocating compressor with 3 phase Induction motor 1hp
2. Shell and tube water condenser , Shell and tube water chiller
3. Refrigerant receiver tank
4. Refrigerant flow meter
5. Refrigerant stop valve
6. Thermostatic expansion valve
7. Electronic expansion valve
8. Insulation , pressure gauge panel and Temperature sensor panel
9. Chiller & condenser water pump
10. Chiller storage & expansion tank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General Items	Description
Type	Reciprocating 2 cylinder
Bore	1-1/2 inch
Stroke	1-7/16 inch
Displacement volume(415rpm)	2.07 m ³ /h
Suction valve connection	½ inch
Discharge valve connection	3/8 inch
Pulley compressor	8-1/2 inch. 1B
Pulley motor	2-1/2 inch
Refrigerant	12

ตารางที่ 5-1 แสดงรายละเอียดข้อมูลคอมเพรสเซอร์ (Tecumseh – CE2300)

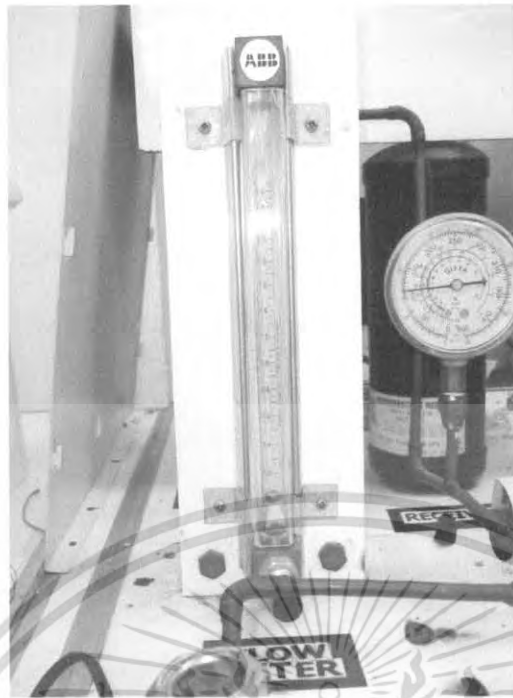


รูปที่ 5-2 คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในชุดทำเครื่องน้ำเย็น

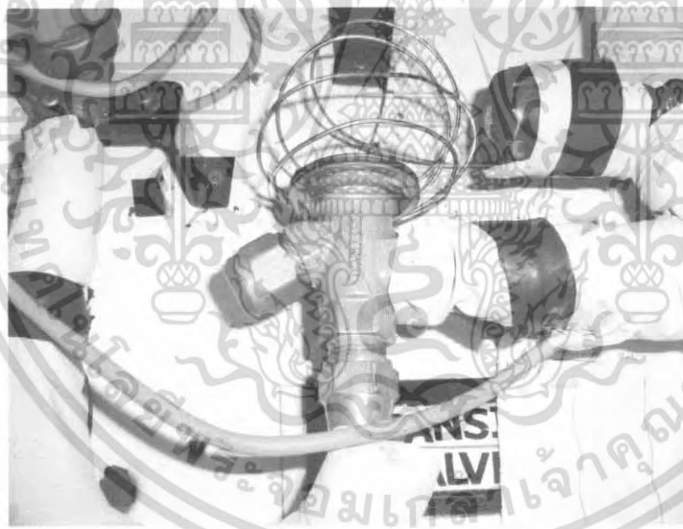
General Items	Description
Shell and tube water condenser / pump	Water flow 3.434 gpm., water 32/37°C
Shell and tube water chiller / pump	Water flow 1.849 gpm., water 8.5/7°C
Thermostatic expansion valve	Danfoss TEF2 orifice no.03
Flow meter	ABB range 0.25 to 2.7 kg/min
Liquid line Filter drier	ALCO connection port 1/4 inch
Liquid line Sight glass	Sporlan conection port 1/4 inch

ตารางที่ 5-2 แสดงรายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์อื่นๆในชุดเครื่องทำน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-3 แสดงอุปกรณ์วัดอัตราไหลของสารทำความเย็นสถานะของเหลว



รูปที่ 5-4 แสดงเทอร์โมแคติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-5 แสดงอิเล็กทรอนิกส์เอ็กซ์แพนชันวาล์ว



รูปที่ 5-6 แสดงค่าแรงดันของสารทำความเย็นที่อีวาโปเรเตอร์

ค่าแรงดันอีวาโปเรเตอร์ สามารถอ่านได้จากตัววัดความดันที่ทางออกของเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ซึ่งเป็นจุดที่สารทำความเย็นที่เดิมมีสถานะเป็นของเหลว ความดันต่ำ ส่วนค่าแรงดันคอนเดนเซอร์ สามารถอ่านได้จากตัววัดความดันที่ทางออกของคอมเพรสเซอร์ตามมาตรฐาน ARI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าและการวัดค่ากำลังไฟฟ้า มีอยู่ 2 ชนิดที่ใช้ในการทดลอง คือ Watt panel meter ในการวัดกระแสมอเตอร์ แบบ 3 เฟส 380 โวลต์ และ ตัวปรับความถี่ไฟฟ้า (Inverter) มอเตอร์ไฟฟ้า ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ ยี่ห้อ MITSUBISHI model SF-JR 3 phase , 1 hp. 380 volt , 2 Amp., Frame 80M , Insulation CLASS B

อินเวอร์เตอร์ ที่ใช้ในการปรับความเร็วรอบการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ยี่ห้อ Novem model NSI-4-001 1 H.P. 380 volt 3.5 Amp.

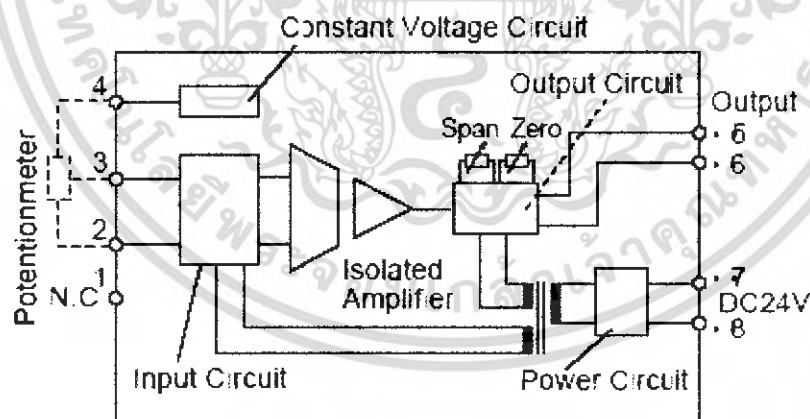
วัตต์มิเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ให้หน่วยเป็น วัตต์ ยี่ห้อ SAGI model SG-96 range 0 – 3 kW.

ฮีตเตอร์แท่ง ขนาด 1,500 วัตต์ และ อุปกรณ์การปรับความร้อน(Heater dimmer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างภาระความร้อนให้กับเครื่องทำน้ำเย็น หากระบบต้องการลดภาระความร้อนทำได้โดยใช้อุปกรณ์การปรับความร้อน ปรับแต่งที่อุปกรณ์ได้ทันที

5.2 การอ่านข้อมูลในการทดลอง

5.2.1 การปรับค่าตัววัดอุณหภูมิ

เนื่องจากการใช้เซนเซอร์หลายตัวจึงต้องมีความปรับเทียบให้เกิดความแม่นยำมากที่สุด โดยการปรับเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิมาตรฐาน ยี่ห้อ Dixell รุ่น XR 100C ซึ่งใช้ PTC sensor รุ่นเดียวกันวัดค่าจุดอ้างอิง ที่ 0 ถึง +70 °C ผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณ Transmitter ยี่ห้อ Asahi รุ่น TZ-5B-I เพื่อแปลงค่าเป็น สัญญาณ 1 ถึง 5 โวลต์เพื่อเป็นสัญญาณ ในการประมวลผลเป็นอุณหภูมิต่อไป



รูปที่ 5-7 แสดงวงจรการวัดค่าของตัววัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การอ่านค่าความดันของสารทำความเย็น (barg.)

ความดันไอวาโปเรเตอร์ (Evaporating pressure) อ่านจากเกจวัดความดันที่ทางออกของเอ็กซ์เพนชัน วาล์ว ,ความดันตกคร่อมในไอวาโปเรเตอร์ (Pressure drop) อ่านจากเกจวัดแรงดันที่ทางออกของไอวาโปเรเตอร์ , ความดันดูด (Suction pressure) อ่านจากเกจวัดความดันที่ตำแหน่งก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์, ความดันด้านจ่าย (Discharge pressure or Condensing temperature) อ่านจากเกจวัดความดันที่ตำแหน่งทางออกคอมเพรสเซอร์ซึ่งใกล้เคียง กับทางเข้าคอนเดนเซอร์, ความดันตกคร่อมในคอนเดนเซอร์(Pressure drop) อ่านจากเกจวัดความดันที่ทางออกของคอนเดนเซอร์

5.2.3 การอ่านค่าอุณหภูมิและอัตราไหลของสารทำความเย็น

ค่าอุณหภูมิได้แสดงอยู่ใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว สามารถบันทึกตามช่วงเวลาที่ต้องการได้ แต่ค่าอัตราไหลของสารทำความเย็นบันทึกจากมิเตอร์วัดอัตราการไหล

5.2.4 การอ่านค่าการใช้พลังงาน

ค่าการใช้พลังงานของมอเตอร์อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ที่ได้ติดตั้งไว้

5.3 วิธีการทดลอง

5.3.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี ที่สภาวะมาตรฐานเออาร์ไอ (ARI) ในช่วงสภาวะคงที่ (Steady state)

จากค่ามาตรฐานเครื่องทำน้ำเย็นเออาร์ไอ 550/590-1998 และค่ามาตรฐานชุดเครื่องอัดไอแบบลูกสูบเออาร์ไอ 540/1990 จากตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงในการทำงานของชุดทดสอบรวมทั้งสภาวะคงที่ของเครื่องทำความเย็น โดยสภาวะการทำงานของชุดทดสอบมีดังนี้

ITEMS	Setpoint
Evaporating Temperature	+3.3 °C
Condensing Temperature	+40.6 °C
Water Outlet chiller	+6.7 °C
Water Inlet Chiller	+12.8 °C
Water Chiller Flow	2.4 gpm/ton
Water Condenser Flow	3 gpm/ton

ตารางที่ 5-3สภาวะการทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐานเออาร์ไอ

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในช่วงสภาวะคงที่ รวมทั้งเป็นการทดสอบเครื่องทำความเย็นในการควบคุมภาระความร้อนของน้ำเย็นในสภาวะคงที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือหากอุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าซิลเลอร์เริ่มมีค่าลดลง (ภาวะความร้อนลดลง) ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากซิลเลอร์มีค่าลดลงตามไปด้วยเนื่องจากคอมเพรสเซอร์ทำงานที่สภาวะคงที่ การทดลองนี้จะเป็นการสังเกตการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น +6.7 ถึง +8.3 °C หรือ +44 ถึง +47 °F โดยเป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่การเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 °F การทดสอบนี้เป็นการเก็บของประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นที่ทำงานในช่วงภาวะความร้อนของระบบลดลง คืออุณหภูมิที่กลับเข้าเครื่องทำความเย็นมีอุณหภูมิต่ำลง

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ เมื่อต้องการ
2. เปิดสวิทช์ไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ให้ทำงานที่ความถี่ไฟฟ้า 50 Hz โดยใช้ที่เอ็กซ์วีในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น ในขณะที่ที่เอ็กซ์วีนั้นปิดทางไหลของสารทำความเย็นไว้
3. โดยปกติ น้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นในช่วงแรกๆ จะมีอุณหภูมิสูงประมาณ +30 °C
4. เมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นลดต่ำลงเหลือ +8.3 °C (+47°F) จึงเริ่มเก็บค่า ความดัน, อุณหภูมิ, อัตราการไหล และการใช้พลังงาน
5. ปรับความร้อนของฮีตเตอร์ให้ลดลงเพื่อเป็นการลดภาระให้กับระบบ
6. รอให้ระบบเสถียรแล้วเก็บข้อมูลความดัน, อุณหภูมิ, อัตราการไหล และการใช้พลังงานที่อุณหภูมิน้ำออกจากซิลเลอร์ +7.7°C(+46°F), +7.2°C(+45°F) และ +6.7°C(+44°F) ตามลำดับ
7. ทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ต้น โดยเปลี่ยนมาใช้ที่เอ็กซ์วีแทนในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น รวมทั้งปิดทางไหลของสารทำความเย็นเข้าที่เอ็กซ์วีไว้

5.3.2 การทดลองหาความเร็วในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นช่วงสภาวะทรานเซียน

(Transient)เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady) โดยใช้ที่เอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในการลดความดันของสารทำความเย็น การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของที่เอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในช่วงสภาวะทรานเซียนเข้าสู่สภาวะคงที่ หลักการควบคุมการทำงานของวาล์วทั้งสองนั้นจะใช้ค่าความต่างของอุณหภูมิทางเข้าและออกอีวาโปเรเตอร์ โดยที่เอ็กซ์วีจะเป็นทำงานเป็นระบบแมกคานิก คือใช้ความดันในการควบคุมการเปิดปิดของวาล์ว ส่วนวาล์วอีเอ็กซ์วีนั้นจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แทนในการควบคุมการเปิดปิดของวาล์ว

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ
2. เปิดสวิทช์ไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ให้ทำงานที่ความถี่ไฟฟ้า 50 HZ โดยใช้วาล์วที่เอ็กซ์วีในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น ในขณะที่ที่เอ็กซ์วีนั้นปิดทางไหลของสารทำความเย็นไว้
3. บันทึกค่าอุณหภูมิ, ความดัน, อัตราการไหล และการใช้พลังงานทุกๆ ช่วง 10 วินาที รอจนกระทั่งระบบการทำความเย็นเสถียรจึงค่อยเลิกบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ต้น โดยเปลี่ยนมาใช้ฮีเอ็กซ์วีแทนในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น รวมทั้งปิดทางไหลของสารทำความเย็นเข้าที่ฮีเอ็กซ์วีไว้

5.3.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี จากการผันแปรภาระการทำความเย็นทุก 15 นาที และ 30 นาที

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของฮีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในช่วงการผันแปรภาระการทำความเย็นในช่วงภาระการทำความเย็นสูงสุด โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงทุก 15 และ 30 นาที เป็นจำนวน 6 ครั้ง เพื่อสังเกตผลการตอบสนองของวาล์วทั้งสองว่าจะทำการควบคุมสภาวะคิขนาดไหน

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ
2. เปิดสวิทช์ไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ให้ทำงานที่ความถี่ไฟฟ้า 50 HZ โดยใช้วาล์วฮีเอ็กซ์วีในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น ในขณะที่ฮีเอ็กซ์วีนั้นปิดทางไหลของสารทำความเย็นไว้
3. ปรับความร้อนของฮีตเตอร์ให้ภาระสูงสุดที่ระบบเครื่องทำความเย็นจะทำได้ รอให้ระบบเครื่องทำความเย็นเสถียร จากนั้นบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลและการใช้พลังงาน
4. ทำการลดภาระที่ให้แก่ระบบโดยการปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าซิลเลอร์ให้มีค่าต่ำสุด บันทึกค่าอุณหภูมิ, ความดัน และการใช้พลังงานทุกๆ ช่วง 2 นาที รอจนกระทั่งครบ 15 นาที จึงค่อยเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเข้าซิลเลอร์ที โดยเปลี่ยนอัตราการไหลจากต่ำสุดมาสูงสุดและสูงสุดเป็นจำนวน 6 เทียบ
5. จากนั้นทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ต้น แต่เปลี่ยนช่วงเวลาในการผันแปรภาระจากทุก 15 นาที มาเป็น 30 นาที
6. เปลี่ยนอีเอ็กซ์วีมาใช้ในการควบคุมสารทำความเย็นแทน รวมทั้งปิดทางไหลของสารทำความเย็นเข้าที่ฮีเอ็กซ์วีไว้ จากนั้นทำการทดลองลักษณะเดียวกับที่ฮีเอ็กซ์วีข้างต้น

5.3.4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฮีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี เมื่อความเร็วรอบของอัดคอมเพรสเซอร์เปลี่ยนแปลง

การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของฮีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี เมื่อความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เปลี่ยนแปลง โดยจะทำการเพิ่มความถี่ของคอมเพรสเซอร์ 10 เฮอร์เซ็นต์ ขึ้น 2 ช่วง และลดความถี่ของคอมเพรสเซอร์ 10 เฮอร์เซ็นต์ ลง 2 ช่วง เป็นจำนวน 6 ครั้ง สังเกตผลการตอบสนองของวาล์วทั้งสองว่าจะทำการควบคุมสภาวะคิขนาดไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. เปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่างๆ
2. เปิดสวิตซ์ไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ให้ทำงานที่ความถี่ไฟฟ้า 50 HZ โดยใช้วาล์วที่เอ็กซ์วีในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น ในขณะที่ที่เอ็กซ์วีนั้นปิดทางไหลของสารทำความเย็นไว้
3. บันทึกค่าอุณหภูมิ, ความดัน, อัตราการไหล และการใช้พลังงานทุกๆ ช่วง 10 วินาที รอจนกระทั่งระบบการทำความเย็นมีสถานะคงที่จึงค่อยเลิกบันทึก
4. ลดความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ลง 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ต้น ทำการทดลองเช่นนี้จนกระทั่งลดความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ลด 2 ช่วง
5. จากนั้นทำการทดลองคล้ายดังข้อ 4 เพียงแต่คราวนี้เราเปลี่ยนจากการลดความเร็วรอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เป็นเพิ่มความเร็วยุทธ
6. ทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ต้น โดยเปลี่ยนมาใช้ที่เอ็กซ์วีแทนในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น รวมทั้งปิดทางไหลของสารทำความเย็นเข้าที่เอ็กซ์วีไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลอง

6.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี ที่สถานะมาตรฐานเออาร์ไอ (ARI) ในช่วงสภาวะคงที่ (Steady state)

ทีเอ็กซ์วี

Item	Unit	6.7	7.2	7.7	8.3
evaporating pressure	psia	21	21	21	21
evaporating temperature	°C	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6
pressure drop in evaporator	psia	-2	-2	-2	-2
evaporating temperature outlet	°C	1.1	0.9	1	0.77
suction temperature	°C	4	4	4	4
pressure drop in suction line	psia	-2	-2	-2	-2
discharge pressure	psia	160	160	160	160
condensing temperature	°C	47	47	47	47
discharge temperature	°C	60	60	60	60
pressure drop in condenser	psia	-1	-1	-1	-1
refrigerant outlet at condenser	°C	30.2	30.2	30.3	30.3
refrigerant mass flow rate	kg/s	0.0033	0.0033	0.0031	0.0031
water entering chiller	°C	8.6	9	9.4	9.9
water chiller flow	gpm	1.843	1.843	1.843	1.843
chiller capacity	watt	923.38	874.79	826.19	777.59
power input	watt	545	530	520	510
coefficient of performance		1.69	1.65	1.58	1.52

ตารางที่ 6-1 แสดงผลการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ของทีเอ็กซ์วี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีเอ็กซ์วี

Item	Unit	6.7	7.2	7.7	8.3
evaporating pressure	psia	28	30	30	30
evaporating temperature	°C	3.3	3.3	3.3	3.3
pressure drop in evaporator	psia	-2	-3	-2	-2
evaporating temperature outlet	°C	3.3	6	5.7	5.7
suction temperature	°C	5.7	6.1	7.2	7.2
pressure drop in suction line	psia	-2	-2	-2	-2
discharge pressure	psia	142.5	142.5	142.5	140
condensing temperature	°C	41.2	41.2	41.2	41.2
discharge temperature	°C	71	71	71	71
pressure drop in condenser	psia	-10	-7.5	-7.5	-7.5
refrigerant outlet at condenser	°C	32	32	32	32
refrigerant mass flow rate	kg/s	0.0054	0.0062	0.0063	0.0071
water entering chiller	°C	8.6	9	9.4	9.9
water chiller flow	gpm	1.843	1.843	1.843	1.843
chiller capacity	watt	923.38	874.79	826.19	777.59
power input	watt	540	520	515	505
coefficient of performance		1.7	1.68	1.6	1.54

ตารางที่ 6-2 แสดงผลการทดลองในช่วงสภาวะคงที่ของอีเอ็กซ์วี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองหาความเร็วในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นช่วงสภาวะทรานเซียน (Transient) เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady) โดยใช้ทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในการวัดความดันของสารทำความเย็น

ทีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	21.6	37.6	28.7	21.6	30.5	32.2	23.4	620.8
240	18.1	41.1	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	632.4
360	16.3	42.9	34	13.8	26.9	28.7	16.3	620.8
480	14.6	44.6	34	13.8	25.2	26.9	14.6	585.9
600	12.8	44.6	34	11.3	25.2	26.9	12.8	578.1
720	12.8	44.6	34	8.7	23.4	25.2	12.8	585.9
840	12.8	44.6	34	6.1	21.6	23.4	12.8	574.2
960	11	42.9	34	6.1	21.6	23.4	11	558.7
1080	11	44.6	32.2	6.1	19.9	21.6	11	551
1200	9.2	42.9	32.2	3.5	19.9	21.6	9.2	551
1320	9.2	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	9.2	543.2
1440	9.2	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	9.2	531.6
1560	9.2	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	9.2	558.7
1680	7.5	42.9	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	527.7
1800	7.5	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	531.6
1920	7.5	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	527.7
2040	7.5	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	527.7
2160	7.5	42.9	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	519.9
2280	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	527.7
2400	7.5	42.9	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	519.9
2520	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	527.7
2640	5.7	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	7.5	512.2
2880	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	519.9
3120	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
3240	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	519.9
3360	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.2
3480	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	519.9
3600	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.2

