

การใช้โปรแกรมควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารทำความเย็น Programming of controller for chiller by refrigerant vapor bypass

มะโน ละมูล รัชชัย นาคพิพัฒน์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร. 66(2) 326-9987, โทรสาร 66(2) 326-9053, E-mail: kntawatc@kmitl.ac.th

Mano Lamool Tawatchai Nakpipat

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Ladkrabang Bangkok Thailand 10230

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิโดยสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิได้ค่าตามความต้องการทันทีนั้น หากมีการทำงานและหยุดบ่อยครั้ง เป็นการสูญเสียพลังงานอย่างมาก มีการนำระบบควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ซึ่งลดปัญหาการหยุดทำงานบ่อยครั้งได้ แต่ยังคงมีปัญหาเรื่องการหล่อลื่นและการระบายความร้อนของขดลวดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ขณะคอมเพรสเซอร์หมุนรอบต่ำ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารทำความเย็นนั้น มีการควบคุมสถานะของสารทำความเย็นที่เข้าสู่คอมเพรสเซอร์ให้ได้ตามมาตรฐานของผู้ผลิตและเหมาะสมกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้น ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานตามความสามารถอย่างต่อเนื่องไม่มีปัญหาจากระบบการหล่อลื่นภายในคอมเพรสเซอร์และปัญหาจากปริมาณการหล่อเย็นภายในขดลวดของมอเตอร์และสามารถควบคุมอุณหภูมิการทำความเย็นได้อย่างน่าพอใจ

Abstract

The water chiller system controls the temperature by on-off the compressor when it reaches the desired temperature. If on-off compressor often occurs, it will loose much energy. The variable speed controlling system in motor compressor is the system for reducing frequency of switch off. There are some problems about lubrication and suction gas cooling of motor stator when motor speed is low. The Programming of controller for water chiller by refrigerant vapor bypass controlled the condition of refrigerant for the standard of manufacture and suit for heat occurrence. The compressor will work continually. There are no problems about the lubricating system in compressor and the suction gas cooling in motor stator. The efficiency of temperature controlling is satisfied.

1. บทนำ

ระบบการควบคุมการทำความเย็นในปัจจุบัน ใช้อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิน้ำเย็น เป็นค่าตัวแปรที่ต้องการ (Set Point) ให้เครื่องทำความเย็นทำงานให้ได้บรรลุถึงจุดนั้น จากนั้น ระบบควบคุมการทำความเย็นจะสั่งให้เครื่องทำความเย็น หยุดการทำงานทันทีและระบบควบคุมการทำความเย็นจะสั่งให้เครื่องทำความเย็นนั้นเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อ อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิน้ำเย็นมีค่ามากกว่า ค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (Differential value) ในระบบการทำงานลักษณะนี้เรียกว่าระบบเปิด-ปิด (On-off switching) หากตั้งค่าขอบเขตที่ยอมรับได้นี้ให้น้อย ๆ ซึ่งหมายถึงสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงานทันที หลังจากมีค่ามากกว่าค่าที่ต้องการ ก็จะทำให้เกิดการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์บ่อยครั้งมากขึ้น ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานเป็นอย่างมาก ในสภาวะที่ภาระความร้อนลดลง หากสามารถเพิ่มอุณหภูมิไอวาล์วไประเตอร์ให้สูงขึ้นเหมาะสม กับภาระและมีปริมาณสารทำความเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนในไอวาล์วไประเตอร์ได้เหมาะสมแล้วจะสามารถทำให้มีประสิทธิภาพการทำความเย็นได้ดี เช่นเดียวกับการลดรอบการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และ สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการได้แม่นยำกว่าระบบเปิด-ปิด

2. ทฤษฎี

2.1 การวิเคราะห์ระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ[1]