ตารางที่ 6-3 แสดงผลการทดลองการเข้าสู่ภาวะคงที่ของฮีเอ็กซ์วี

ฮีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
0	28.7	32.2	30.5	30.5	32.2	32.2	30.5	0
120	23.4	41.1	30.5	23	30.5	32.2	23.4	624.68
240	18.1	44.6	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	613.04
360	16.3	44.6	34	13.8	26.9	28.7	16.3	585.88
480	14.6	46.4	34	11.3	25.2	26.9	14.6	585.88
600	12.8	46.4	34	8.7	23.4	25.2	12.8	558.72
720	11	48.2	34	3.5	21.6	23.4	11	558.72
840	9.2	48.2	34	0.9	21.6	23.4	9.2	566.48
960	9.2	44.6	34	0.9	19.9	21.6	11	566.48
1080	11	44.6	34	3.5	19.9	21.6	11	566.48
1200	9.2	42.9	34	3.5	18.1	19.9	11	550.96
1320	9.2	44.6	34	3.5	18.1	19.9	9.2	543.2
1440	9.2	44.6	34	0.9	18.1	19.9	9.2	531.56
1560	7.5	42.9	34	0.9	18.1	19.9	7.5	531.56
1680	9.2	41.1	34	3.5	16.3	18.1	9.2	527.68
1800	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	531.56
1920	7.5	44.6	34	0.9	16.3	18.1	7.5	527.68
2160	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	519.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
2400	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	512.16
2520	7.5	42.9	34	0.9	14.6	16.3	7.5	527.68
2760	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	504.4
2880	7.5	42.9	34	0.9	14.6	16.3	7.5	519.92
3000	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	512.16
3120	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	504.4
3240	7.5	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	512.16
3360	7.5	41.1	34	0.9	12.8	14.6	9.2	504.4
3480	7.5	41.1	34	0.9	12.8	14.6	7.5	512.16
3600	7.5	41.1	34	0.9	12.8	14.6	7.5	504.4

ตารางที่ 6-4 แสดงผลการทดลองการเข้าสู่ภาวะคงที่ของอีเอ็กซ์วี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี จากการผันแปรภาระการทำงานเป็น
ทุก 15 นาที และ 30 นาที

ทีเอ็กซ์วีภาระผันแปรทุก 15 นาที(บันทึกค่าต่อช่วงการเปลี่ยนแปลงภาระ)

Flow rate	0.75	0.7	0.8	0.75	0.8	0.725
Temp(^o c)						
Load	35.8	37.6	37.6	37.6	37.6	39.3
Compressor in	16.3	18.1	18.1	18.1	18.1	16.3
Compressor out	46.4	48.2	48.2	48.2	46.4	46.4
Condenser out	34	35.8	35.8	35.8	35.8	34
Evap in	8.7	11.3	11.3	11.3	8.7	8.7
Evap out(water)	34	35.8	34	35.8	34	35.8
Evap in(water)	35.8	37.6	37.6	37.6	37.6	39.3
Evap out	16.3	18.1	18.1	18.1	18.1	16.3
in Cond(water)	32.1	32.2	32.2	32.2	32.2	32.1
Out Cond(water)	34.9	35.3	35.1	35.1	35.2	35
Pressure(psi)						
Evap in	47.5	50.5	49.5	51	50	47.5
in Comp	43	45	45	44	46.5	43.5
Out Evap	46	47	47	47	48	45.5
in Cond, out Com	156	163	161	160	161	160
out Cond						
Liquid	150	152	151	150	150	150
Power(watt)						
Motor	613.04	597.52	620.8	597.52	620.8	605.28

ตารางที่ 6-5 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของทีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เอ็กซ์วิภาาระผันแปรทุก 15 นาที(บันทึกค่าทุก 1 นาที)

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
0	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	597.52
60	16.3	46.4	34	11.3	32.2	35.8	18.1	605.28
120	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	19.9	585.88
180	16.3	46.4	34	11.3	32.2	35.8	18.1	585.88
240	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	605.28
300	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	597.52
360	16.3	46.4	35.8	11.3	34	35.8	18.1	597.52
420	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	605.28
480	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	613.04
540	16.3	46.4	35.8	11.3	34	35.8	18.1	597.52
600	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	605.28
660	16.3	46.4	35.8	11.3	34	39.3	18.1	605.28
720	16.3	46.4	35.8	11.3	34	35.8	18.1	613.04
780	16.3	46.4	35.8	11.3	34	35.8	18.1	620.8
840	16.3	46.4	35.8	11.3	34	35.8	18.1	597.52
900	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	597.52
960	16.3	46.4	34	11.3	32.2	37.6	16.3	613.04
1020	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	16.3	613.04
1080	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.88
1140	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
1200	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	574.24
1260	16.3	46.4	34	8.7	34	41.1	16.3	574.24
1320	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	574.24
1380	16.3	46.4	34	8.7	32.2	39.3	16.3	574.24
1440	16.3	48.2	34	8.7	34	39.3	18.1	585.88
1500	18.1	48.2	34	8.7	35.8	39.3	18.1	574.24
1560	18.1	48.2	34	8.7	35.8	39.3	16.3	578.12
1620	18.1	48.2	34	8.7	35.8	37.6	16.3	578.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
1680	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	39.3	16.3	578.12
1740	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	37.6	18.1	585.88
1820	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	37.6	16.3	585.88
1880	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	37.6	18.1	597.52
1940	18.1	46.4	35.8	11.3	32.2	37.6	16.3	597.52
2000	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	585.88
2060	18.1	48.2	35.8	11.3	35.8	37.6	19.9	597.52
2120	18.1	48.2	35.8	11.3	35.8	37.6	16.3	613.04
2180	18.1	46.4	35.8	11.3	35.8	37.6	18.1	605.28
2240	18.1	48.2	35.8	11.3	34	37.6	18.1	624.68
2300	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	16.3	613.04
2360	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	624.68
2420	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	620.8
2480	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	613.04
2540	18.1	48.2	35.8	11.3	34	37.6	18.1	613.04
2600	18.1	48.2	35.8	11.3	35.8	37.6	18.1	613.04
2660	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	620.8
2720	16.3	46.4	35.8	11.3	34	39.3	18.1	613.04
2780	16.3	46.4	35.8	11.3	34	39.3	16.3	613.04
2840	16.3	46.4	35.8	8.7	34	39.3	16.3	613.04
2900	16.3	46.4	35.8	8.7	35.8	39.3	18.1	605.28
2960	16.3	46.4	35.8	8.7	35.8	39.3	16.3	620.8
3020	16.3	46.4	35.8	8.7	35.8	39.3	16.3	578.12
3080	16.3	46.4	35.8	8.7	35.8	39.3	18.1	578.12
3140	18.1	48.2	34	8.7	35.8	37.6	18.1	574.24
3200	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	39.3	16.3	585.88
3260	18.1	48.2	34	8.7	34	37.6	16.3	620.8
3320	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	39.3	18.1	632.44
3380	18.1	48.2	35.8	8.7	34	37.6	18.1	620.8
3440	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	37.6	16.3	620.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(^o c)	Discharge Temp (^o c)	liquid line(^o c)	Evap Temp (^o c)	water leaving Evap(^o c)	water entering Evap(^o c)	Evap out(^o c)	Motor (watt)
3500	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	37.6	16.3	624.68
600	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	613.04
3560	18.1	48.2	35.8	8.7	35.8	39.3	16.3	58.2
3620	18.1	46.4	35.8	8.7	35.8	37.6	16.3	620.8
3680	18.1	46.4	35.8	11.3	35.8	37.6	16.3	620.8
3740	18.1	46.4	35.8	11.3	35.8	37.6	18.1	620.8
3800	18.1	48.2	35.8	11.3	35.8	37.6	18.1	613.04
3860	18.1	48.2	35.8	11.3	34	37.6	19.9	624.68
3920	18.1	46.4	35.8	8.7	34	39.3	19.9	620.8
3980	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	620.8
4040	18.1	48.2	35.8	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4100	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	574.24
4160	18.1	48.2	35.8	11.3	34	35.8	18.1	578.12
4220	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	16.3	578.12
4280	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	19.9	578.12
4340	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	574.24
4400	18.1	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4460	16.3	46.4	35.8	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4520	16.3	46.4	35.8	8.7	34	37.6	16.3	578.12
4580	16.3	46.4	35.8	8.7	34	37.6	16.3	578.12
4640	16.3	46.4	35.8	8.7	34	39.3	16.3	578.12
4700	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	578.12
4760	34	46.4	34	8.7	34	41.1	16.3	585.88
4820	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	574.24
4880	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	574.24
4940	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	18.1	624.68
5000	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	620.8
5060	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	632.44
5120	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	620.8
5180	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	605.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
5240	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	18.1	624.68
5300	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	18.1	613.04
5360	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	613.04
5400	16.3	46.4	34	8.7	35.8	40.2	15.4	613.04

ตารางที่ 6-6 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของตู้เย็นที่เก็บที่เก็บค่าทุก 1 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เอ็กซ์วีภาวะผันแปรทุก 30 นาที(บันทึกค่าทุกช่วงการผันแปรภาวะ)

Flow rate	0.75	0.7	0.75	0.7	0.75	0.7
Temp(c)						
Load	35.8	39.3	37.6	37.6	37.6	37.6
Compressor in	16.3	18.1	16.3	18.1	16.3	16.3
Composure out	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4
Condenser out	34	34	34	34	34	34
Evap in	8.7	11.3	8.7	11.3	8.7	8.7
Evap out(water)	34	35.8	34	34	34	34
Evap in(water)	35.8	39.3	37.6	37.6	37.6	37.6
Evap out	16.3	18.1	16.3	18.1	16.3	16.3
in Cond(water)	30	30	30	30	30	30
Out Cond(water)	33	33.1	33.3	33.3	33	33.2
Pressure(psi)						
Evap in	46	50	47.5	51	47	48
in Cond	44	48	46	48	45	45
Out Evap	43	46.5	44	47	43	43.5
in Cond, out Com	155	155	154	155	156	156
out Cond	154	154	153	154	155	154
Liquid	145	145	145	145	145	144
Power(watt)						
Motor	585.88	574.24	597.52	566.48	585.88	566.48

ตารางที่ 6-7 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของที่เอ็กซ์วีเมื่อภาวะผันแปรทุก 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เอ็กซ์วิภาาระผันแปรทุก 30 นาที(บันทึกค่าทุกนาที)

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
60	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	570
120	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	566.2
180	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	562.4
240	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	585.2
300	16.3	46.4	34	11.3	34	41.1	18.1	566.2
360	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
420	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.2
480	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
540	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	554.8
600	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
660	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
720	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
780	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
840	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
900	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	592.8
960	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	566.2
1020	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	566.2
1080	16.3	46.4	34	11.3	34	41.1	18.1	554.8
1140	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
1200	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	566.2
1260	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	562.4
1320	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	573.8
1380	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	566.2
1440	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	566.2
1500	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	573.8
1560	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	573.8
1620	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	562.4
1680	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	566.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
1740	16.3	46.4	34	8.7	35.8	37.6	16.3	585.2
1800	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	570
1860	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	573.8
1920	16.3	44.6	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
1980	16.3	44.6	34	8.7	32.2	37.6	14.6	573.8
2040	14.6	44.6	34	8.7	32.2	37.6	14.6	551
2100	14.6	44.6	34	8.7	34	39.3	14.6	554.8
2160	14.6	46.4	34	8.7	34	41.1	14.6	562.4
2220	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	14.6	554.8
2280	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	14.6	562.4
2340	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	14.6	562.4
2400	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	14.6	554.8
2460	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	14.6	566.2
2520	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
2580	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	566.2
2640	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	554.8
2700	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	554.8
2760	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
2820	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	566.2
2880	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
2940	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
3000	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
3060	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	14.6	562.4
3120	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	562.4
3180	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	566.2
3240	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	566.2
3300	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	566.2
3360	18.1	46.4	34	6.1	35.8	41.1	14.6	562.4
3420	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	573.8
3480	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	562.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
3540	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	554.8
3600	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	554.8
3660	18.1	46.4	34	6.1	35.8	39.3	14.6	585.2
3720	18.1	46.4	34	6.1	35.8	41.1	14.6	585.2
3780	18.1	46.4	34	6.1	35.8	37.6	18.1	592.8
3840	18.1	46.4	34	6.1	35.8	37.6	18.1	566.2
3900	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	592.8
3960	16.3	46.4	34	11.3	35.8	37.6	18.1	592.8
4020	16.3	46.4	34	11.3	35.8	37.6	18.1	592.8
4080	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.2
4140	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.2
4200	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4260	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4320	16.3	46.4	34	11.3	34	39.3	16.3	592.8
4380	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	573.8
4440	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	592.8
4500	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	562.4
4560	16.3	46.4	34	11.3	35.8	37.6	18.1	573.8
4620	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4680	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4740	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4800	16.3	46.4	34	11.3	34	42.9	18.1	562.4
4860	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
4920	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	585.2
4980	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	585.2
5040	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	573.8
5100	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.2
5160	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	592.8
5220	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	18.1	585.2
5280	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	592.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
5340	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.2
5400	16.3	46.4	34	8.7	35.8	37.6	16.3	573.8
5460	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	554.8
5520	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
5580	16.3	44.6	34	8.7	32.2	37.6	16.3	562.4
5640	14.6	44.6	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
5700	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	539.6
5760	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	554.8
5820	14.6	46.4	34	8.7	34	42.9	14.6	547.2
5880	14.6	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	539.6
5940	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	562.4
6000	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	566.2
6060	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	566.2
6120	16.3	46.4	32.2	8.7	34	39.3	16.3	566.2
6180	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	566.2
6240	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	562.4
6300	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	562.4
6360	16.3	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	573.8
6420	16.3	46.4	34	8.7	35.8	37.6	16.3	573.8
6480	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	566.2
6540	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	562.4
6600	18.1	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	566.2
6660	18.1	46.4	34	8.7	35.8	39.3	16.3	573.8
6720	18.1	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	562.4
6780	18.1	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	562.4
6840	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	16.3	562.4
6900	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	573.8
6960	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	547.2
7020	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	562.4
7080	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	566.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
7140	18.1	46.4	34	6.1	34	39.3	14.6	573.8
7200	18.1	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	566.2
7260	18.1	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	592.8
7320	18.1	46.4	34	6.1	35.8	37.6	14.6	573.8
7380	18.1	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	573.8
7440	18.1	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	585.2
7500	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	592.8
7560	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
7620	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	600.4
7680	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
7740	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
7800	46.4	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	592.8
7860	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	585.2
7920	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	592.8
7980	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	585.2
8040	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	573.8
8100	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	573.8
8160	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.2
8220	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	592.8
8280	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	573.8
8340	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	592.8
8400	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.2
8460	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	573.8
8520	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	573.8
8580	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	566.2
8640	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.2
8700	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.2
8760	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	573.8
8820	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	585.2
8880	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	573.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(^o c)	Discharge Temp (^o c)	liquid line(^o c)	Evap Temp (^o c)	water leaving Evap(^o c)	water entering Evap(^o c)	Evap out(^o c)	Motor (watt)
8940	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	573.8
9000	16.3	46.4	34	8.7	35.8	37.6	16.3	573.8
9060	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	566.2
9120	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	16.3	566.2
9180	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	566.2
9240	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
9300	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	554.8
9360	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	16.3	566.2
9420	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
9480	16.3	46.4	34	8.7	34	41.1	16.3	562.4
9540	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	554.8
9600	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	566.2
9660	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	562.4
9720	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	554.8
9780	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	566.2
9840	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	554.8
9900	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	562.4
9960	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	554.8
10020	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	562.4
10080	16.3	46.4	34	8.7	35.8	41.1	14.6	562.4
10140	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	566.2
10200	16.3	46.4	34	6.1	35.8	37.6	14.6	573.8
10260	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	566.2
10320	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	566.2
10380	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	573.8
10440	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	547.2
10500	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	562.4
10560	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	562.4
10620	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	16.3	573.8
10680	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	566.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
10740	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	573.8
10800	16.3	46.4	34	6.1	34	37.6	14.6	562.4

ตารางที่ 6-8 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของตู้เย็นที่เอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที
บันทึกค่าทุก 1 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮีเอ็กซ์วีผันแปรภาระทุก 15 นาที(บันทึกค่าทุกช่วงการผันแปรภาระ)

Flow rate	0.875	0.875	0.95	0.8	0.875	0.725
Temp(c)						
Load	35.8	37.6	35.8		37.6	
Compressor in	16.3	16.3	18.1	16.3	16.3	16.3
Compressor out	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4
Condenser out	34	34	34	34	34	34
Evap in	11.3	11.3	11.3	8.7	11.3	8.7
Evap out(water)	34	34	34	34	34	34
Evap in(water)	35.8	37.6	35.8	39.3	37.6	37.6
Evap out	18.1	18.1	18.1	16.3	16.3	16.3
in Cond(water)	31.3	31.4	31.4	31.2	31.2	31.2
Out Cond(water)	34.1	34.3	34	33.8	34.2	34.3
Superheat						
Pressure(psi)						
Evap in	51	51	52	49.5	52	48
in Comp	45	43	47	42	46	44
Out Evap	48	46	50	43.5	46	47
in Cond, out Com	160	160	160	159	160	160
out Cond						
Liquid	149	149	145	149	149	149
Power(watt)						
Motor	597.52	578.12	605.28	578.12	597.52	585.88

ตารางที่ 6-9 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีเอ็กซ์พีเมนต์แปรภาวะทุก 15 นาที(บันทึกค่าทุกนาที)

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	0
60	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	597.52
120	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
180	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
240	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	585.88
300	16.3	46.4	34	11.3	32.2	35.8	18.1	597.52
360	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	578.12
420	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
480	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	597.52
540	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	597.52
600	16.3	46.4	34	11.3	32.2	35.8	18.1	578.12
660	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	574.24
720	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
780	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	574.24
840	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	578.12
900	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	578.12
960	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	16.3	574.24
1020	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	14.6	585.88
1080	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	16.3	585.88
1140	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
1200	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	578.12
1260	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	574.24
1320	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
1380	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
1440	16.3	46.4	34	8.7	34	35.8	18.1	597.52
1500	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
1560	18.1	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
1620	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	605.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นใบประกอบชิ้นงานตามการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
1680	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	18.1	597.52
1740	18.1	46.4	34	8.7	34	37.6	18.1	597.52
1800	18.1	46.4	34	8.7	32.2	37.6	16.3	597.52
1860	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	601.4
1920	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	601.4
1980	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	605.28
2040	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	597.52
2100	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	597.52
2160	18.1	46.4	35.8	11.3	34	35.8	16.3	597.52
2220	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
2280	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
2340	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
2400	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
2460	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
2520	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
2580	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
2640	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	585.88
2700	18.1	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	574.24
2760	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	574.24
2820	16.3	46.4	34	8.7	32.2	34	16.3	574.24
2880	16.3	46.4	34	8.7	32.2	37.6	16.3	574.24
2940	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
3000	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
3060	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	597.52
3120	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
3180	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
3240	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	605.28
3300	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	597.52
3360	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	585.88
3420	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	585.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
3480	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	597.52
3540	16.3	46.4	34	8.7	34	39.3	16.3	597.52
3600	16.3	46.4	34	11.3	35.8	39.3	16.3	585.88
3660	16.3	46.4	34	8.7	35.8	37.6	18.1	585.88
3720	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
3780	16.3	46.4	34	11.3	34	39.3	18.1	574.24
3840	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
3900	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
3960	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	585.88
4020	18.1	46.4	34	11.3	34	39.3	18.1	585.88
4080	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
4140	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4200	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	562.6
4260	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
4320	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	574.24
4380	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4440	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	578.12
4500	16.3	46.4	34	11.3	34	35.8	18.1	578.12
4560	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	574.24
4620	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.88
4680	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	585.88
4740	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
4800	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	18.1	578.12
4860	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	574.24
4920	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	578.12
4980	16.3	46.4	34	11.3	34	37.6	16.3	578.12
5040	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
5100	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
5160	18.1	46.4	34	11.3	34	37.6	18.1	597.52
5220	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	14.6	605.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
5280	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
5340	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52
5400	16.3	46.4	34	8.7	34	37.6	16.3	597.52

ตารางที่ 6-10 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีทปั๊มเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

บันทึกค่าทุก 1 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีเอ็กซ์พีเมนต์แปรภาวะทุก 30 นาที(บันทึกค่าทุกนาที)

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	566
60	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	585
120	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	566
180	34	46.4	34	11.3	34	36	18	566
240	18.1	46.4	34	11.3	34	45	10	566
300	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	566
360	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	574
420	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	566
480	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	555
540	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	566
600	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	574
660	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	566
720	18.1	46.4	34	11.3	34	36	10	574
780	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	566
840	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	570
900	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	562
960	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	551
1020	18.1	44.6	34	11.3	34	36	20	562
1080	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	562
1140	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	555
1200	18.1	44.6	34	11.3	34	36	18	562
1260	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	555
1320	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	562
1380	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
1440	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
1500	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
1560	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	566
1620	18.1	46.4	34	11.3	32	36	18	562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
1680	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
1740	18.1	46.4	34	11.3	34	216	216	555
1800	16.3	46.4	34	11.3	32	38	16	585
1860	16.3	46.4	34	11.3	32	38	16	566
1920	16.3	46.4	34	11.3	32	38	16	593
1980	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	585
2040	16.3	46.4	34	8.7	34	41	16	574
2100	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	593
2160	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	593
2220	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	574
2280	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	574
2340	16.3	46.4	34	11.3	34	38	16	562
2400	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	585
2460	18.1	46.4	34	11.3	34	38	16	574
2520	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	593
2580	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	593
2640	16.3	46.4	34	8.7	34	38	18	574
2700	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	562
2760	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	562
2820	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	555
2880	16.3	46.4	34	8.7	34	38	18	540
2940	16.3	46.4	34	8.7	34	38	16	566
3000	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	566
3060	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	562
3120	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	574
3180	16.3	46.4	34	11.3	34	39	16	566
3240	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	566
3300	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	562
3360	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	562
3420	18.1	46.4	34	11.3	34	39	15	547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
3480	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	566
3540	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	566
3600	18.1	46.4	34	11.3	36	38	18	574
3660	18.1	46.4	34	11.3	36	38	18	585
3720	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	574
3780	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	574
3840	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	593
3900	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	593
3960	16.3	46.4	34	8.7	34	36	18	574
4020	16.3	46.4	34	11.3	34	36	15	585
4080	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	574
4140	18.1	46.4	34	8.7	34	36	16	585
4200	18.1	46.4	34	8.7	34	36	18	574
4260	18.1	46.4	34	8.7	39	36	16	585
4320	16.3	46.4	34	8.7	34	36	18	574
4380	16.3	44.6	34	11.3	34	36	18	574
4440	16.3	44.6	34	11.3	36	36	18	574
4500	16.3	44.6	34	11.3	34	36	18	566
4560	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
4620	16.3	16.3	34	11.3	34	216	216	566
4680	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
4740	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	566
4800	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	555
4860	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	555
4920	18.1	46.4	34	11.3	34	36	18	555
4980	16.3	46.4	34	11.3	38	36	18	562
5040	16.3	46.4	34	11.3	34	36	16	574
5100	16.3	46.4	34	11.3	34	34	18	566
5160	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	547
5220	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
5280	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	566
5340	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	562
5400	16.3	46.4	34	11.3	34	36	18	566
5460	16.3	44.6	34	8.7	32	38	16	585
5520	16.3	44.6	34	8.7	34	38	16	566
5580	16.3	44.6	34	8.7	34	38	16	566
5640	16.3	44.6	34	11.3	34	38	16	566
5700	16.3	46.4	34	11.3	34	38	15	566
5760	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	574
5820	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	566
5880	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	555
5940	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	566
6000	16.3	46.4	34	11.3	34	38	18	574
6060	18.1	46.4	34	11.3	34	38	18	566
6120	18.1	46.4	34	11.3	34	46	18	574
6180	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	566
6240	16.3	46.4	34	11.3	39	39	18	570
6300	18.1	46.4	34	11.3	36	38	18	562
6360	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	551
6420	16.3	46.4	34	11.3	36	39	18	562
6480	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
6540	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	555
6600	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
6660	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	555
6720	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
6780	18.1	46.4	34	11.3	39	39	18	562
6840	18.1	46.4	34	11.3	39	39	18	562
6900	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
6960	18.1	46.4	34	11.3	36	39	20	566
7020	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
7080	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
7140	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	555
7200	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	585
7260	18.1	46.4	34	13.8	38	39	18	566
7320	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	593
7380	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	585
7440	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	574
7500	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	593
7560	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	593
7620	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	574
7680	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	574
7740	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
7800	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	585
7860	18.1	46.4	34	11.3	36	38	18	574
7920	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	593
7980	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	593
8040	18.1	46.4	34	13.8	36	39	18	574
8100	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
8160	34	46.4	34	11.3	36	38	18	562
8220	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	555
8280	18.1	46.4	34	8.7	36	39	18	540
8340	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
8400	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
8460	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
8520	16.3	46.4	34	8.7	36	39	18	574
8580	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
8640	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
8700	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	562
8760	18.1	46.4	34	11.3	36	39	216	562
8820	18.1	46.4	34	11.3	36	39	22	547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
8880	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
8940	18.1	46.4	34	11.3	36	39	18	566
9000	18.1	46.4	34	11.3	36	38	18	574
9060	18.1	46.4	34	11.3	36	43	18	585
9120	16.3	44.6	34	8.7	34	39	36	574
9180	16.3	46.4	34	8.7	18	41	16	574
9240	16.3	46.4	34	8.7	36	39	16	593
9300	16.3	46.4	34	11.3	36	41	16	593
9360	16.3	46.4	34	11.3	36	43	18	574
9420	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	585
9480	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	574
9540	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	585
9600	18.1	46.4	34	11.3	41	41	18	574
9660	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	585
9720	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	574
9780	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	574
9840	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	574
9900	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	566
9960	18.1	46.4	34	11.3	38	39	18	562
10020	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	566
10080	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	562
10140	18.1	46.4	34	11.3	38	48	18	566
10200	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	555
10260	18.1	46.4	34	11.3	38	39	18	555
10320	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	555
10380	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	562
10440	18.1	46.4	34	11.3	38	41	15	574
10500	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	566
10560	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	547
10620	18.1	46.4	34	11.3	36	41	18	562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
10680	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	566
10740	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	562
10800	18.1	46.4	34	11.3	38	41	18	562