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้คือ

- ความสามารถในการทำความเย็นของอีแวปโปเรเตอร์

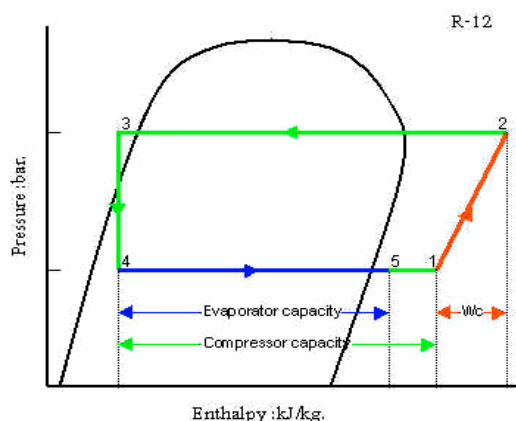
$$Q_E = (h_5 - h_4) \quad (1)$$

- การใช้พลังงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

$$W_c = (h_2 - h_1) \quad (2)$$

- ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น C.O.P.

$$C.O.P. = Q_E / W_c \quad (3)$$



รูปที่ 1 แผนภูมิ p-h ของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

2.2 มาตรฐานของชุดคอมเพรสเซอร์ และคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอแบบแทนที่ [2]

ARI (Air-conditioning and Refrigeration Institute) ได้กำหนดมาตรฐานของชุดคอมเพรสเซอร์ และ คอมเพรสเซอร์แบบอัดไอแบบแทนที่

ตารางที่ 1 มาตรฐาน ARI 540/1999 ชุดคอมเพรสเซอร์ และคอมเพรสเซอร์แบบอัดไอแบบแทนที่

Standard Rating For Commercial Refrigeration Application					
Suction Point		Discharge Point		Return Gas	
°F	°C	°F	°C	°F	°C
45	7.2	130	54.4	65	18.3

2.3 มาตรฐานของชุดทำน้ำเย็น [3]

ARI(Air-conditioning and Refrigeration Institute) ได้กำหนดมาตรฐานเครื่องทำน้ำเย็น โดยให้คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

$$\text{Refrigerating capacity} = [\text{gpm} \times (\text{Tin} - \text{Tout})] / 24 \quad (4)$$

Chiller capacity = Refrigerating capacity มีหน่วยเป็นตันทำความเย็น
gpm = อัตราไหลของน้ำ มีหน่วยเป็นแกลลอน ต่อ นาที
Tin , Tout = อุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากชุดเครื่องทำน้ำเย็นตามลำดับ มีหน่วยเป็น °F

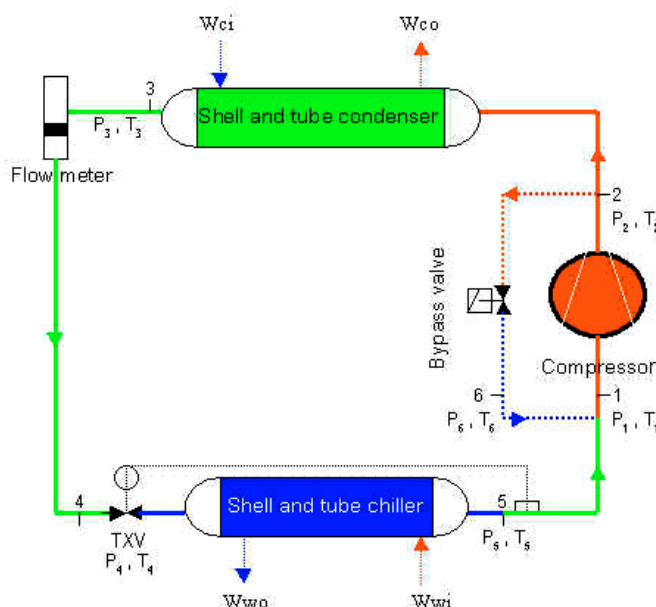
ตารางที่ 2 มาตรฐานARI 550/590-1998 ชุดเครื่องทำน้ำเย็น

Standard Rating Condition	
Water-cooled Condenser	
Condenser Water	
Entering	85 °F [29.4 °C]
Flow rate	3 gpm / ton
Evaporator Water	
Leaving	44 °F [6.7 °C]
Flow rate	2.4 gpm / ton
Condenser	
Saturated discharge	105 °F [40.6 °C]
Liquid refrigerant	98 °F [36.6 °C]