ตารางที่ 6-11 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีทเอ็กซ์เชนเจอร์เมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

บันทึกค่าทุก 1 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในช่วงการทำงานที่สภาวะความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ

1. ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 541.6 rpm
ทีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	25.2	26.9	26.9	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	19.9	39.3	30.5	19	28.7	30.5	19.9	620.8
240	18.1	41.1	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	640.2
360	16.3	41.1	32.2	13.8	26.9	28.7	16.3	632.44
480	16.3	42.9	32.2	13.8	25.2	26.9	16.3	620.8
600	14.6	42.9	32.2	11.3	25.2	26.9	14.6	605.28
720	12.8	41.1	32.2	8.7	23.4	25.2	14.6	585.88
840	12.8	42.9	32.2	8.7	21.6	23.4	12.8	585.88
960	12.8	42.9	32.2	6.1	21.6	23.4	12.8	574.24
1080	12.8	41.1	32.2	6.1	19.9	21.6	12.8	578.12
1200	11	41.1	32.2	6.1	19.9	21.6	12.8	578.12
1320	11	41.1	32.2	6.1	19.9	21.6	11	578.12
1440	11	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	11	566.48
1560	11	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	11	578.12
1680	11	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	11	558.72
1800	9.2	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	11	574.24
1920	9.2	41.1	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	566.48
2040	9.2	41.1	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	574.24
2160	9.2	41.1	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	558.72
2280	9.2	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	558.72
2400	9.2	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	550.96
2520	9.2	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	558.72
2640	9.2	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	550.96

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
2760	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	558.72
2880	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	566.48
3000	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	550.96
3120	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	558.72
3240	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	543.2
3360	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	550.96
3480	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	543.2
3600	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	550.96

ตารางที่ 6-12 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 541.6rpm

ฮีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	32	32.2	32.2	32	0
120	19.9	41.1	30.5	24.2	30.5	32.2	32	597.52
240	18.1	42.9	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	585.88
360	16.3	44.6	34	13.8	26.9	28.7	18.1	578.12
480	16.3	44.6	34	11.3	25.2	26.9	16.3	597.52
600	12.8	46.4	34	6.1	25.2	26.9	12.8	597.52
720	11	46.4	34	3.5	23.4	25.2	11	550.96
840	11	46.4	34	3.5	21.6	23.4	11	550.96
960	11	44.6	32.2	3.5	21.6	23.4	11	516.04
1080	11	44.6	32.2	3.5	19.9	21.6	11	543.2
1200	11	44.6	32.2	3.5	19.9	21.6	11	531.56
1320	11	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	11	543.2

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp(°c)	Discharge Temp (°c)	liquid line(°c)	Evap Temp (°c)	water leaving Evap(°c)	water entering Evap(°c)	Evap out(°c)	Motor (watt)
1440	11	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	11	550.96
1560	9.2	42.9	32.2	0.9	18.1	19.9	9.2	543.2
1680	9.2	41.1	32.2	0.9	18.1	19.9	9.2	527.68
1800	9.2	41.1	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	531.56
1920	11	41.1	34	3.5	16.3	18.1	11	519.92
2040	9.2	42.9	34	0.9	16.3	18.1	9.2	566.48
2160	9.2	42.9	34	0.9	16.3	18.1	9.2	527.68
2280	9.2	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	531.56
2400	9.2	41.1	32.2	3.5	14.6	16.3	12.8	531.56
2520	9.2	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	512.16
2640	9.2	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	550.96
2760	9.2	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	527.68
2880	9.2	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	531.56
3000	9.2	41.1	32.2	3.5	14.6	16.3	9.2	527.68
3120	9.2	41.1	32.2	3.5	14.6	16.3	9.2	531.56
3240	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	527.68
3360	9.2	41.1	32.2	3.5	14.6	16.3	9.2	531.56
3480	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	531.56
3600	9.2	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	9.2	512.16

ตารางที่ 6-13 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 541.6rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 609.3 rpm

ที่เอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	25.2	26.9	26.9	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	19.9	37.6	28.7	21.6	30.5	32.2	21.6	659.6
240	18.1	41.1	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	667.36
360	16.3	42.9	32.2	13.8	26.9	28.7	16.3	659.6
480	14.6	42.9	32.2	11.3	25.2	26.9	16.3	651.84
600	12.8	42.9	32.2	11.3	23.4	25.2	14.6	624.68
720	12.8	42.9	32.2	8.7	23.4	25.2	12.8	624.68
840	12.8	42.9	32.2	6.1	21.6	23.4	12.8	632.44
960	12.8	42.9	32.2	6.1	21.6	23.4	12.8	613.04
1080	11	42.9	32.2	6.1	19.9	21.6	11	613.04
1200	11	41.1	32.2	6.1	19.9	21.6	11	605.28
1320	11	42.9	32.2	3.5	18.1	19.9	11	613.04
1440	9.2	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	11	585.88
1560	9.2	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	9.2	605.28
1680	9.2	41.1	32.2	3.5	18.1	19.9	9.2	585.88
1800	9.2	41.1	32.2	3.5	16.3	18.1	9.2	585.88
1920	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	585.88
2040	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	597.52
2160	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	9.2	578.12
2280	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	578.12
2400	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	574.24
2520	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	578.12
2640	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	574.24
2760	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	578.12
2880	7.5	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	7.5	566.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
3000	7.5	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	7.5	566.48
3120	7.5	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	7.5	558.72
3240	7.5	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	7.5	574.24
3360	7.5	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	7.5	558.72
3480	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	7.5	558.72
3600	7.5	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	7.5	550.96

ตารางที่ 6-14 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 609.3rpm

ฮีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	21.6	37.6	28.7	23.4	30.5	32.2	23.4	632.44
240	18.1	42.9	32.2	19	28.7	30.5	19.9	640.2
360	16.3	44.6	34	13.8	26.9	28.7	16.3	632.44
480	14.6	46.4	34	11.3	25.2	26.9	14.6	624.68
600	12.8	46.4	34	6.1	25.2	26.9	12.8	613.04
720	11	46.4	34	3.5	23.4	25.2	11	613.04
840	11	44.6	34	3.5	21.6	23.4	11	597.52
960	11	44.6	34	6.1	21.6	23.4	11	585.88
1080	11	44.6	34	3.5	19.9	21.6	11	585.88
1200	9.2	42.9	34	3.5	19.9	21.6	11	578.12
1320	9.2	44.6	34	0.9	18.1	19.9	9.2	574.24
1440	9.2	44.6	34	0.9	18.1	19.9	9.2	578.12
1560	7.5	44.6	34	0.9	16.3	18.1	7.5	578.12
1680	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	574.24

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
1800	7.5	41.1	34	0.9	16.3	18.1	9.2	585.88
1920	9.2	41.1	34	3.5	16.3	18.1	9.2	574.24
2040	7.5	42.9	34	3.5	16.3	18.1	9.2	578.12
2160	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	574.24
2280	7.5	41.1	34	0.9	16.3	18.1	9.2	578.12
2400	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	566.48
2520	7.5	42.9	34	3.5	14.6	16.3	9.2	550.96
2640	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	574.24
2760	7.5	42.9	34	0.9	14.6	16.3	7.5	574.24
2880	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	566.48
3000	7.5	42.9	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	550.96
3120	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	574.24
3240	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	558.72
3360	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	558.72
3480	7.5	41.1	34	0.9	14.6	16.3	7.5	558.72
3600	7.5	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	566.48

ตารางที่ 6-15 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของอีเอ็กซ์วี

เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 609.3rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 744.7 rpm

ที่เอ็กซีวี่

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	18.1	41.1	32.2	19	28.7	30.5	19.9	597.52
240	16.3	44.6	34	13.8	26.9	28.7	16.3	597.52
360	14.6	44.6	34	13.8	25.2	26.9	14.6	574.24
480	12.8	44.6	34	11.3	25.2	26.9	12.8	558.72
600	12.8	44.6	34	8.7	23.4	25.2	12.8	558.72
720	11	44.6	34	6.1	21.6	23.4	11	543.2
840	11	44.6	34	6.1	21.6	23.4	11	550.96
960	9.2	44.6	34	3.5	21.6	23.4	9.2	531.56
1080	9.2	44.6	34	3.5	18.1	19.9	9.2	531.56
1200	7.5	44.6	34	3.5	18.1	19.9	9.2	512.16
1320	7.5	44.6	34	0.9	18.1	19.9	7.5	531.56
1440	7.5	44.6	34	0.9	18.1	19.9	7.5	527.68
1560	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	527.68
1680	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	512.16
1800	7.5	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	504.4
1920	5.7	42.9	34	1.7	16.3	18.1	7.5	519.92
2040	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	18.1	7.5	512.16
2160	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	512.16
2280	5.7	42.9	34	1.7	14.6	16.3	5.7	512.16
2400	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	519.92
2520	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	504.4
2640	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
2760	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.16
2880	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.16
3000	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
3120	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
3240	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	504.4
3360	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
3480	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.16
3600	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	512.16

ตารางที่ 6-16 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 744.7rpm

ฮีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
0	25.2	26.9	26.9	28.7	32.2	32.2	28.7	0
120	18.1	41.1	28.7	19	28.7	30.5	19.9	558.72
240	16.3	44.6	32.2	13.8	26.9	28.7	16.3	531.56
360	12.8	44.6	32.2	11.3	26.9	28.7	14.6	527.68
480	12.8	44.6	32.2	8.7	25.2	26.9	12.8	531.56
600	11	44.6	32.2	6.1	23.4	25.2	11	519.92
720	7.5	46.4	32.2	0.9	21.6	23.4	7.5	504.4
840	7.5	46.4	32.2	1.7	19.9	21.6	7.5	512.16
960	7.5	44.6	32.2	0.9	19.9	21.6	9.2	512.16
1080	7.5	42.9	32.2	0.9	18.1	19.9	9.2	504.4
1200	7.5	41.1	32.2	0.9	18.1	19.9	7.5	496.64
1320	7.5	41.1	32.2	0.9	18.1	19.9	7.5	504.4
1440	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	488.88
1560	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	488.88
1680	7.5	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	504.4
1800	5.7	41.1	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	504.4
1920	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	496.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
2040	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	465.6
2160	5.7	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	488.88
2280	5.7	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	488.88
2400	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	496.64
2520	5.7	41.1	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	481.12
2640	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	481.12
2760	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	488.88
2880	5.7	39.3	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	481.12
3000	7.5	39.3	32.2	3.5	12.8	14.6	7.5	481.12
3120	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	473.36
3240	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	481.12
3360	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	481.12
3480	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	481.12
3600	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	7.5	481.12

ตารางที่ 6-17 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี

เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 744.7rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 812.4 rpm

ที่เอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp(^o c)	Discharge Temp (^o c)	liquid line(^o c)	Evap Temp (^o c)	water leaving Evap(^o c)	water entering Evap(^o c)	Evap out(^o c)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	28.7	30.5	32.2	28.7	0
120	25.2	28.7	28.7	28.7	30.5	32.2	28.7	566.48
240	21.6	34	28.7	21.6	30.5	32.2	23.4	574.24
360	18.1	42.9	32.2	16.4	28.7	30.5	18.1	550.96
480	14.6	44.6	34	13.8	26.9	28.7	14.6	531.56
600	12.8	44.6	34	11.3	25.2	26.9	12.8	531.56
720	11	44.6	34	8.7	23.4	25.2	12.8	531.56
840	11	44.6	34	6.1	23.4	25.2	11	519.92
960	9.2	44.6	34	6.1	21.6	23.4	9.2	527.68
1080	9.2	44.6	34	3.5	19.9	21.6	9.2	512.16
1200	7.5	44.6	34	3.5	18.1	19.9	9.2	519.92
1320	7.5	44.6	34	0.9	18.1	19.9	7.5	504.4
1440	7.5	44.6	34	0.9	16.3	18.1	7.5	512.16
1560	5.7	42.9	32.2	1.7	16.3	18.1	7.5	504.4
1680	5.7	42.9	32.2	1.7	16.3	18.1	7.5	496.64
1800	5.7	42.9	32.2	1.7	16.3	18.1	5.7	496.64
1920	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	496.64
2040	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	488.88
2160	5.7	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	496.64
2280	3.9	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	496.64
2400	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	488.88
2520	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	488.88
2640	3.9	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	488.88
2760	3.9	42.9	32.2	4.3	12.8	14.6	5.7	488.88
2880	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	481.12
3000	3.9	41.1	32.2	4.3	11	12.8	5.7	488.88
3120	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	488.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
3240	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	488.88
3360	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	481.12
3480	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	481.12
3600	3.9	42.9	32.2	4.3	11	12.8	5.7	488.88

ตารางที่ 6-18 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของฮีเอ็กซ์วี
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 812.4 rpm

ฮีเอ็กซ์วี

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ C)	Discharge Temp ($^{\circ}$ C)	liquid line($^{\circ}$ C)	Evap Temp ($^{\circ}$ C)	water leaving Evap($^{\circ}$ C)	water entering Evap($^{\circ}$ C)	Evap out($^{\circ}$ C)	Motor (watt)
0	25.2	28.7	28.7	28.7	30.5	32.2	28.7	0
120	19.9	41.1	28.7	19	30.5	32.2	21.6	574.24
240	16.3	44.6	32.2	16	26.9	28.7	16.3	558.72
360	12.8	46.4	34	11.3	25.2	26.9	12.8	543.2
480	11	46.4	34	6.1	23.4	25.2	11	531.56
600	9.2	46.4	34	3.5	21.6	23.4	9.2	527.68
720	5.7	46.4	34	1.7	19.9	21.6	5.7	531.56
840	7.5	44.6	34	0.9	19.9	21.6	7.5	531.56
960	7.5	42.9	34	0.9	18.1	19.9	7.5	512.16
1080	7.5	42.9	32.2	0.9	18.1	19.9	7.5	512.16
1200	7.5	42.9	34	0.9	16.3	18.1	7.5	504.4
1320	5.7	42.9	32.2	0.9	16.3	18.1	7.5	504.4
1440	5.7	42.9	34	0.9	16.3	18.1	5.7	504.4
1560	5.7	42.9	32.2	1.7	16.3	18.1	5.7	500.52
1680	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	504.4
1800	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	7.5	512.16
1920	5.7	41.1	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	504.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(s)	Suction Temp($^{\circ}$ c)	Discharge Temp ($^{\circ}$ c)	liquid line($^{\circ}$ c)	Evap Temp ($^{\circ}$ c)	water leaving Evap($^{\circ}$ c)	water entering Evap($^{\circ}$ c)	Evap out($^{\circ}$ c)	Motor (watt)
2040	5.7	42.9	32.2	0.9	14.6	16.3	5.7	496.64
2160	7.5	42.9	32.2	1.7	14.6	16.3	5.7	504.4
2280	5.7	42.9	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
2400	3.9	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
2520	3.9	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
2640	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	5.7	504.4
2760	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	5.7	477.24
2880	5.7	41.1	34	1.7	12.8	14.6	5.7	477.24
3000	3.9	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	477.24
3120	3.9	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
3240	5.7	41.1	32.2	0.9	12.8	14.6	5.7	477.24
3360	5.7	41.1	34	0.9	12.8	14.6	5.7	496.64
3480	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64
3600	5.7	41.1	32.2	1.7	12.8	14.6	5.7	496.64

ตารางที่ 6-19 แสดงผลการทดลองสมรรถนะของอีเอ็กซ์วี

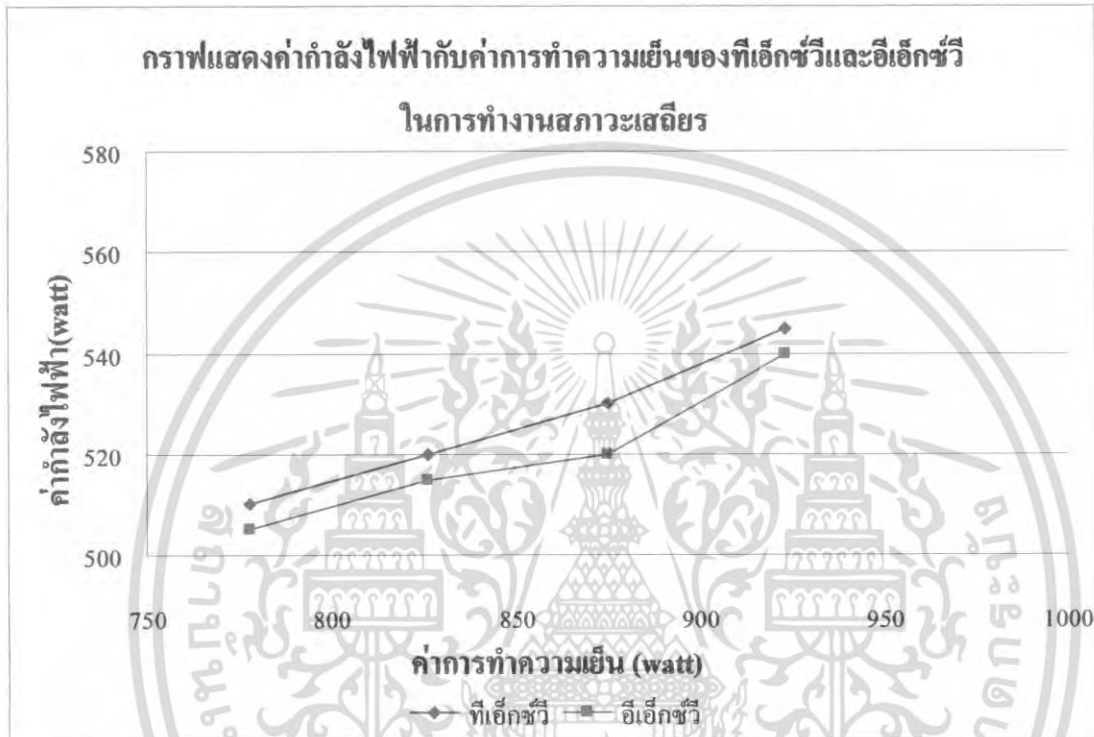
เมื่อความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์ 812.4rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

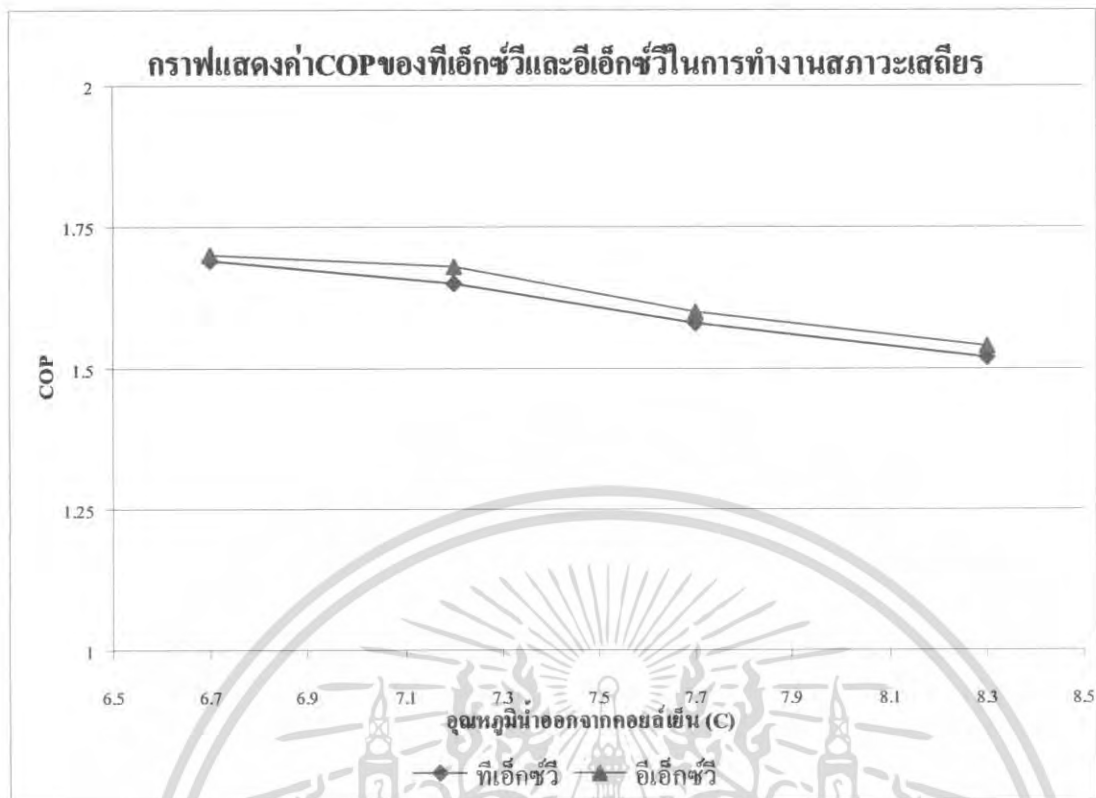
วิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