2.3 การควบคุมโดยใช้ไอร้อนของสารทำความเย็น

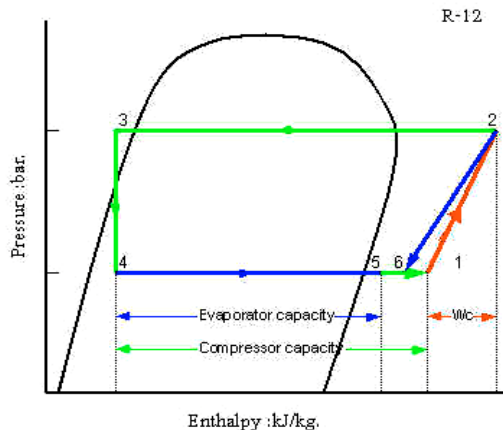
(Hot-gas bypass capacity control) ใช้การส่งผ่านไอร้อนของสารทำความเย็น จากด้านส่งของคอมเพรสเซอร์กลับมาด้านดูดของคอมเพรสเซอร์เพื่อลดปริมาณสารทำความเย็นที่เข้าสู่อีแวปอเรเตอร์ให้ลดลงเหมาะสมกับภาระความร้อนที่เกิดขึ้น ทำให้ความสามารถของอีแวปอเรเตอร์จะลดลง โดยความดันอีแวปอเรเตอร์จะเพิ่มขึ้นทำให้คุณสมบัติของไอสารทำความเย็น(Low specific volume)เข้าคอมเพรสเซอร์มีคุณสมบัติที่ทำให้ประหยัพลังงาน

2.4 วงจรการทำงานการควบคุมไอร้อน



รูปที่ 2 วงจรการทำงานที่ใช้ในการวิจัย

จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงรูปแบบของวงจรการทำความเย็นที่ใช้ในการวิจัย คือเป็นรูปแบบของระบบเครื่องทำน้ำเย็น (Water chiller) ที่มีการระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled condenser) โดยใช้คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ชนิดมีมอเตอร์และสายพานเป็นต้นกำลังในระบบ (Reciprocating Open type compressor) ใช้วาล์วลดความดันแบบเทอร์โมสแตติก (Thermostatic expansion valve) ระบบสารทำความเย็นใช้น้ำยาเบอร์ 12 มีการควบคุมการลดความสามารถในการทำ ความเย็นแบบใช้ไอร้อน (Hot gas bypass) ส่งผ่านมาจากท่อดูด (Suction line) ของคอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3 แผนภูมิแรงดัน และเอนทาลปี ของวงจรที่ใช้ในการวิจัย

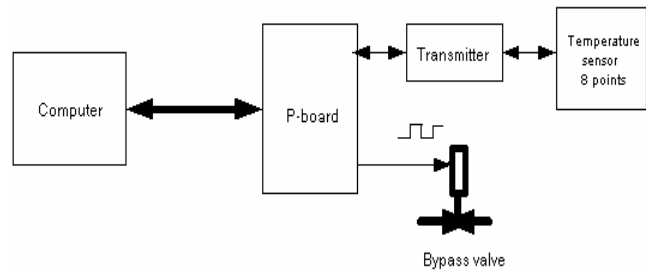
2.5 สภาวะการทำงานของชุดทำน้ำเย็นที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้ค่ามาตรฐาน ARI 550/590-1998 จาก ตารางที่ 2 โดยกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นมาตรฐานและสมมุติฐานในการวิจัยดังนี้

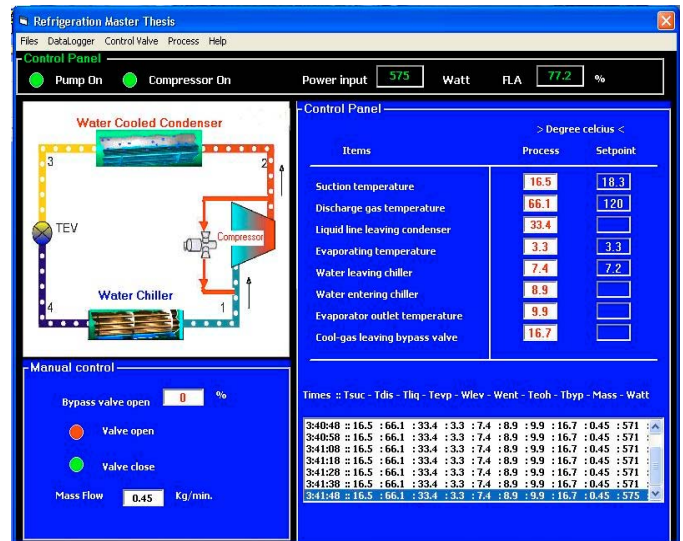
- Saturated condensing temperature = 105 °F [40.6 °C]
- Liquid refrigerant temperature = 98.6 °F [36.6 °C]
- Saturated evaporating temperature = 38 °F [3.3 °C]
- Superheat temperature = 6 K (factory setting)
- Suction temperature = 65 °F [18.3 °C]

3. การรับ-ส่งข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์

การรับส่งในรูปของข้อมูลของสภาวะต่างๆ ในชุดเครื่องทำความเย็น ซึ่งข้อมูลที่ต้องการทราบนั้นได้แก่ อุณหภูมิ , แรงดัน , อัตราการไหลของสารทำความเย็น และ ค่าการใช้พลังงาน โดยค่าต่างๆ เหล่านี้สามารถใช้การวิเคราะห์ความสามารถของระบบ รวมทั้งใช้ในการควบคุมสั่งงานอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมได้อีกด้วย เนื่องจากค่าตัวแปรที่ต้องการทราบในการวิจัยนี้ มีหลายค่าซึ่งต้องทราบพร้อมๆ กันในเวลาเดียว และต้องมีการสั่งให้วาล์วควบคุมการเปิดและปิดไอร้อนของสารทำความเย็นให้ทำงานได้เหมาะสม จึงได้นำระบบคอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาเพื่อบันทึกค่าต่างๆ โดยรายละเอียดของโครงสร้างของการวัดและบันทึกค่าต่างๆ มีดังนี้



รูปที่ 4 การทำงานของชุดรับส่งข้อมูล



รูปที่ 5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

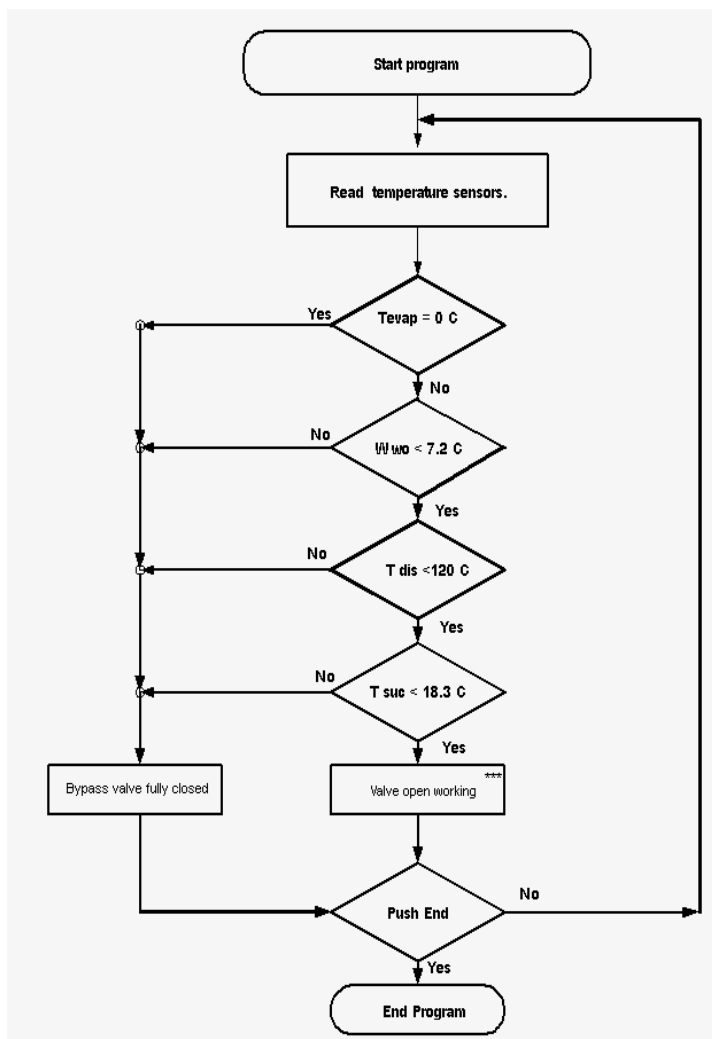
4. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