7.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นรวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี ที่สถานะมาตรฐานเออาร์ไอ (ARI) ในช่วงสภาวะคงที่ (Steady state)

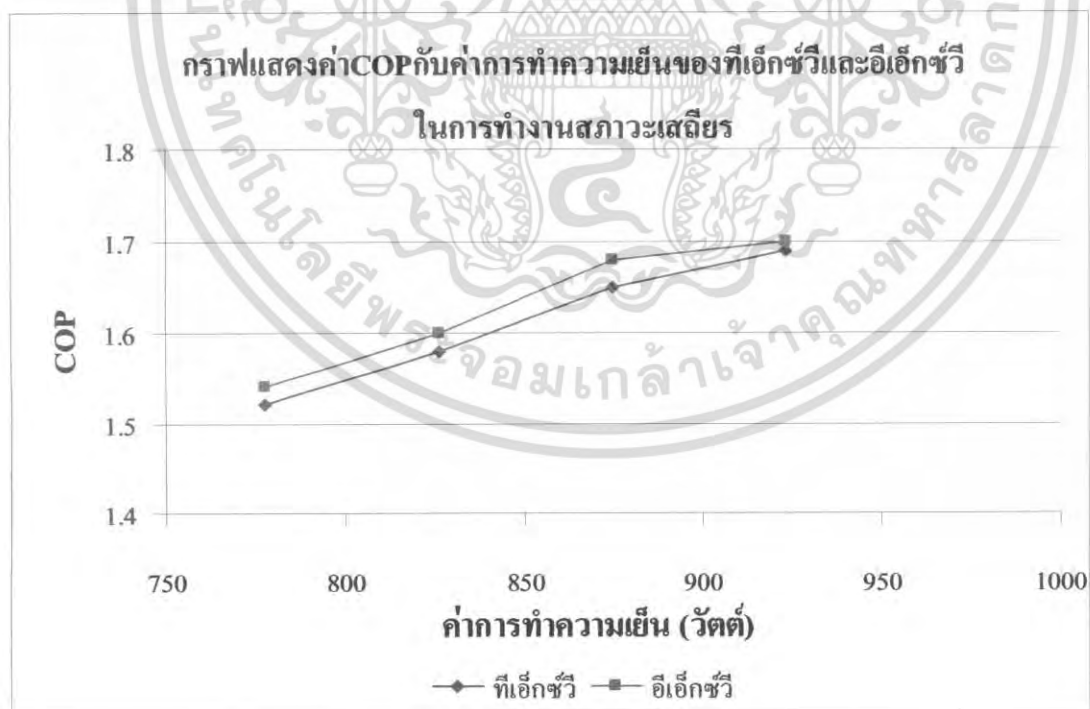


รูปที่ 7.1 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้ากับค่าการทำความเย็นของ
ทีเอ็กซ์วีกับอีเอ็กซ์วีในการทำงานสภาวะเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงค่า COP ของ ทีเอ็กซ์วี กับอีเอ็กซ์วี ในการทำงานสภาวะเสถียร



รูปที่ 7.3 กราฟแสดงค่า COP กับค่าการทำความเย็นของ

ทีเอ็กซ์วี กับอีเอ็กซ์วี ในการทำงานสภาวะเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

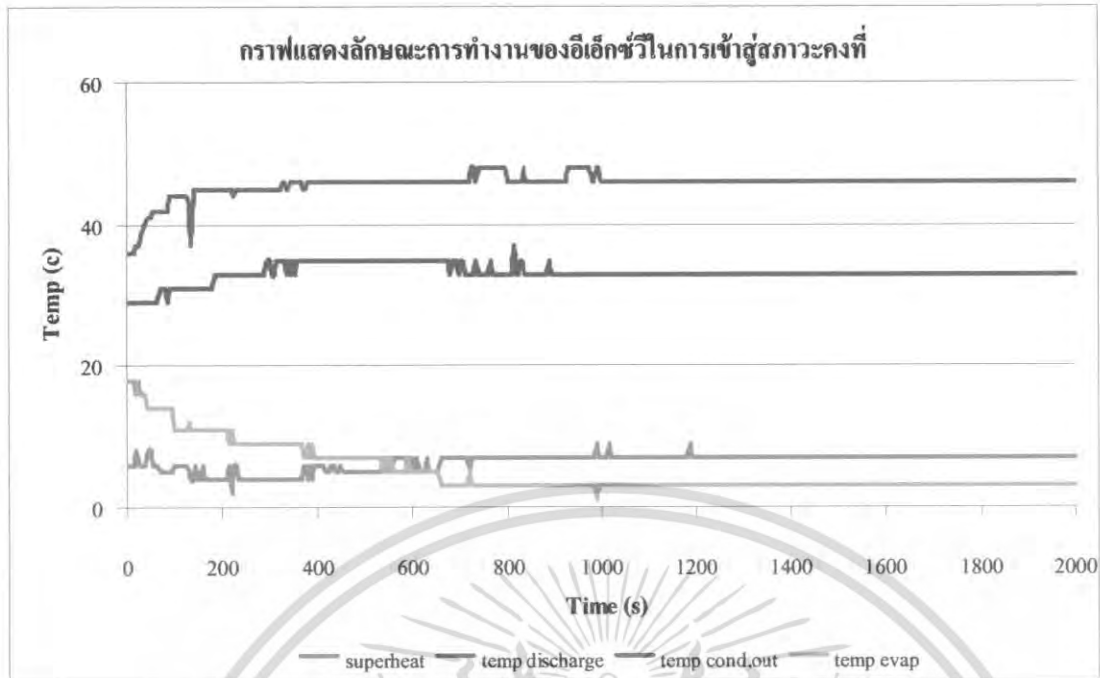
จากกราฟเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของทั้งสองวาล์วที่สภาวะคงที่นั้น พบว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของทั้งสองวาล์วนั้นมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันที่สภาวะคงที่ของภาระที่มากกระทำ

7.2 การทดลองหาความเร็วในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นช่วงสภาวะทรานเซียน (Transient) เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady) โดยใช้ทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วีในการลดความดันของสารทำความเย็น



รูปที่ 7.4 กราฟแสดงอุณหภูมิของทีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่

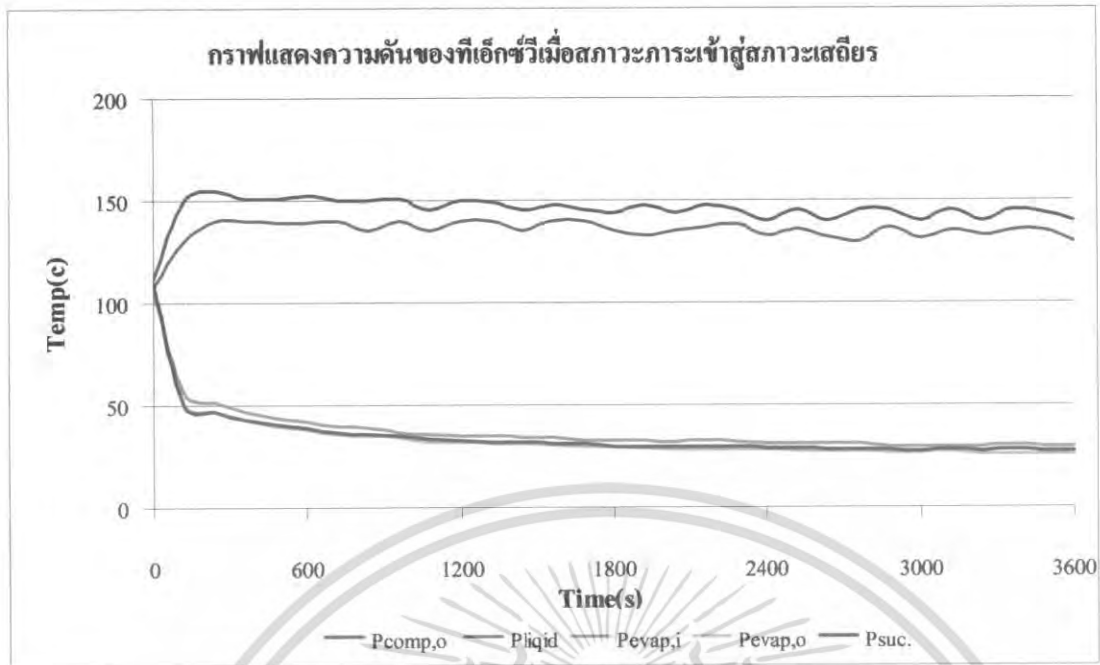
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



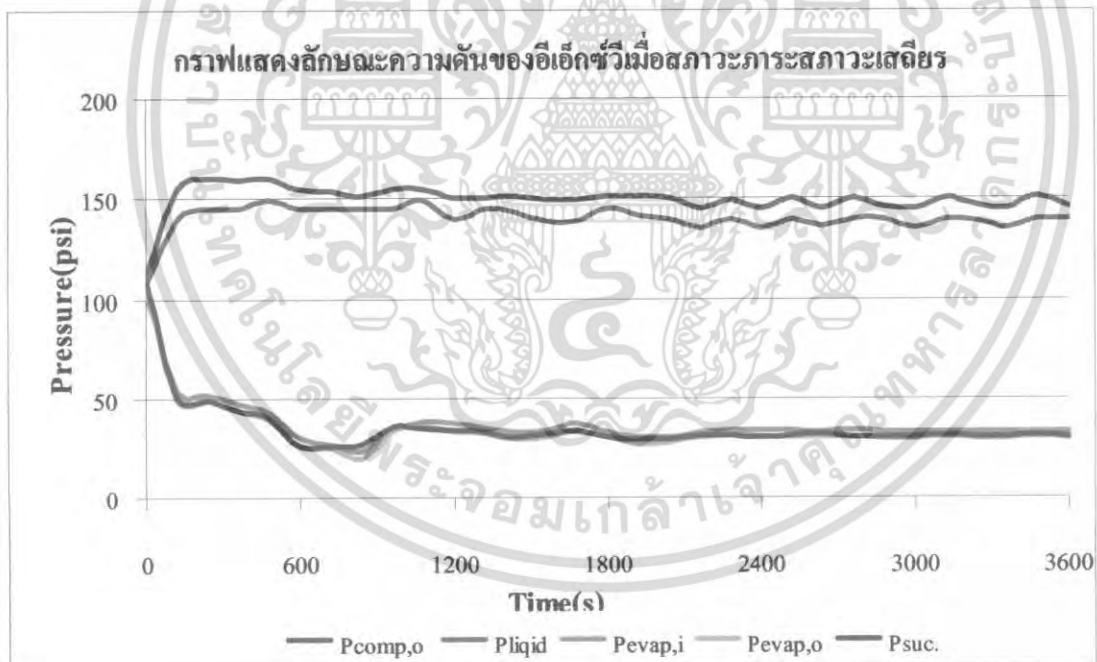
รูปที่ 7.5 กราฟแสดงอุณหภูมิของอีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่ภาวะคงที่

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิด้านอีวาโปเรเตอร์, อุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด, อุณหภูมิด้านทางออกคอนเดนเซอร์ และอุณหภูมิทางออกคอมเพรสเซอร์ จะเห็นได้ว่า อีเอ็กซ์วีจะทำงานโดยการเข้าสู่ค่าไอร้อนยิ่งยวดที่ 7°C ได้เร็วกว่าที่เอ็กซ์วี การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด จะเห็นได้ว่าในการทำงานของวาล์วทั้ง 2 แบบ อีเอ็กซ์วีจะทำการรักษาค่าอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดให้มีการแกว่งน้อยกว่าการทำงานของที่เอ็กซ์วี ซึ่งจะมีลักษณะการแกว่งที่มากกว่า ทำให้ค่า COP. ของอีเอ็กซ์วีจะมากกว่าที่เอ็กซ์วี เพราะวาล์วค่า COP. แปรผกผันกับค่าไอร้อนยิ่งยวด คือค่า COP. จะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าไอร้อนยิ่งยวดมีค่าน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.6 กราฟแสดงความดันของทีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่

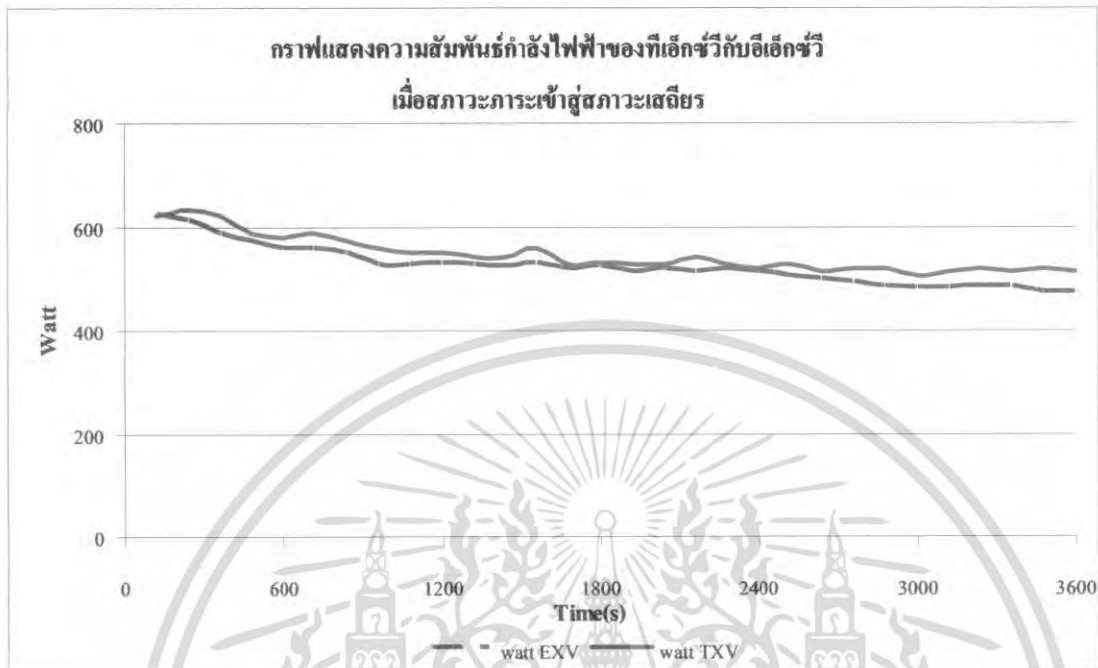


รูปที่ 7.7 กราฟแสดงลักษณะความดันของทีเอ็กซ์วีในการเข้าสู่สภาวะคงที่

จากกราฟจะเห็นได้ว่า ทีเอ็กซ์วีลดความดันด้านอีวาโปเรเตอร์และเพิ่มความดันด้านคอนเดนเซอร์ลักษณะเป็นเชิงเส้น(linear) กว่า การเพิ่มความดันด้านคอนเดนเซอร์และการลดความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ของอี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็กซ์วีในช่วงเริ่มต้นของการทำงาน และการทำงานในช่วงแรกและหลังจากนั้น ก็จะมีลักษณะของการทำงานและผลที่ได้ใกล้เคียงกัน

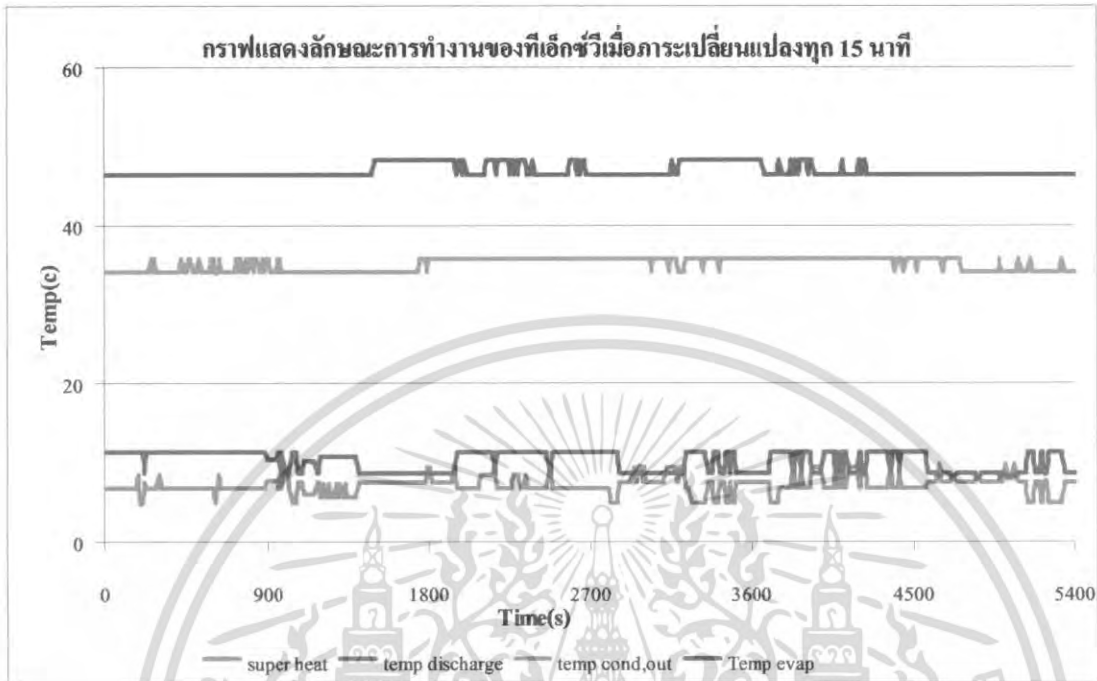


รูปที่ 7.8 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมเพรสเซอร์เมื่อสภาวะภาระเข้าสู่สภาวะเสถียร

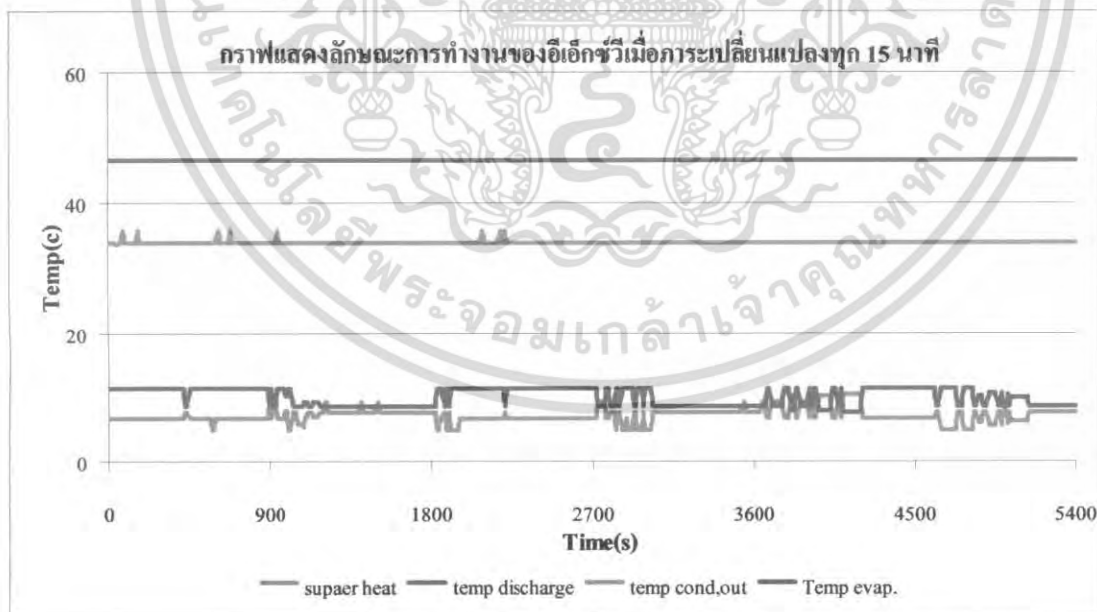
จากกราฟ พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ให้ต่อคอมเพรสเซอร์สำหรับอีเอ็กซ์วีน้อยกว่าทีเอ็กซ์วีเล็กน้อย และในด้านค่าการทำความเย็น สำหรับอีเอ็กซ์วีจะให้ค่าการทำความเย็นที่สูงกว่าทีเอ็กซ์วี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทีเอ็กซ์วีและอีเอ็กซ์วี จากการผันแปรภาระการทำงาน
ทุก 15 นาที และ 30 นาที



รูปที่ 7.9 กราฟแสดงอุณหภูมิของทีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

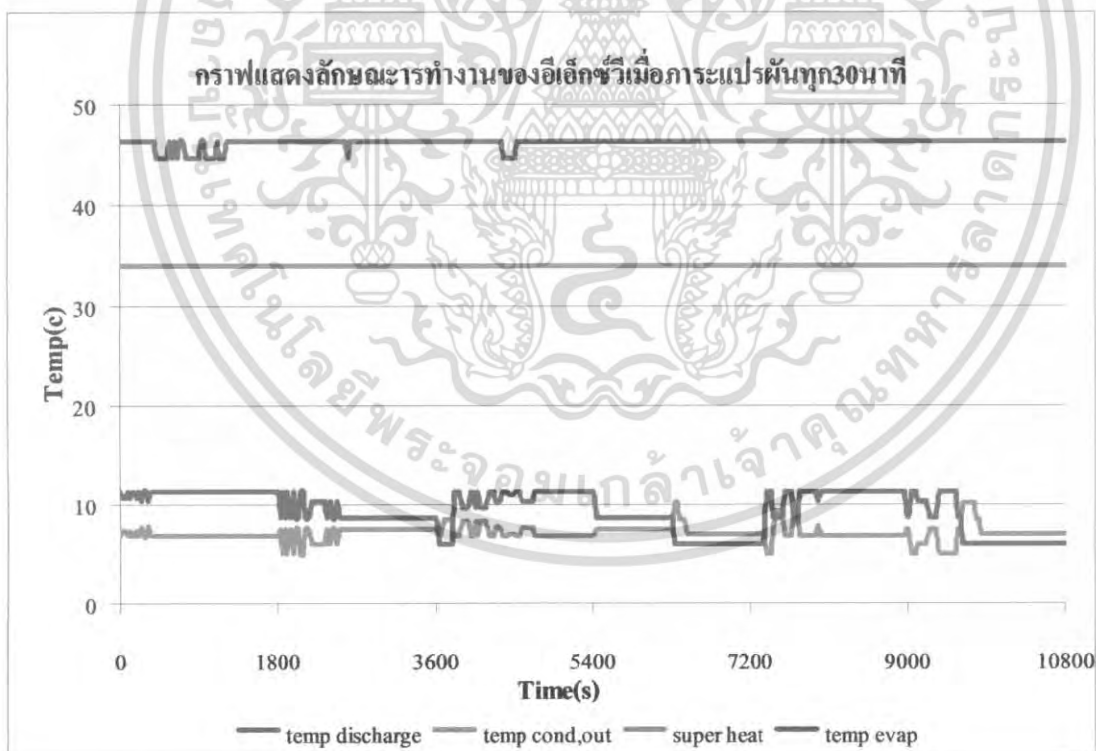


รูปที่ 7.10 กราฟแสดงอุณหภูมิของอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