4.1 เครื่องทำความเย็นที่ใช้ในการทดลอง

- Open Type Reciprocating Compressor 1/2 hp
- Shell and Tube Condenser
- Enter Water Temp 90 °F , Leaving Water Temp 100 °F
- Shell and Coil Chiller Capacity 8,000 btu/hr
- Needle Valve For by-pass OD. Sizing 1/4 inch.
- Rotameter Flow Meter Range 0-2.4 Kg/min.
- Working Fluid Refrigerant CFC 12

4.2 วาล์วควบคุมไอร้อนของสารทำความเย็น

วาล์วควบคุมไอร้อนของสารทำความเย็น ได้ออกแบบขนาดของวาล์วตามคำแนะนำของผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์ [4] ผู้วิจัยจึงเลือกขนาดวาล์วไอร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว หรือ 6.35 มิลลิเมตร ควบคุมการเปิดและปิด โดยวาล์วดังกล่าวเป็นแบบสเต็ปมอเตอร์ควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 6 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอรืควบคุมวาล์ว

4.3 ขั้นตอนการทดลอง

4.3.1 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐาน ARI

การสังเกตการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น +6.7 ถึง 8.3°C หรือ +44 ถึง 47°F โดยเป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่การเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1°F

4.3.2 การทดลองควบคุมความเร็วมอเตอร์

การทดลองนี้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ในช่วงที่ภาระความร้อนลดลงคือ อุณหภูมิน้ำเย็นลดลงอย่างต่อเนื่อง หลักการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ใช้ตัวแปรในการควบคุมคือ การควบคุมแรงดันอีแวปโปเรเตอร์ให้คงที่ (Constant evaporating pressure) โดยควบคุมอัตราไหลของสารทำความเย็นโดยการปรับความเร็วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้เหมาะสมกับภาระความร้อน ในการทดลองนี้คือการใช้อินเวอร์เตอร์ลดความเร็วทางไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยเริ่มทำการทดสอบเมื่ออุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นมีค่า +7.2°C (50Hz.) ปรับความเร็วของไฟฟ้าให้ลดลงครั้งละ 1 Hz. จนถึง 47Hz. ซึ่งเป็นความเร็วรอบต่ำที่สุดที่ผู้ผลิตแนะนำไว้เก็บข้อมูล ความดัน , อุณหภูมิ , อัตราการไหล และ การใช้พลังงานที่อุณหภูมิคอยล์เย็นมีค่าเท่ากับ +3.3°C

4.3.3 การทดลองในช่วงภาระความร้อนลดลงโดยใช้โปรแกรมคอม

พิวเตอรืควบคุมการทำงานของวาล์วไอสารทำความเย็น

โปรแกรมคอมพิวเตอรืจะสั่งงานให้ ไอร้อนของสารทำความเย็นด้านจ่าย กลับมาด้านดูดของคอมเพรสเซอร์โดยวาล์วเปิดเมื่อน้ำเย็นที่ออกจากซิลเลอร์ มีค่าลดลงมากกว่า +7.2°C และวาล์วจะปิดในกรณีที่น้ำเย็นที่ออกจากซิลเลอร์ มีค่ามากกว่า +7.2°C , อุณหภูมิด้านจ่ายมีค่ามากกว่า +120°C, คอยล์เย็นเป็นน้ำแข็ง หรือ อุณหภูมิอีแวปโปเรเตอร์มีค่าน้อยกว่า 0°C และ, อุณหภูมิก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์มีค่ามากกว่า +18.3°C ตามมาตรฐาน ARI และผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์เก็บข้อมูลความดัน , อุณหภูมิ , อัตราการไหล และ การใช้พลังงาน ที่อุณหภูมิคอยล์เย็นมีค่าเพิ่มขึ้นครั้งละ 1°C จนกระทั่งวาล์วควบคุมการบายพาสไอร้อนสั่งยกเลิกการทำงาน เนื่องจาก ข้อจำกัดที่ผู้วิจัยตั้งไว้ ข้อใดข้อหนึ่งเกิดขึ้น