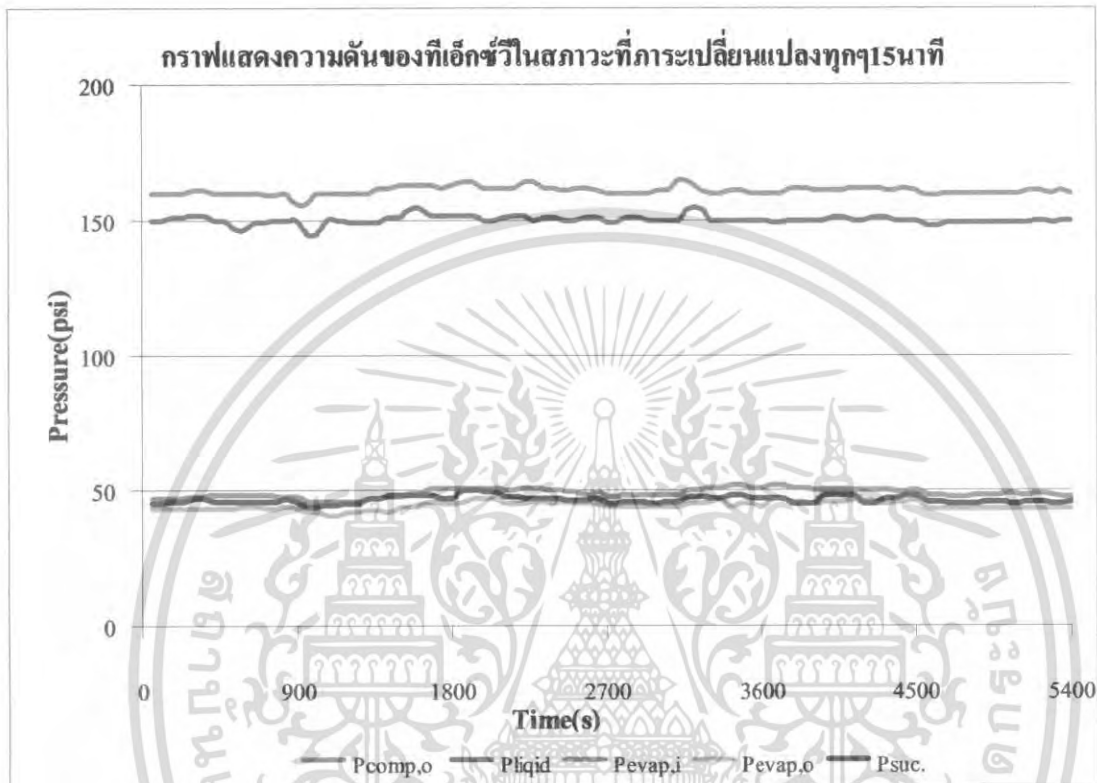
รูปที่ 7.11 กราฟแสดงอุณหภูมิของฮีทซ์วีเมื่อภาระแปรผันทุก 30 นาที



รูปที่ 7.12 กราฟแสดงอุณหภูมิของฮีทซ์วีเมื่อภาระแปรผันทุก 30 นาที

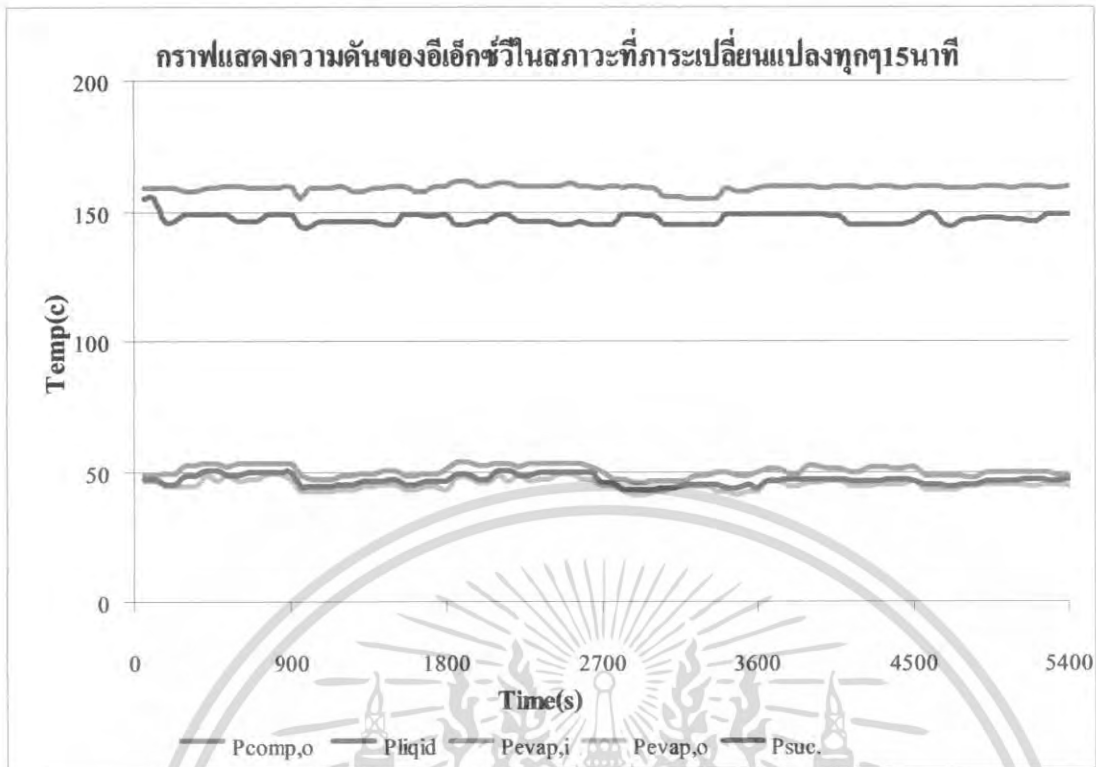
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟ เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของ อุณหภูมิค้ำดันอีวาโปเรเตอร์, อุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด, อุณหภูมิทางออกคอนเดนเซอร์ และอุณหภูมิทางออกคอมเพรสเซอร์ ความสามารถในการรักษาอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดของฮีเอ็กซ์วี จะเกิดการแกว่งและ Overshoot ที่น้อยกว่า การทำงานของระบบการทำความเย็นที่ไซท์ฮีเอ็กซ์วีในการควบคุมการไหลของสารทำความเย็น

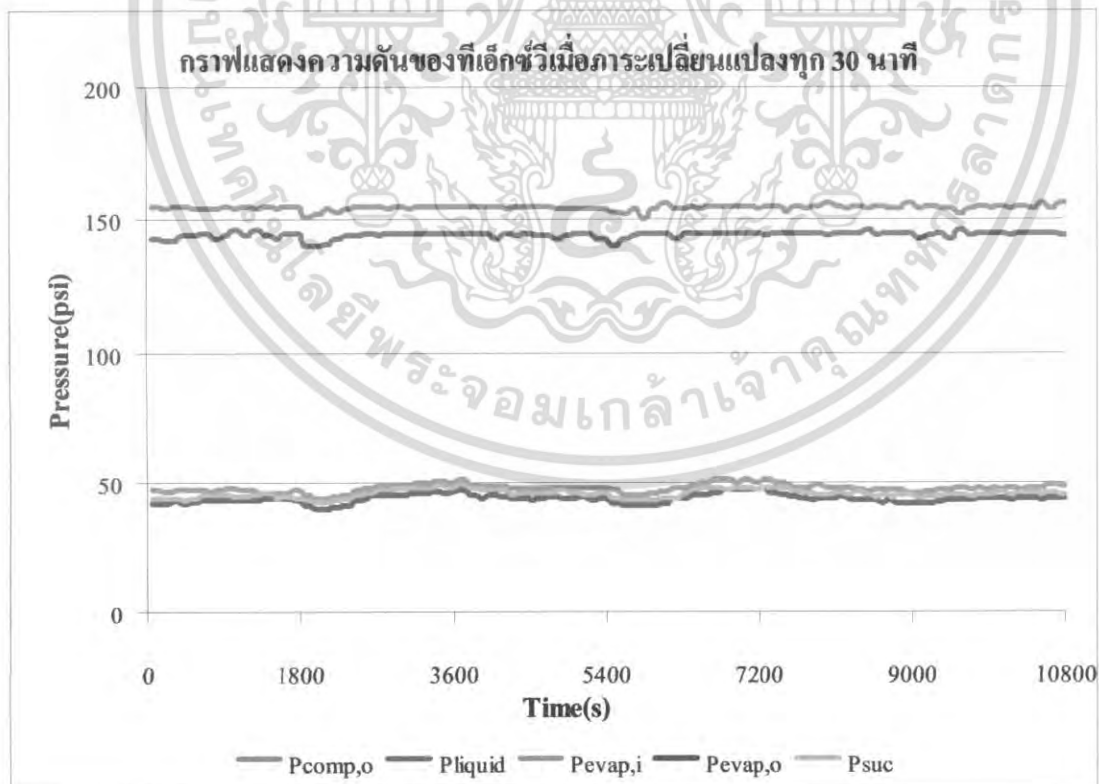


รูปที่ 7.13 กราฟแสดงความดันของฮีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

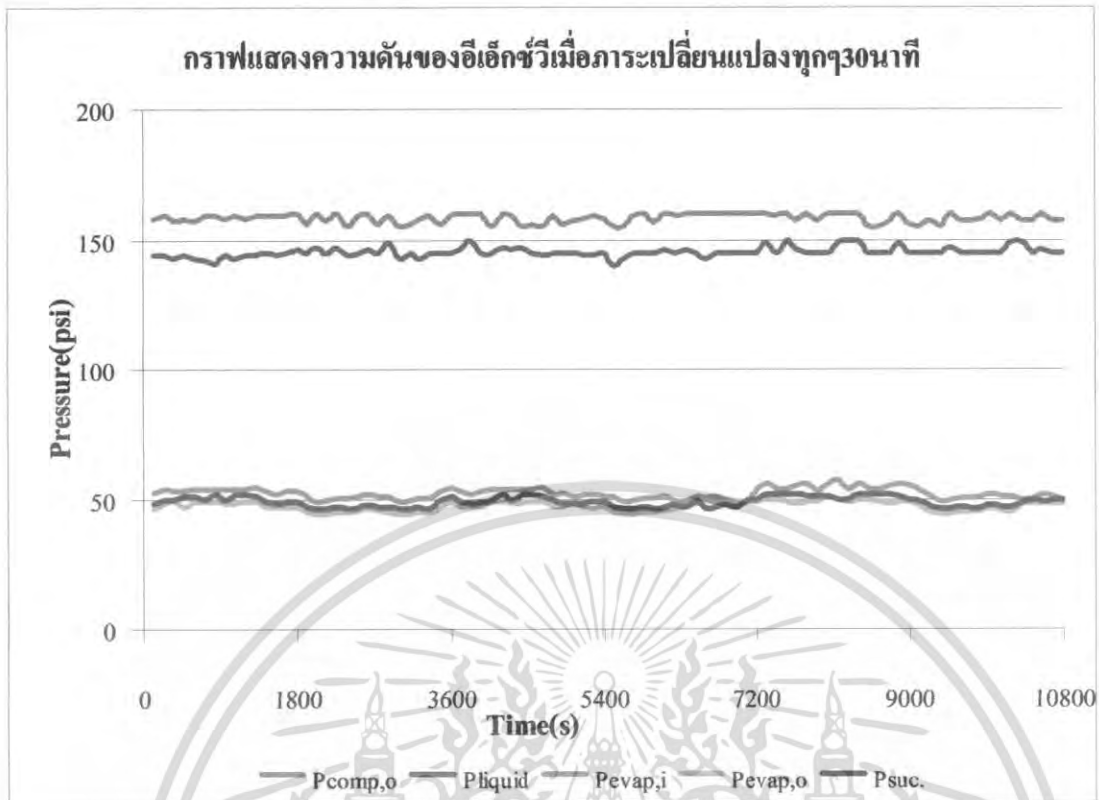


รูปที่ 7.14 กราฟแสดงความดันของฮีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 15 นาที



รูปที่ 7.15 กราฟแสดงความดันของฮีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที

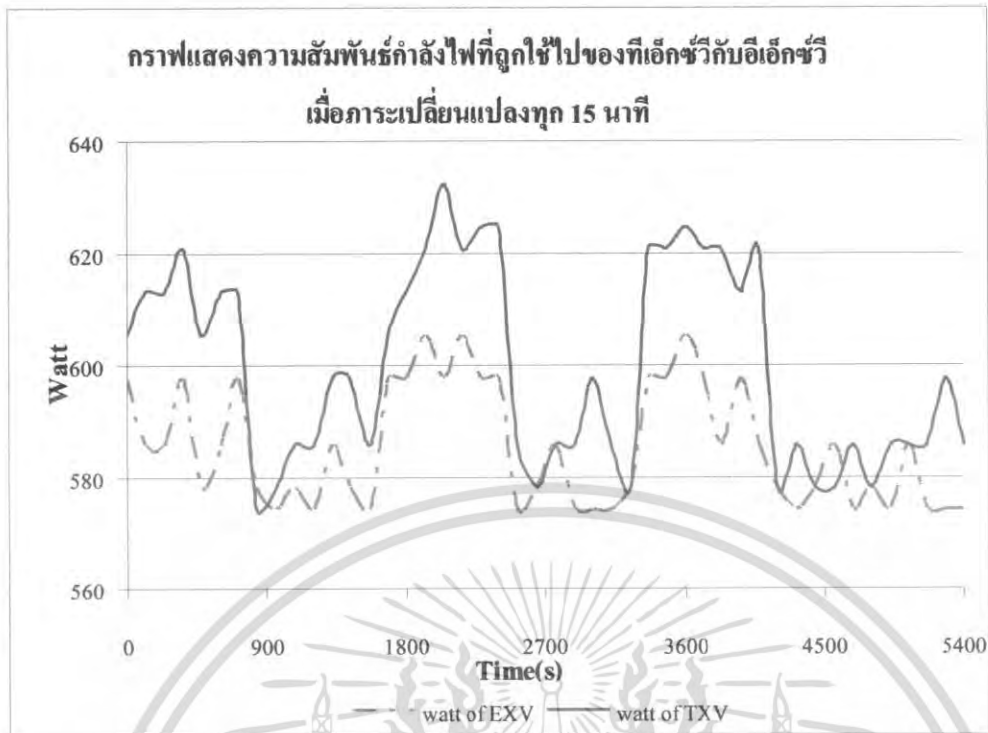
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



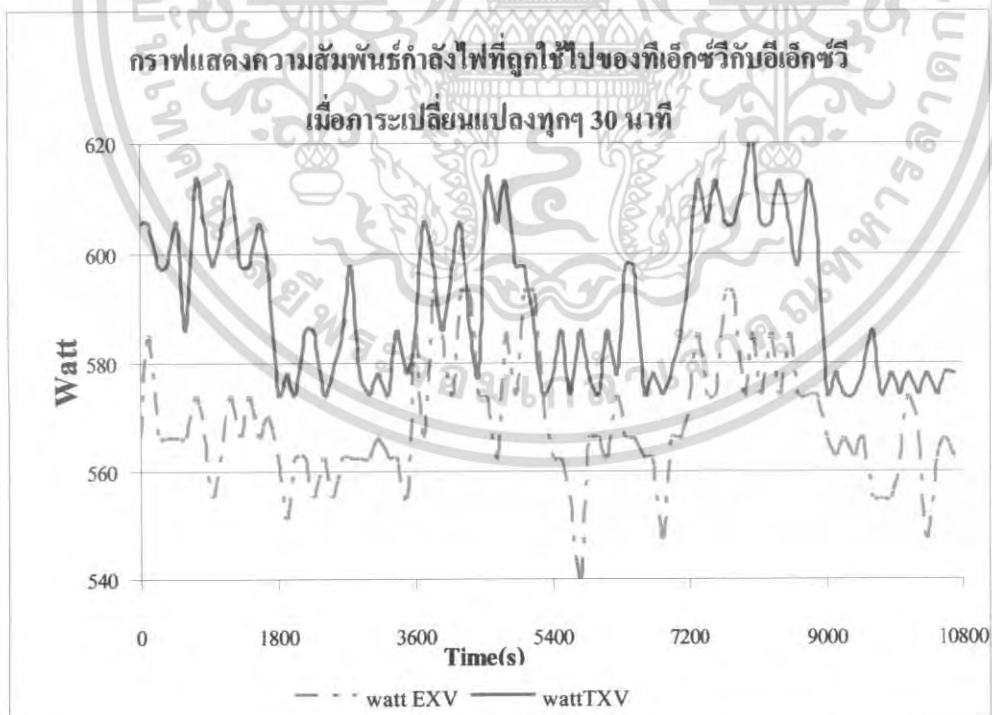
รูปที่ 7.16 กราฟแสดงความดันของอีเอ็กซ์วีเมื่อภาระผันแปรทุก 30 นาที

จากกราฟแสดงความดัน เมื่อภาระการทำความเย็นผันแปรอยู่ตลอดเวลา จะเห็นได้ชัดเจนว่าการทำงานของอีเอ็กซ์วีตอบสนองได้เร็วกว่าที่เอ็กซ์วี โดยความดันที่เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดเจนเทียบระหว่างอีเอ็กซ์วีกับที่เอ็กซ์วี แสดงให้เห็นว่า การตอบสนองของระบบจะดีกว่าเมื่อใช้อีเอ็กซ์วีในการควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็นภายใต้สภาวะผันแปรของภาระการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-17 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมพรสเซอร์
ของทั้งสองวาล์วเมื่อการะผันแปรทุก 15 นาที

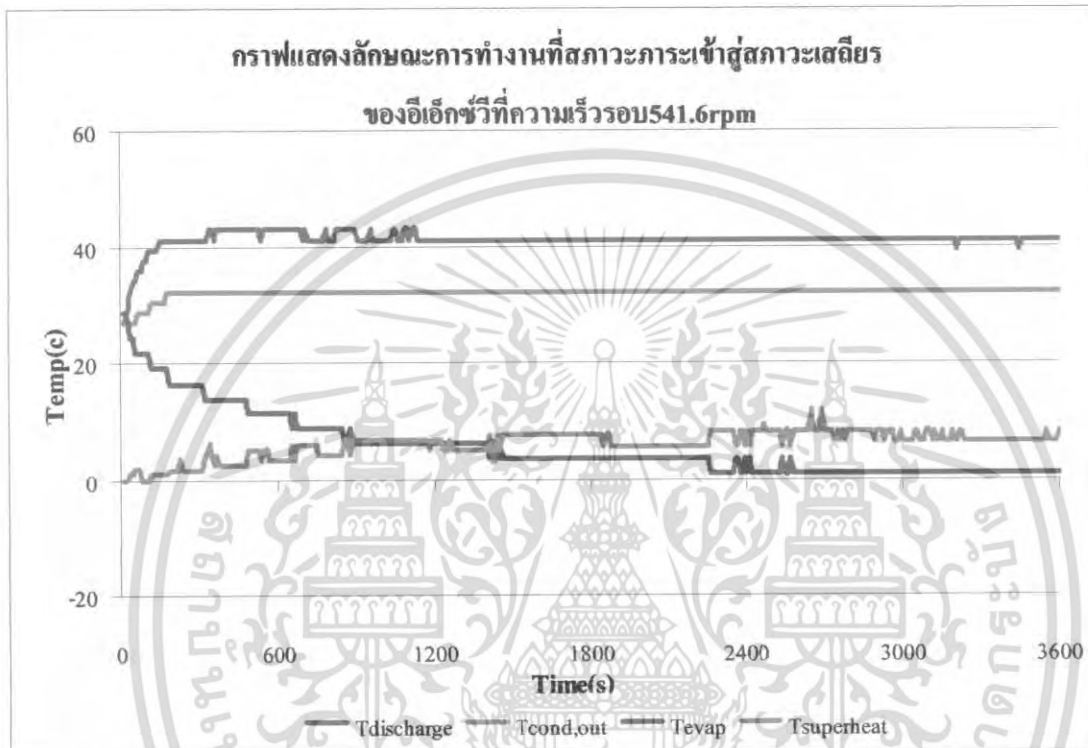


รูปที่ 7-18 กราฟแสดงค่าพลังงานที่จ่ายให้กับคอมพรสเซอร์
ของทั้งสองวาล์วเมื่อการะผันแปรทุก 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

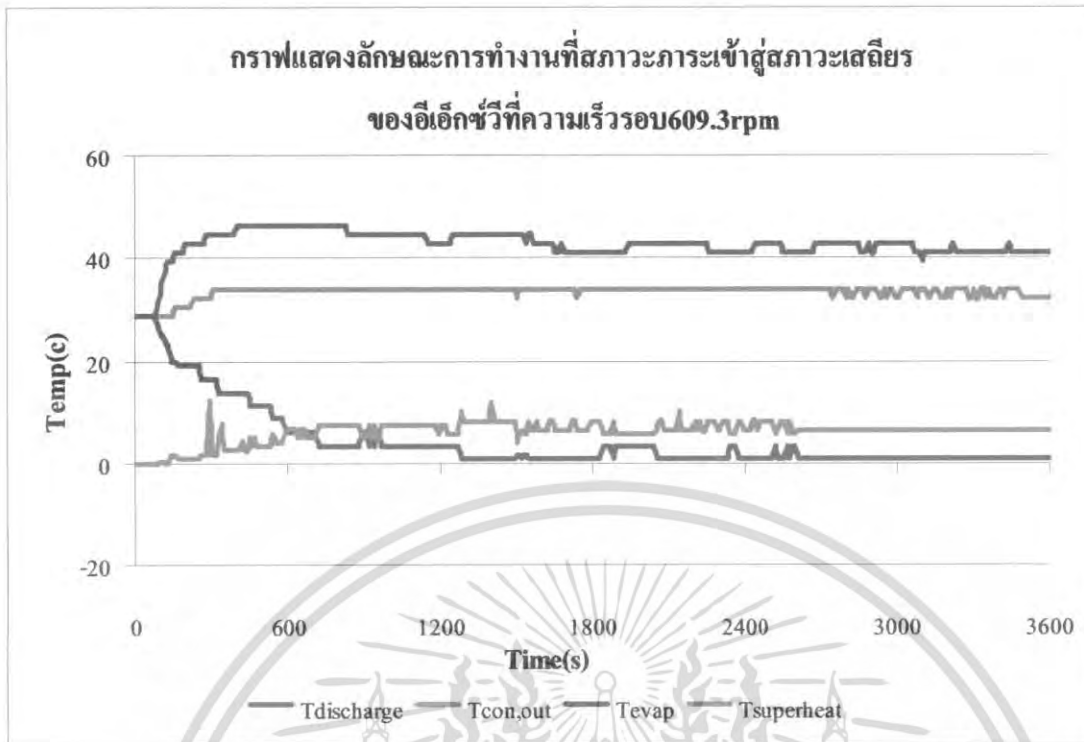
จากกราฟ จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ให้ต่อคอมเพรสเซอร์สำหรับอีเอ็กซ์วี จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าที่อีเอ็กซ์วี ในขณะที่ค่าการทำความเย็นที่ได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในการใช้วาล์วทั้งสองแบบ

7.4 การทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมและการตอบสนองของอีเอ็กซ์วีและทีเอ็กซ์วีเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงานในสภาวะความเร็วรอบต่างๆ

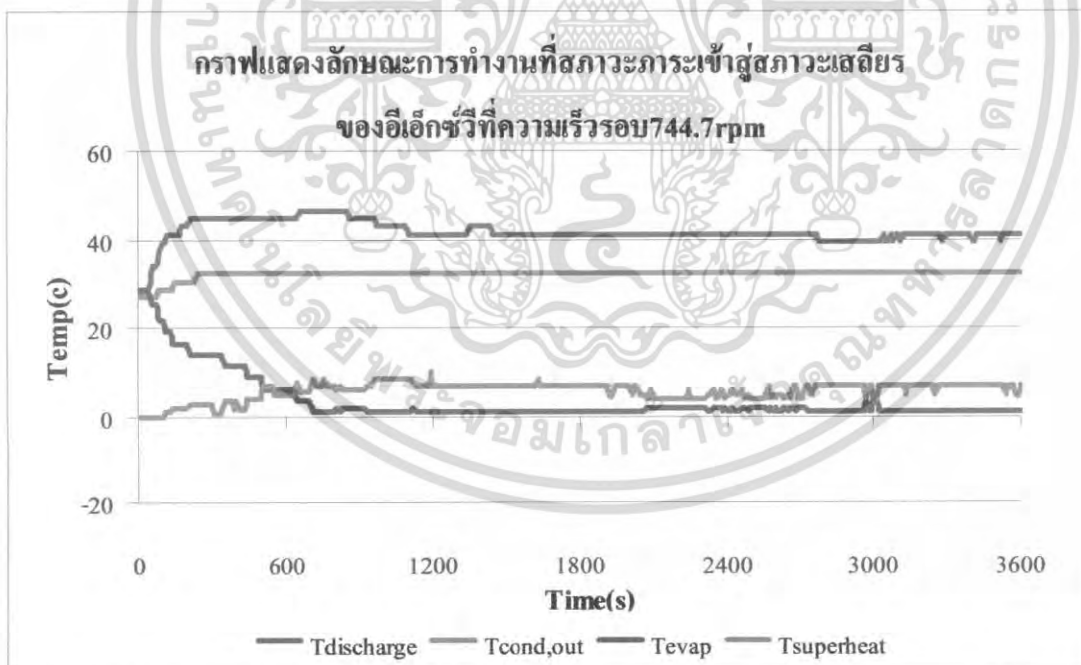


รูปที่ 7-19 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

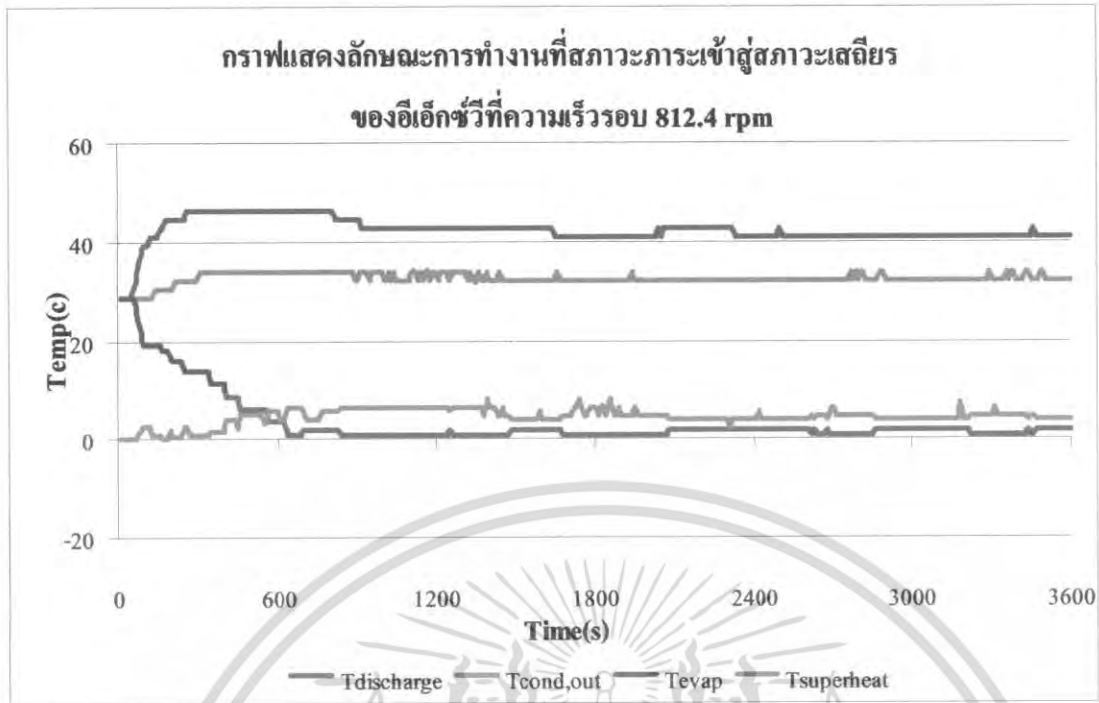


รูปที่ 7-20 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm

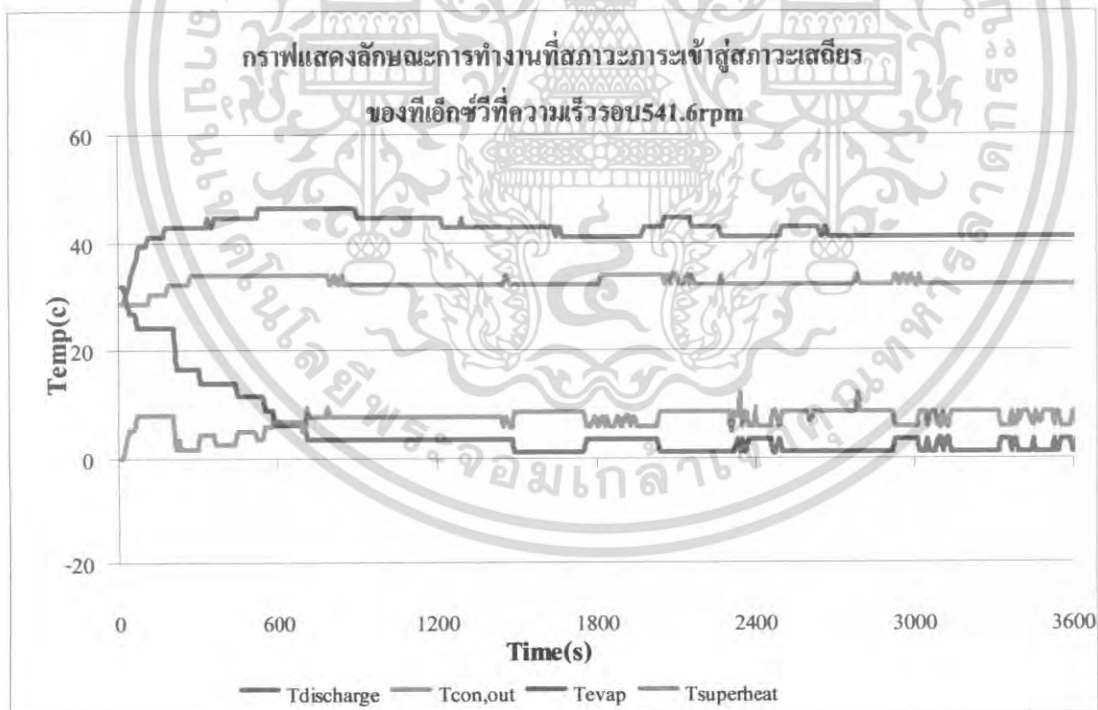


รูปที่ 7-21 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

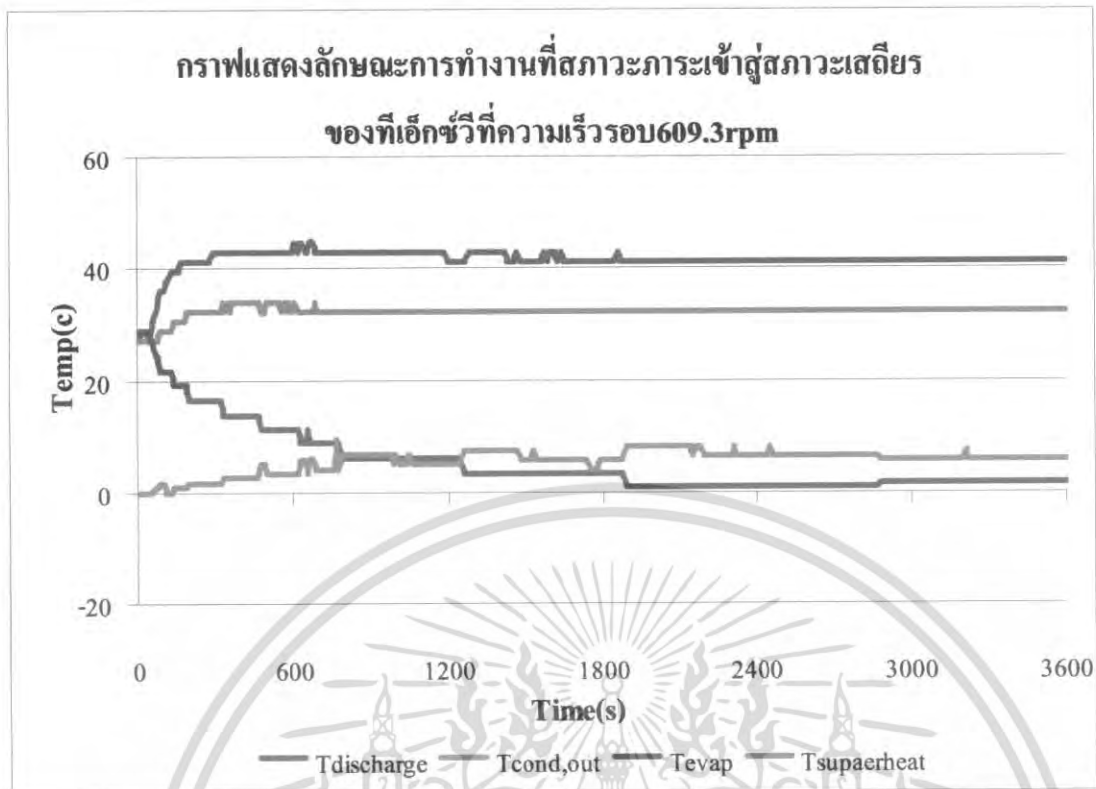


รูปที่ 7-22 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีตเอ็กซ์ที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm

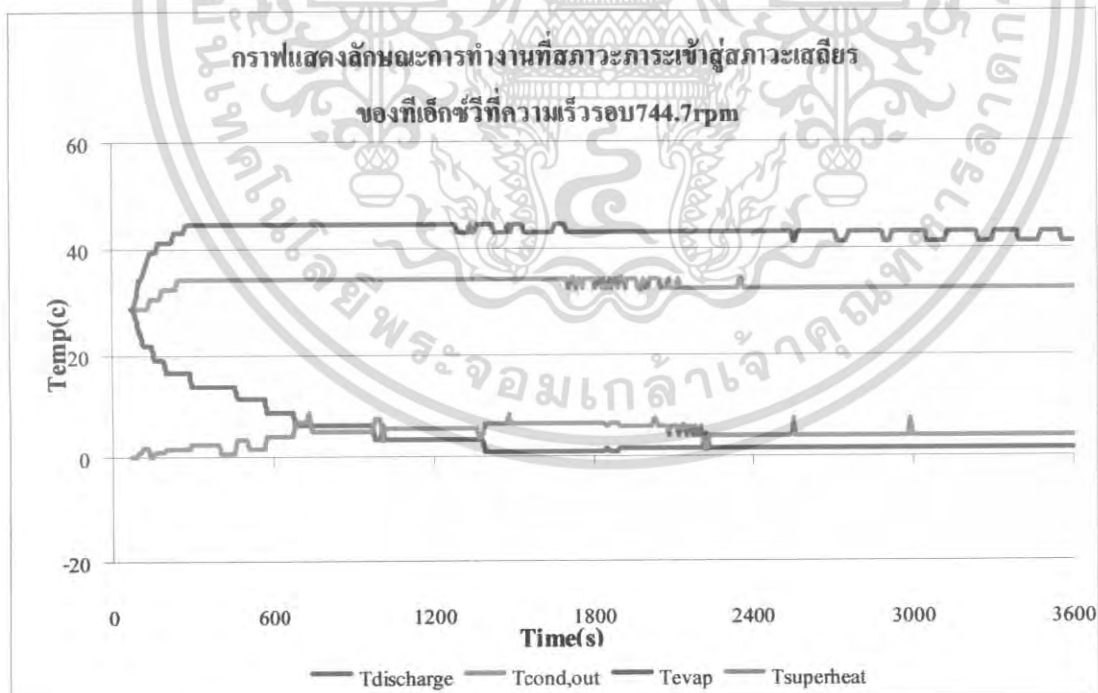


รูปที่ 7-23 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของฮีตเอ็กซ์ที่ความเร็วรอบ 541.6 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

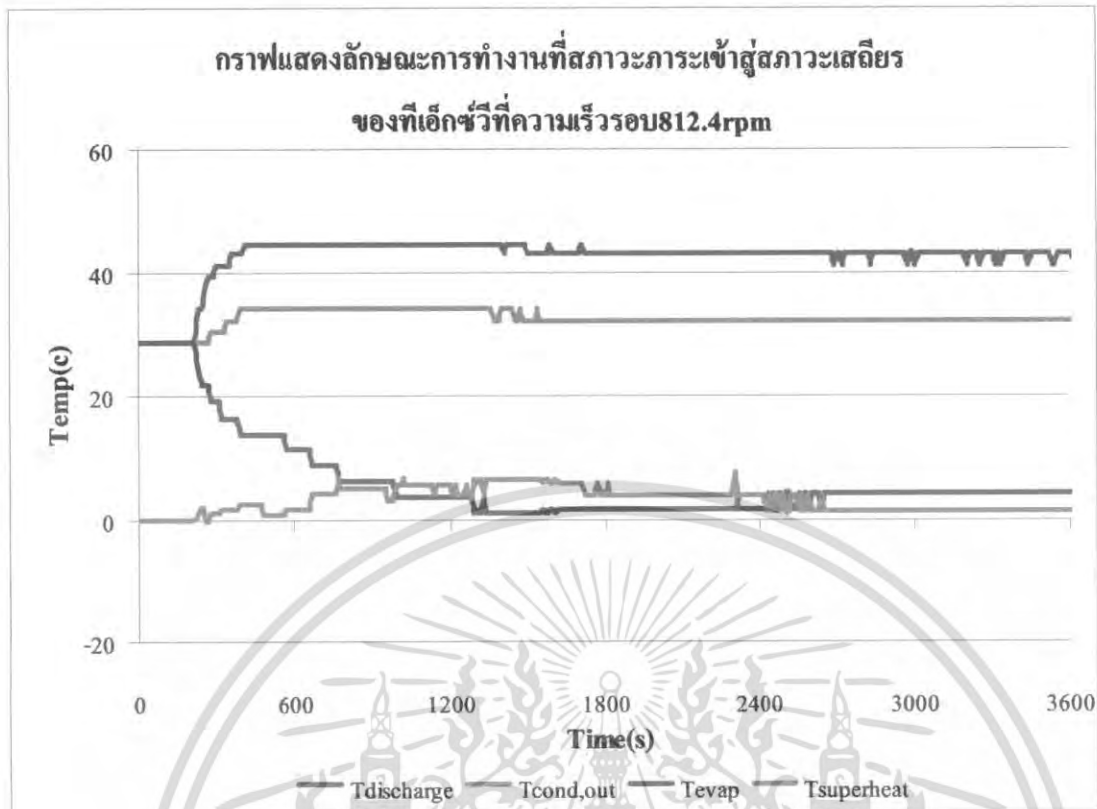


รูปที่ 7-24 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3 rpm



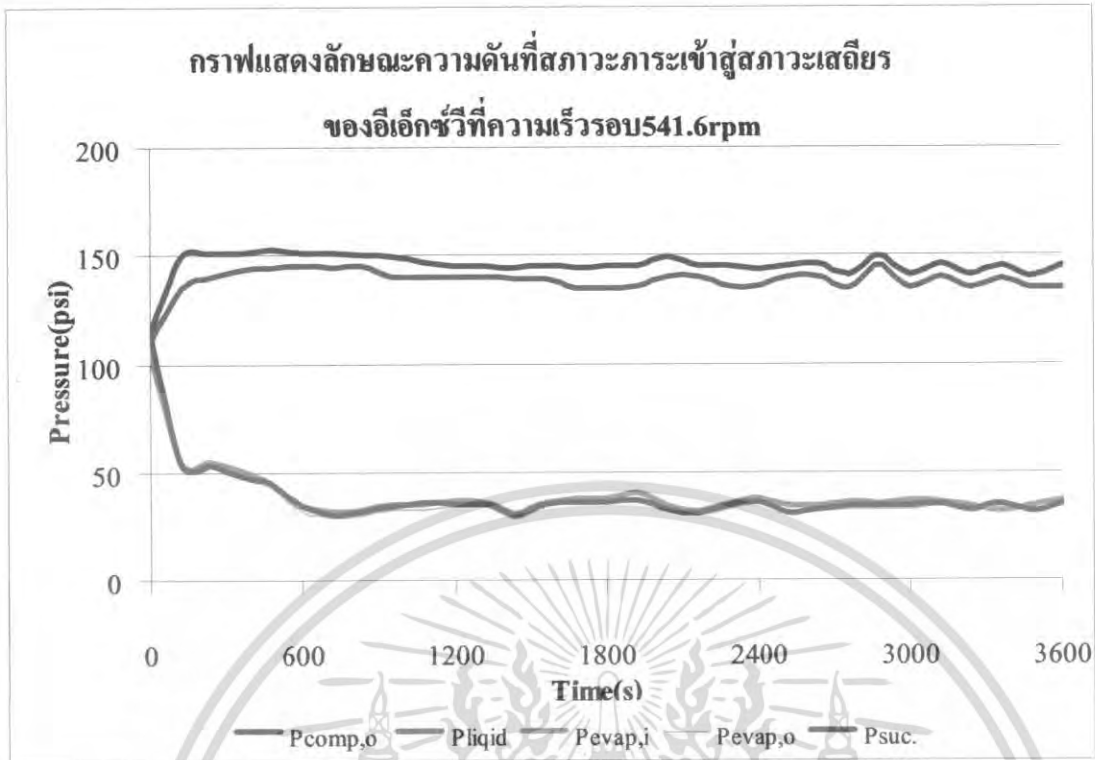
รูปที่ 7-25 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 744.7 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

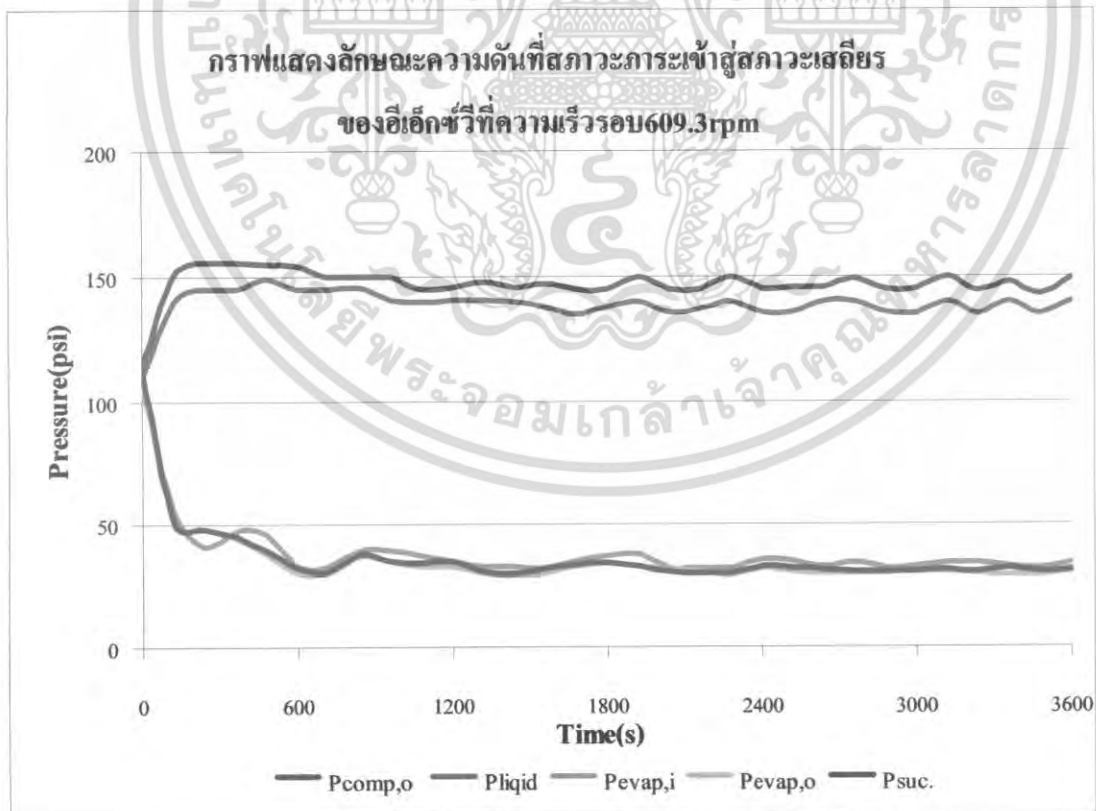


รูปที่ 7-26 กราฟแสดงลักษณะการทำงานที่เข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 812.4 rpm

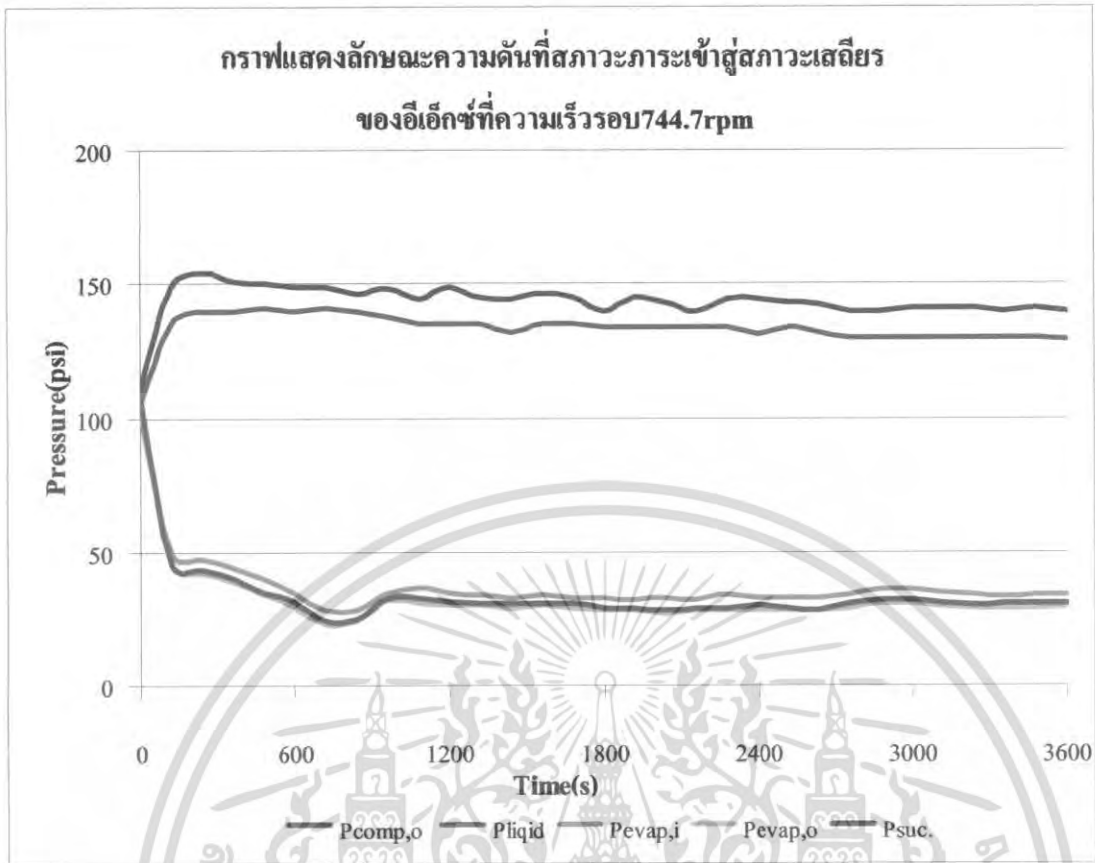
จากกราฟ เมื่อเปรียบเทียบดูการทำงาน พบว่าอุณหภูมิค่านีวาไปเรเตอร์, อุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวด, อุณหภูมิทางออกคอนเดนเซอร์ และอุณหภูมิทางออกคอมเพรสเซอร์ ความสามารถในการรักษาอุณหภูมิไอร้อนยิ่งยวดของวาล์วทั้งสองจะลดลงเมื่อความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์เพิ่มสูงขึ้น และจะมีการตอบสนองได้น้อยกว่าที่ความเร็วรอบต่ำ แต่เอ็กซ์วียังคงความสามารถทำงานได้ดีกว่าที่เอ็กซ์วี



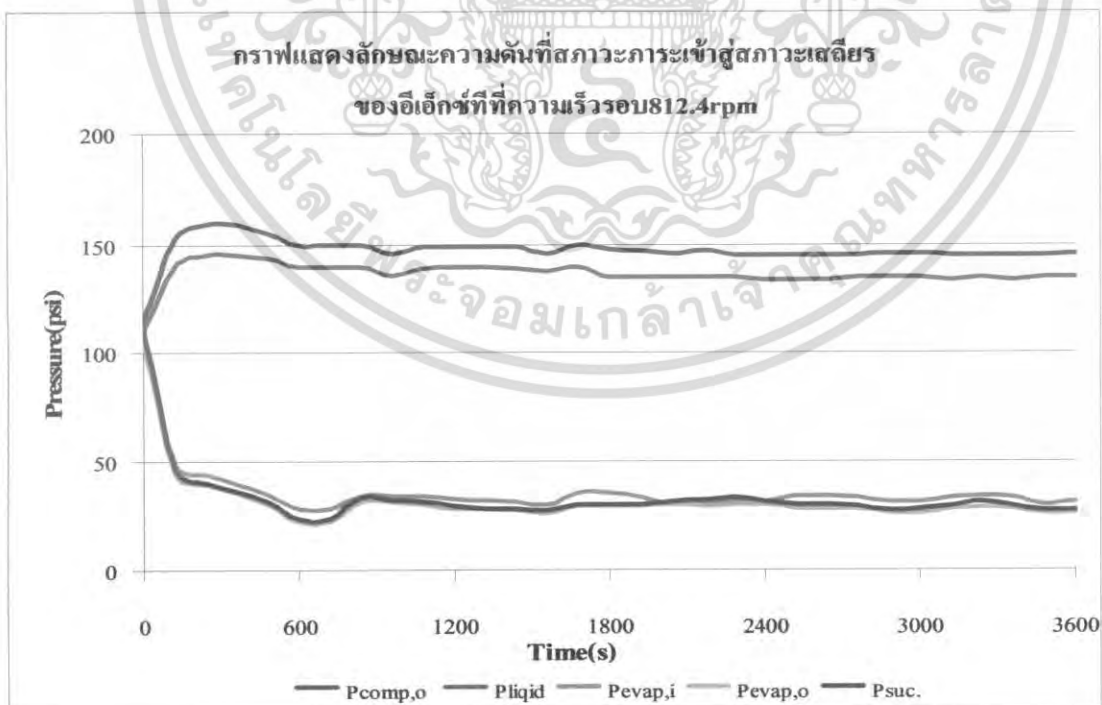
รูปที่ 7-27 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 541.6rpm



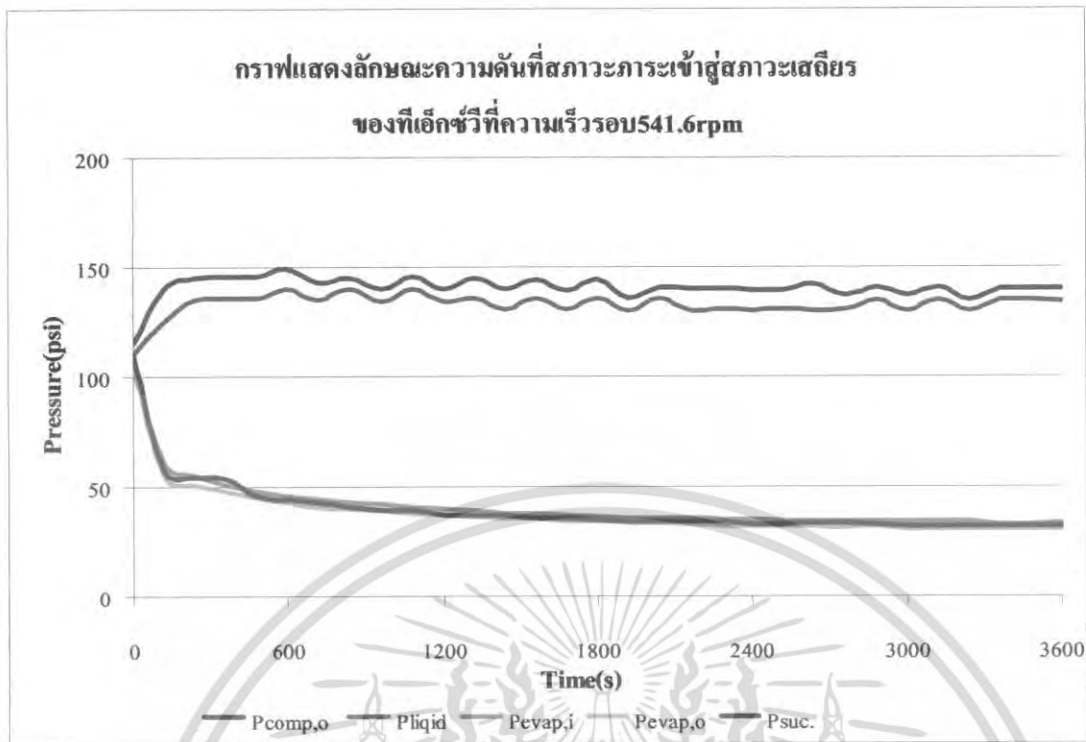
รูปที่ 7-28 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3rpm
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



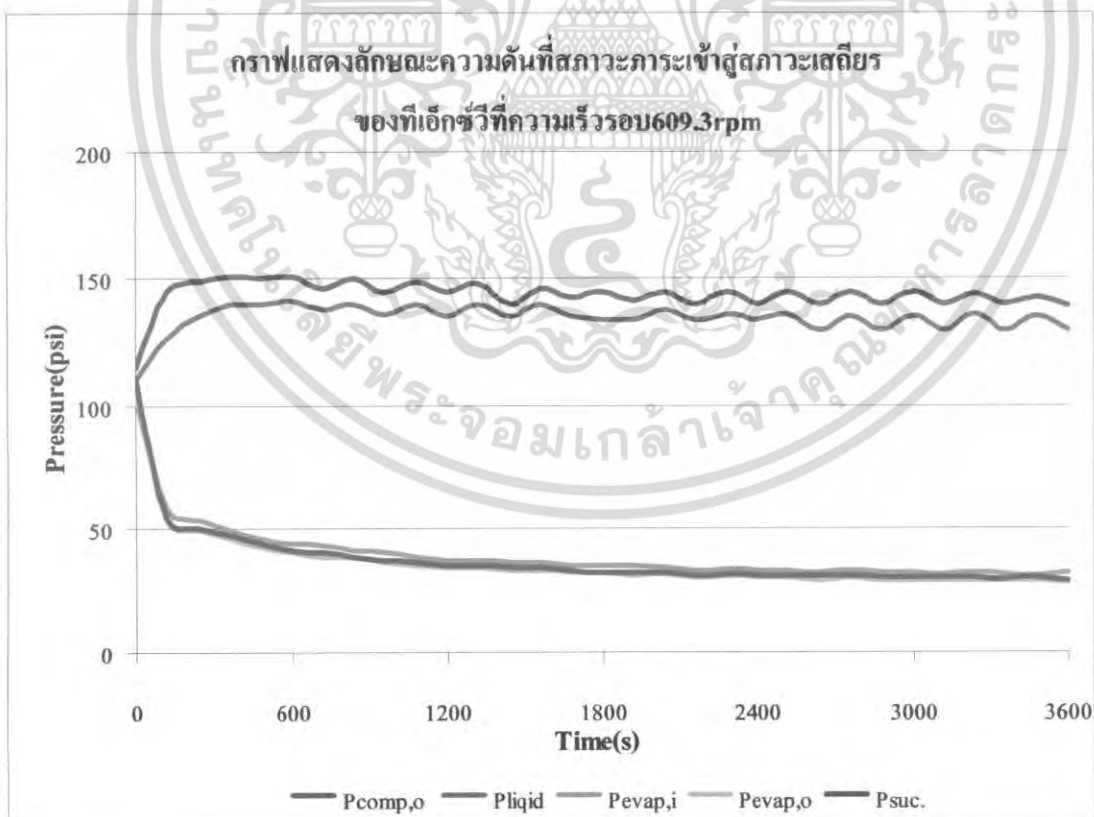
รูปที่ 7-29 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาวะเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์ที่ความเร็วรอบ 744.7rpm



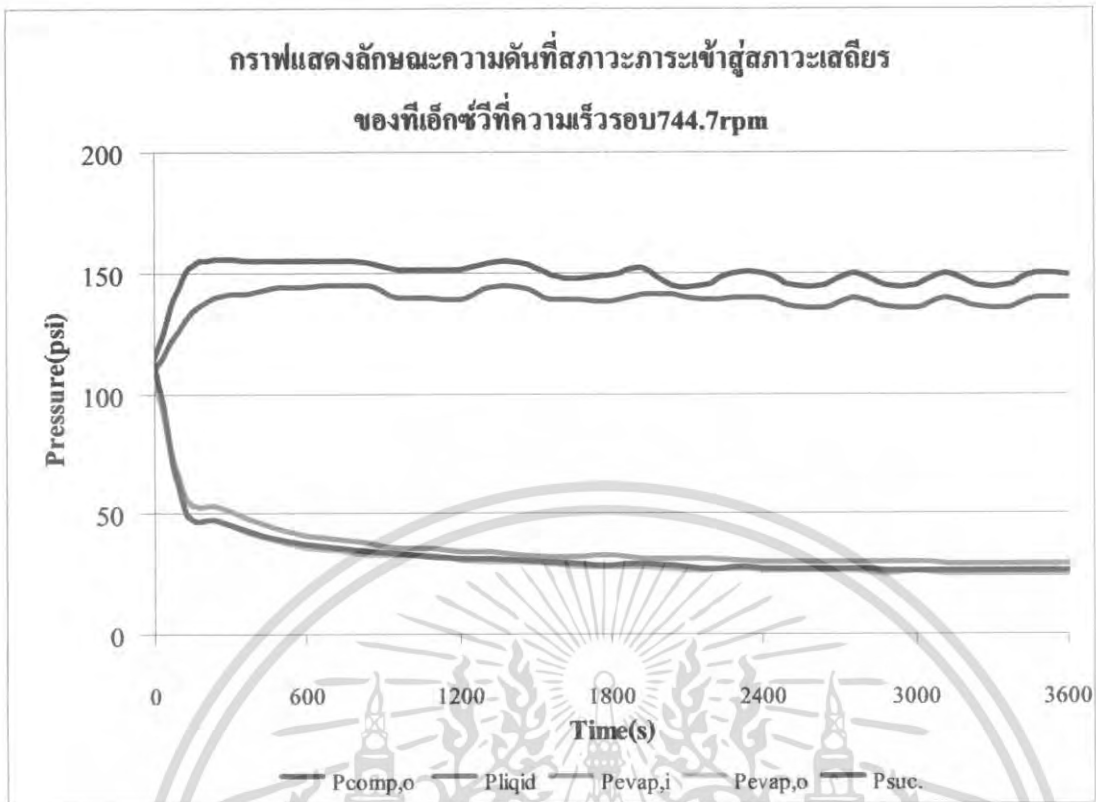
รูปที่ 7-30 กราฟแสดงลักษณะความดันที่ภาวะเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์ที่ความเร็วรอบ 812.4rpm
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



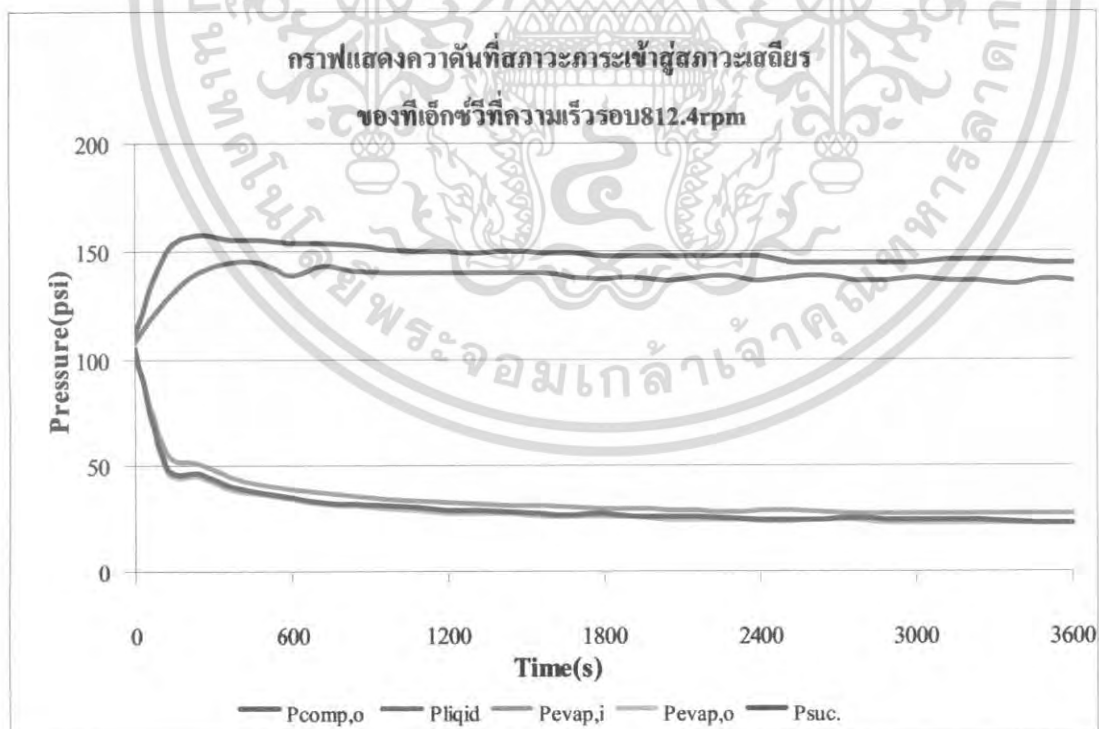
รูปที่7-31 กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะการเข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 541.6rpm



รูปที่7-32กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะการเข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 609.3rpm
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-33 กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะการเข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 744.7rpm



รูปที่ 7-34 กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะการเข้าสู่สภาวะเสถียรของที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 812.4rpm

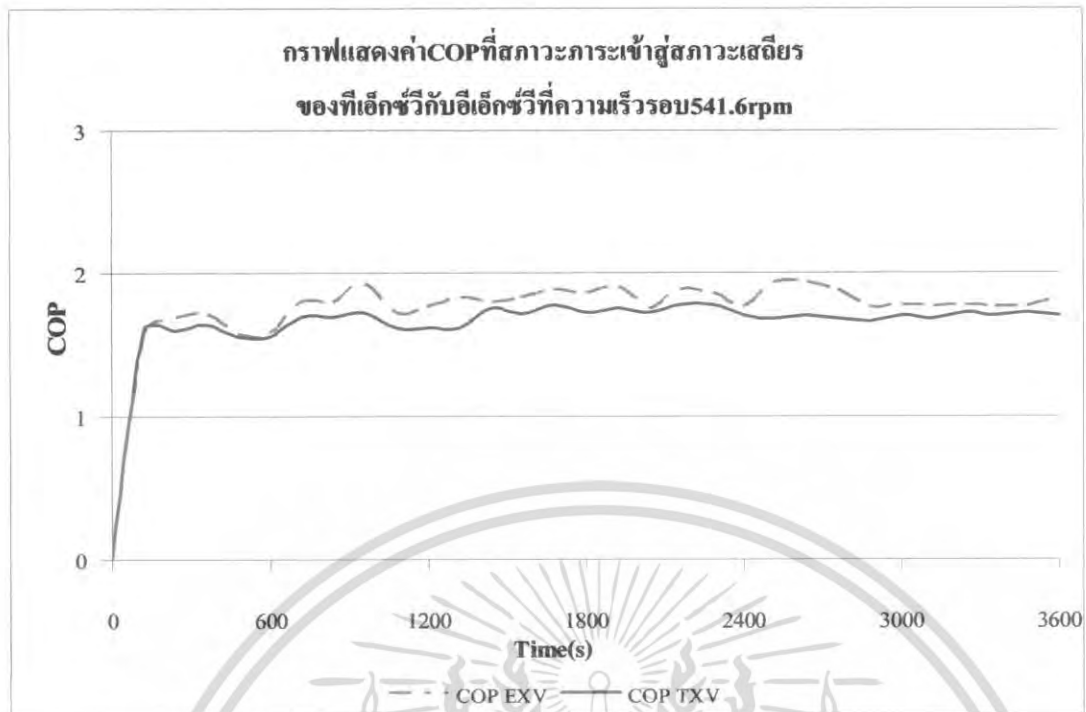
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงความดัน เมื่อความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์สูงขึ้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าการตอบสนองของอีเอ็กซ์วีต่อการลดลงของความดันค่อนข้างจะเป็นเชิงเส้นตรงมากขึ้น ที่ความเร็วรอบสูงขึ้น โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่า ความดันจะเข้าสู่สภาวะเสถียรได้เร็วมากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงขึ้น การตอบสนองของระบบจะใกล้เคียงกันในการควบคุมอัตราการไหลของสารทำความเย็น ภายใต้การทำงานที่ความเร็วรอบสูง และจะมีประสิทธิภาพต่างกันมากขึ้นที่ความเร็วรอบต่ำแต่การควบคุมอุณหภูมิไอร้อนยังยวดยอีเอ็กซ์วียังคงดีกว่า

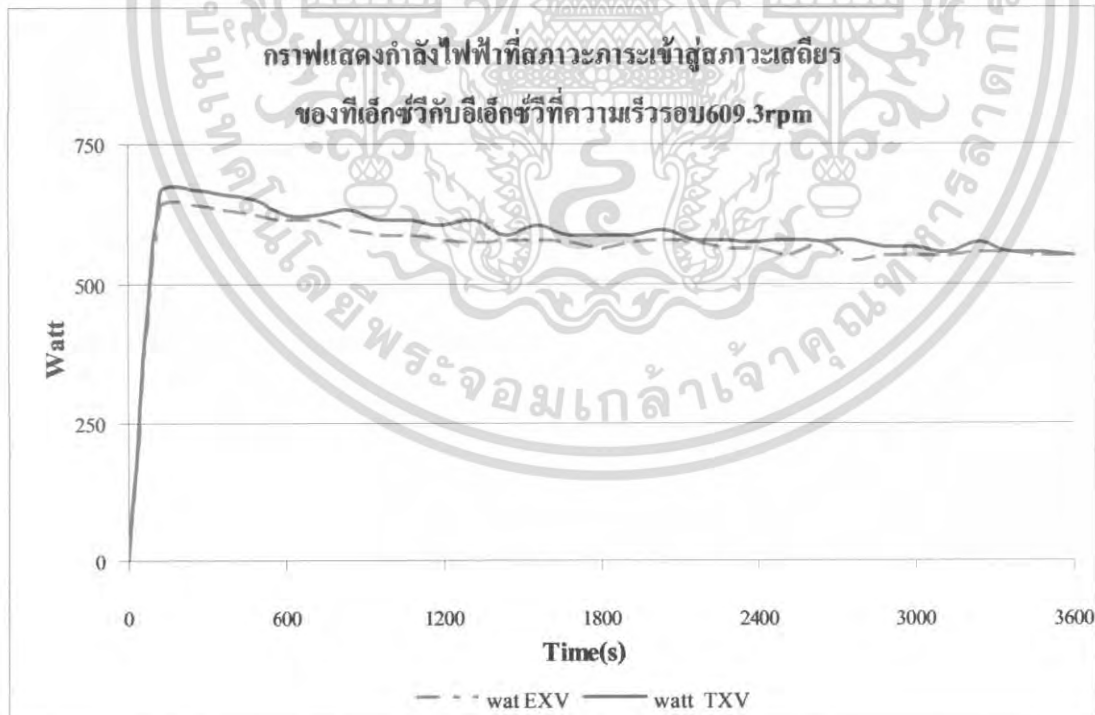


รูปที่ 7-35 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ภาวะการเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี
กับทีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ541.6rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

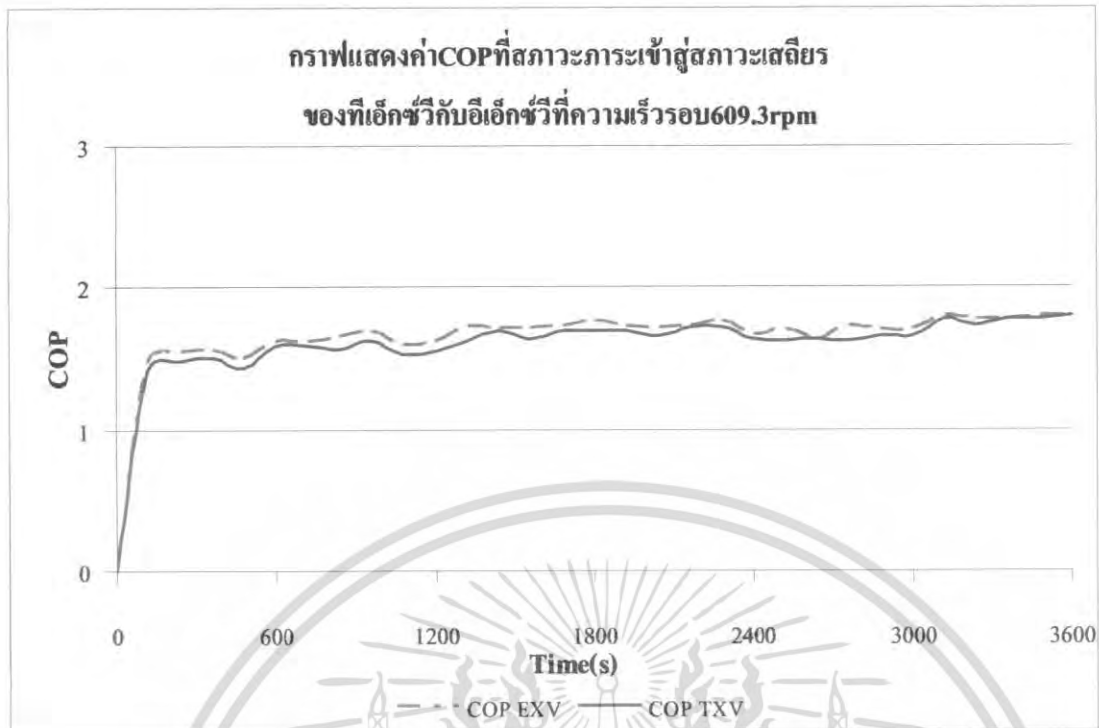


รูปที่ 7-36 กราฟแสดงค่าCOPที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี
กับที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ541.6rpm

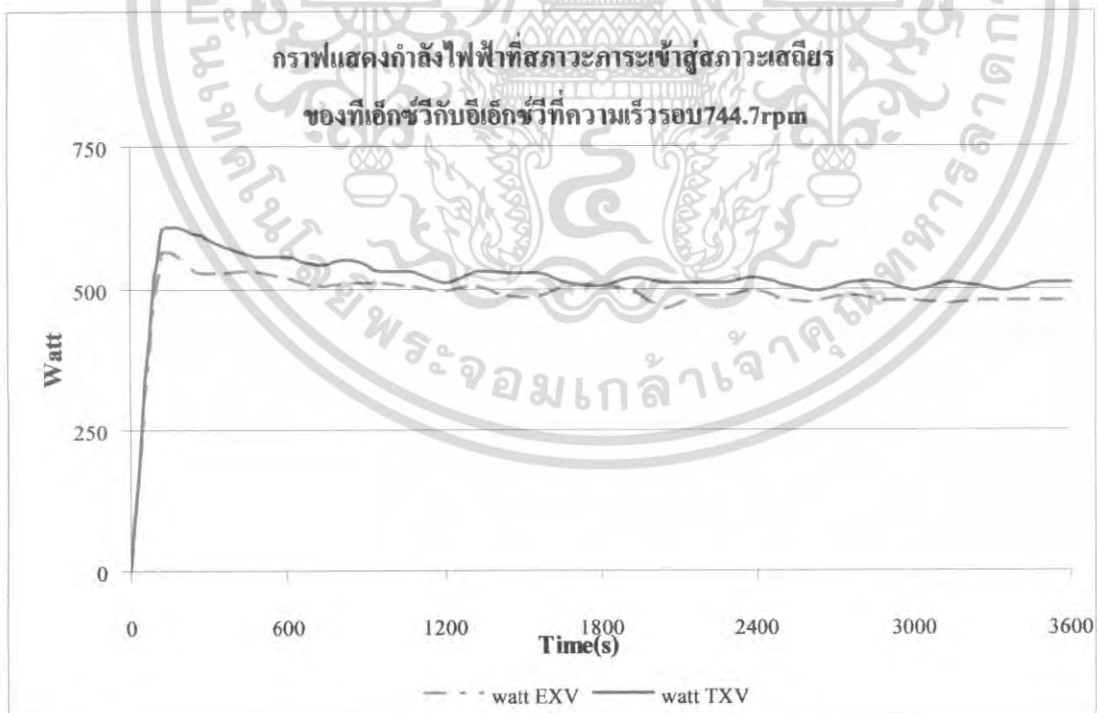


รูปที่ 7-37 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของอีเอ็กซ์วี
กับที่เอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ609.3rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

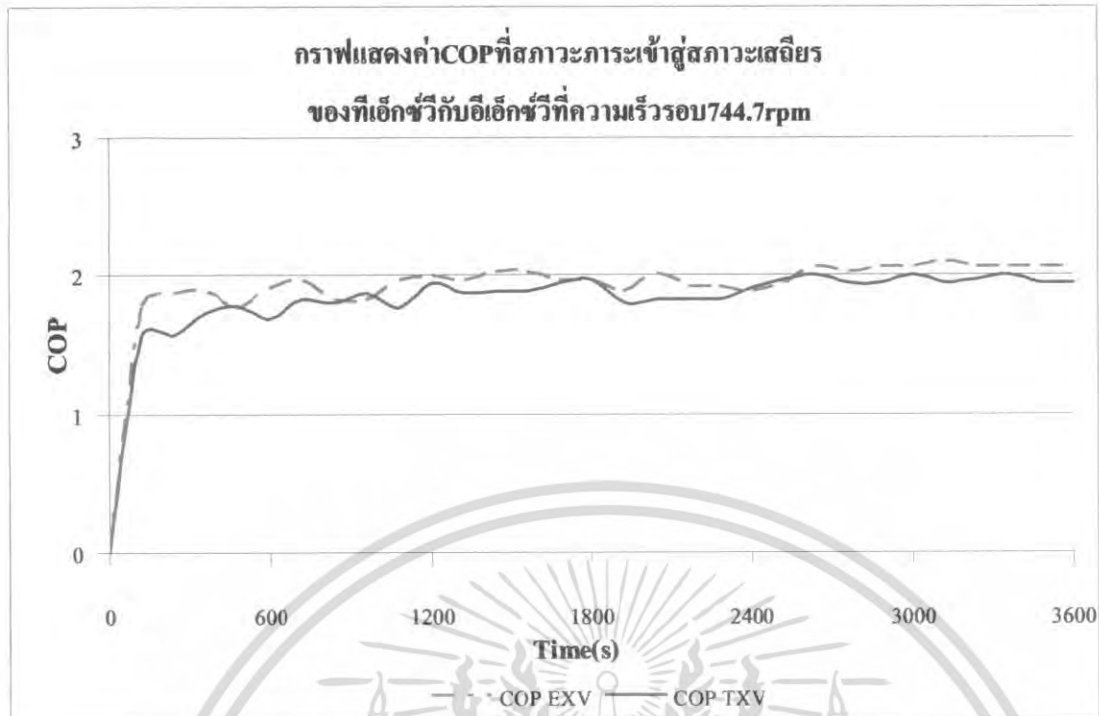


**รูปที่ 7-38 กราฟแสดงค่าCOPที่การเข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี
กับทีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ609.3rpm**



**รูปที่ 7-39 กราฟแสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่การเข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี
กับอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ744.7rpm**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

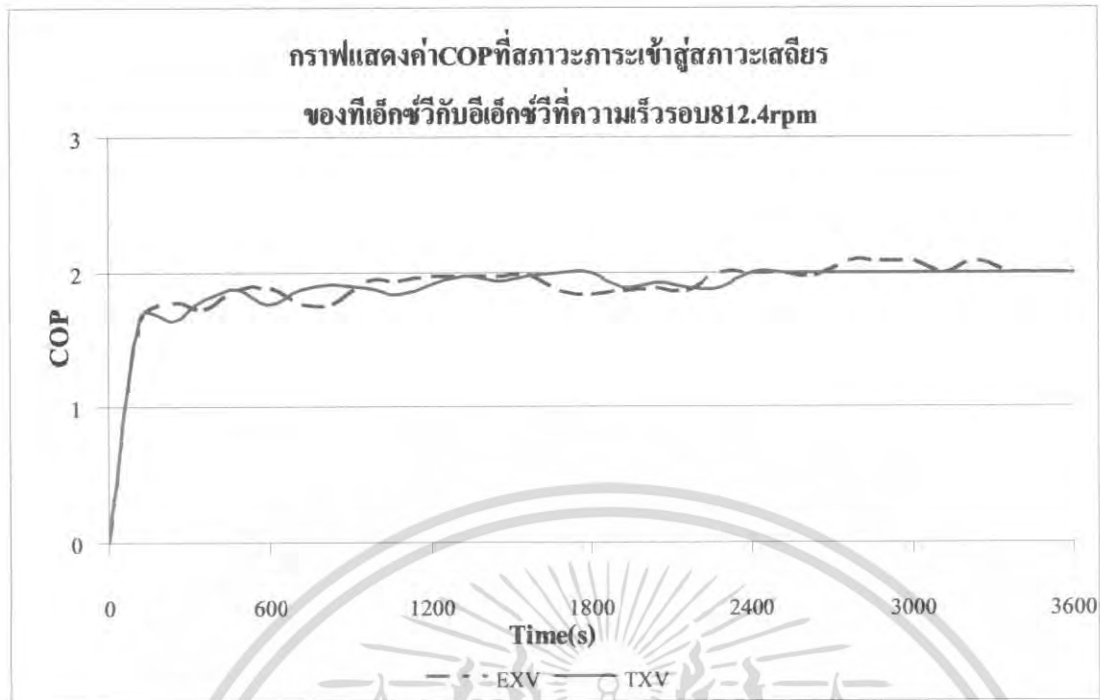


รูปที่ 7-40 กราฟแสดงค่าCOPที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี
กับอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ744.7rpm



รูปที่ 7-41 กราฟแสดงลักษณะความดันที่สภาวะภาระเข้าสู่สภาวะเสถียร
ของทีเอ็กซ์วีกับอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ 812.4rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 7-42กราฟแสดงค่าCOPที่ภาระเข้าสู่สภาวะเสถียรของทีเอ็กซ์วี
กับอีเอ็กซ์วีที่ความเร็วรอบ812.4rpm**

จากกราฟ จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ให้ต่อคอมเพรสเซอร์สำหรับวาล์วอีเอ็กซ์วี จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่าวาล์วทีเอ็กซ์วี ในจุดที่ค่าการทำความเย็นที่ได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในการใช้วาล์วทั้งสองแบบและจะใกล้เคียงกันมากขึ้นที่ความเร็วรอบสูงขึ้นแต่จะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่ความเร็วรอบต่ำ

บรรณานุกรม

- [1] อัครเดช สันธฤกษ์, “การทำความเย็น”, ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] สมศักดิ์ สุโมทยกุล, “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, บริษัท ซีเอ็ด บุคชั่น จำกัด
- [3] สมศักดิ์ กิรติวุฒิสเรษฐ, “หลักการและการใช้งานเครื่องมื่อวิศวกรรม” พิมพ์ครั้งที่ 16, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ศ.ส.ท., 2544
- [4] รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ศิริสันติสัมฤทธิ์, “ระบบควบคุมป้อนกลับ” กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ.พรินต์ติ้ง
- [5] Richard C. Jordan and Gayle B. Priester, ”Refrigeration and Air Conditioning” 2nd edition, New Delhi, 1973
- [6] Xuquan Li, Jiangping Chen, “A new method for controlling refrigerant flow in automobile air conditioning”, Institute of Refrigeration and Cryogenics Engineering , China , November 14 , 2003
- [7] A.G. Agway Nnanna, “Application of refrigeration system in electronics cooling”, Purdue University Calumet, United States, April 19, 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง(Source code)

Option Explicit

Dim FrameCount(1 To 2) As Long 'Frame count for each animated GIF

Dim i As Integer, j As Integer

Dim Ch1 As String, Ch2 As String, Ch3 As String, Ch4 As String

Dim Ch5 As String, Ch6 As String, Ch7 As String, Ch8 As String

Dim times As Integer, count1 As Integer

Dim Superheat As Integer, v As Integer, Diff As Integer

Dim closed As Boolean, opened As Boolean

Dim Data1 As String, File1 As String, Data2 As String

Dim Lefts As Boolean, Rights As Boolean

'#####

' MAIN MENU

'#####

Private Sub mnuSave_Click()

CommonDialog1.ShowSave ' Select File To Save Data

File1 = CommonDialog1.FileName

If File1 = "" Then ' If File Not Select Exit

Exit Sub

End If

Timer4.Enabled = True ' Start Read Data

Open File1 For Output As #1 ' Open File To Save Data

mnuSave.Enabled = False ' Don't Use Any New File

End Sub

Private Sub mnuAuto_Click()

For i = 1 To 19

Call cmdOpen_Click

Next i

Timer5.Enabled = True

End Sub

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub mnuStart_Click()
```

```
Timer7.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuStop_Click()
```

```
Timer7.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuTimerControl_Click()
```

```
Timer5.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuManual_Click()
```

```
Timer5.Enabled = False
```

```
End Sub
```

```
Private Sub mnuExit_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
'#####
```

```
#####
```

```
' ANIMATION
```

```
'#####
```

```
#####
```

```
Private Sub cmdToggle_Click()
```

```
tmrGIF1.Enabled = Not tmrGIF1.Enabled
```

```
End Sub
```

```
Private Sub tmrGIF1_Timer()
```

```
Dim i As Long
```

```
If FrameCount(1) < TotalFrames1 Then
```

```
imgGIF1(FrameCount(1)).Visible = False
```

```
FrameCount(1) = FrameCount(1) + 1
```

```
imgGIF1(FrameCount(1)).Visible = True
```

```
tmrGIF1.Interval = CLng(imgGIF1(FrameCount(1)).Tag)
```

```
Else
```

```
FrameCount(1) = 0
```

```
For i = 1 To imgGIF1.Count - 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

imgGIF1(i).Visible = False
Next i
imgGIF1(FrameCount(1)).Visible = True
tmrGIF1.Interval = CLng(imgGIF1(FrameCount(1)).Tag)
End If
End Sub

```

```

#####
*          TEMPERATURE PANEL
#####

```

```
Private Sub Timer2_Timer()
```

```

Call I2CStart
Call Send8BIT(&H90)
Call Ack
Call Send8BIT(&H45)
Call Ack
Call I2CStop
Call I2CStart
Call Send8BIT(&H91)
Call Ack

```

```
Ch1 = (Read8Bit * 5) / 256
```

```
Ch1 = (90.571 * Ch1) - 234.87
```

```
'Ch1 = (85.853118 * Ch1) - 220.52142
```

```
'Ch1 = (1.04 * Ch1) + 0.4564
```

```
Text1.Text = Round(Ch1, 1)
```

```
Call MAck
```

```
Ch2 = (Read8Bit * 5) / 256
```

```
Ch2 = (90.571 * Ch2) - 234.87
```

```
'Ch2 = (85.853118 * Ch2) - 220.52142
```

```
'Ch2 = (0.4615 * Ch2) + 25.531
```

```
Text2.Text = Round(Ch2, 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Call MAck

Ch3 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch3 = (90.571 * Ch3) - 234.87

'Ch3 = (85.853118 * Ch3) - 220.52142

'Ch3 = Ch3 + 3

Text3.Text = Round(Ch3, 1)

Call MAck

Ch4 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch4 = (90.571 * Ch4) - 234.87

Ch4 = (1.4649 * Ch4) - 12.657

'Ch4 = (85.853118 * Ch4) - 220.52142

'Ch4 = (0.8731 * Ch4) - 5.6288

Text4.Text = Round(Ch4, 1)

Call Ack

Call I2CStop

End Sub

Private Sub Timer3_Timer()

Call I2CStart

Call Send8BIT(&H98)

Call Ack

Call Send8BIT(&H45)

Call Ack

Call I2CStop

Call I2CStart

Call Send8BIT(&H99)

Call Ack

Ch5 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch5 = (90.571 * Ch5) - 234.87

'Ch5 = (85.853118 * Ch5) - 222.02142

Text5.Text = Round(Ch5, 1)

Call MAck

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ch6 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch6 = (90.571 * Ch6) - 234.87

'Ch6 = (85.853118 * Ch6) - 220.52142

Text6.Text = Round(Ch6, 1)

Call MAck

Ch7 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch7 = (90.571 * Ch7) - 234.87

'Ch7 = (85.853118 * Ch7) - 220.52142

'Ch7 = (0.9 * Ch7) + 1.42

Text7.Text = Round(Ch7, 1)

Call MAck

Ch8 = (Read8Bit * 5) / 256

Ch8 = (90.571 * Ch8) - 234.87

Ch8 = (85.853118 * Ch8) - 220.52142

'Text18.Text = Round(Ch8, 0)

Call Ack

Call I2CStop

Superheat = Val(Round(Text7.Text, 0) - Round(Text4.Text, 0))

Text8.Text = Superheat 'Round(Superheat, 0)

End Sub

Private Sub Form_Load()

Data1 = " Times" & " " & "Tsuc" & " " & "Tdis" & " " & "Tliq" & " " & "Te" & " " & "Wo" & " " & "Wi" & " " & "Teo" & " " & "Tsh"

List1.AddItem Data1

tmrGIF1.Enabled = False

If LoadGif("dvizi.gif", imgGIF1) Then

FrameCount(1) = 0

tmrGIF1.Interval = CLng(imgGIF1(0).Tag)

tmrGIF1.Enabled = True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End If

End Sub

Private Sub Timer4_Timer()

Data1 = Format(Time, "h:mm:ss AMPM ") & Format(Text1, " 00.0 ") & Format(Text2, "00.0 ") &
 Format(Text3, "00.0 ") & Format(Text4, "00.0 ") & Format(Text5, "00.0 ") & Format(Text6, "00.0 ")
 & Format(Text7, "00.0 ") & Format(Text8, "00.0 ")

List1.AddItem Data1 ' Show Data & Times

List1.ListIndex = List1.ListCount - 1 ' Show Last Data

count1 = count1 + 1

Print #1, List1.List(List1.ListCount - 1) ' Save Data To Disk

End Sub

Private Sub Timer7_Timer()

Data1 = Format(Time, "h:mm:ss AMPM ") & Format(Text1, " 00.0 ") & Format(Text2, "00.0 ") &
 Format(Text3, "00.0 ") & Format(Text4, "00.0 ") & Format(Text5, "00.0 ") & Format(Text6, "00.0 ")
 & Format(Text7, "00.0 ") & Format(Text8, "00.0 ")

List1.AddItem Data1 ' Show Data & Times

List1.ListIndex = List1.ListCount - 1 ' Show Last Data

count1 = count1 + 1

End Sub

```
#####
'          CONTROL VALVE
#####
```

Private Sub cmdOpen_Click() 'left

v = v + 1

Text19.Text = v

Shape1.BackColor = QBColor(10) ' green

Shape2.BackColor = QBColor(12) ' red

Out &H378, 9

Call delay

Shape1.BackColor = QBColor(10) ' green

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Out &H378, 3
Shape1.BackColor = QBColor(15) ' white
Call delay
Shape1.BackColor = QBColor(10) ' green
Out &H378, 6
Shape1.BackColor = QBColor(15) ' white
Call delay
Shape1.BackColor = QBColor(10) ' green
Out &H378, 12
Call delay
End Sub

Private Sub CmdClose_Click() 'close
v = v - 1
Text19.Text = v
Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
Shape1.BackColor = QBColor(12) ' red
Out &H378, 12
Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
Call delay
Shape2.BackColor = QBColor(15) ' white
Out &H378, 6
Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
Call delay
Shape2.BackColor = QBColor(15) ' white
Out &H378, 3
Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
Call delay
Shape2.BackColor = QBColor(15) ' white
Out &H378, 9
Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
Call delay
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdAuto_Click()
```

```
    Call mnuAuto_Click
```

```
End Sub
```

```
Sub delay()
```

```
    times = Timer
```

```
    Do
```

```
        DoEvents
```

```
    Loop Until Timer >= times + 0.05
```

```
End Sub
```

```
' Can be open/closed and stop
```

```
Private Sub Timer5_Timer()
```

```
If v > 6 And v < 51 Then
```

```
    If Superheat > 7 And Superheat < 50 Then
```

```
        Diff = Superheat - 7
```

```
        If Diff > 3 Then
```

```
            Diff = 2
```

```
        End If
```

```
        For j = 1 To Diff
```

```
            Call cmdOpen_Click
```

```
            Shape1.BackColor = QBColor(10) ' green
```

```
            Shape2.BackColor = QBColor(12) ' red
```

```
        Next j
```

```
    ElseIf Superheat < 7 And Superheat > 0 Then
```

```
        Diff = 7 - Superheat
```

```
        If Diff > 3 Then
```

```
            Diff = 2
```

```
        End If
```

```
        For j = 1 To Diff
```

```
            Call CmdClose_Click
```

```
            Shape1.BackColor = QBColor(12) ' red
```

```
            Shape2.BackColor = QBColor(10) ' green
```

```
        Next j
```

```
    End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End If

End Sub

Private Sub Timer6_Timer()

If v < 7 And Superheat > 8 And Superheat < 20 Then

v = 6

Text19.Text = v

Call cmdOpen_Click

Elseif v > 50 And Superheat < 5 And Superheat > 0 Then

v = 50

Text19.Text = v

Call CmdClose_Click

End If

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้