5. ผลการทดลองและวิเคราะห์

ตารางที่ 3 การทดสอบเครื่องทำน้ำเย็นที่สภาวะมาตรฐาน ARI

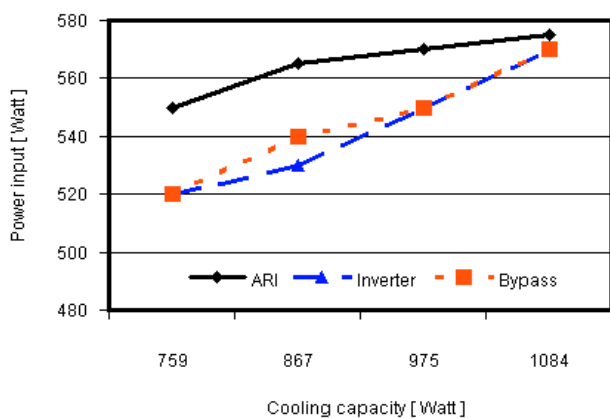
Items	unit	Water leaving Chiller			
		6.7 °C	7.2 °C	7.7 °C	8.3 °C
Evaporating pressure	barg.	2.42	2.42	2.42	2.42
Evaporating temperature	°C	3.3	3.3	3.3	3.3
Suction temperature	°C	15.2	15.3	15.2	15.3
Condensing temperature	°C	41.60	41.60	41.60	41.60
Discharge temperature	°C	65.0	64.9	65.2	65.0
Refrigerant mass flow rate	kg/s	0.0083	0.0070	0.0067	0.0058
water entering chiller	°C	8.6	9.0	9.4	9.9
Chiller capacity	Watt	948	867	813	786
Power input	Watt	575	570	565	550
Coefficient of performance		1.65	1.52	1.44	1.43

ตารางที่ 4 ผลการทดลองควบคุมความเร็วมอเตอร์

Items	unit	Frequency			
		50Hz	49Hz	48Hz.	47Hz
Evaporating temperature	°C	3.3	3.3	3.3	3.3
Suction temperature	°C	15.2	15.5	15.5	15.6
Condensing temperature	°C	41.60	41.60	41.60	41.60
Discharge temperature	°C	65.0	65.7	65.5	65.4
Refrigerant mass flow rate	kg/s	0.0083	0.0078	0.0075	0.0067
Water leaving chiller	°C	7.20	7.27	7.33	7.33
water entering chiller	°C	9.27	9.16	9.11	9.00
Chiller capacity (Watt)		1,003	921	867	813
power input	Watt	570	550	530	520
Coefficient of performance		1.76	1.68	1.64	1.56

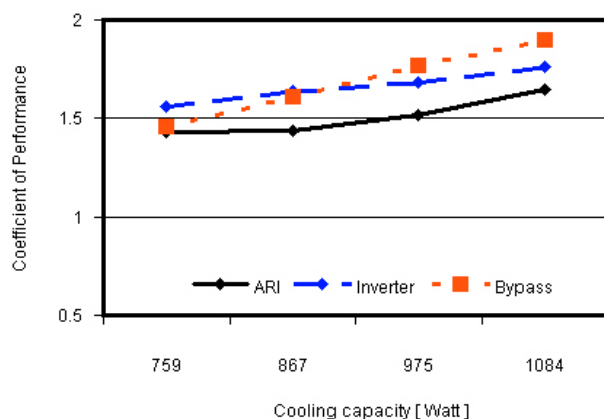
ตารางที่ 5 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุม

Item	unit	Water leaving Chiller			
		7.16°C	7.05°C	6.94°C	6.72°C
Evaporating temperature	°C	3.3	4.4	4.4	5.5
Suction temperature	°C	16.5	16.5	17.5	17.9
Condensing temperature	°C	41.60	41.60	41.60	41.60
Discharge temperature	°C	65.5	65.7	66.5	67.7
Refrigerant mass flow	kg/s	0.0078	0.0070	0.0067	0.0062
Water leaving chiller	°C	7.16	7.05	6.94	6.72
Water entering chiller	°C	9.38	9.16	8.72	8.27
Chiller capacity	Watt	1,084	975	867	759
Power input	Watt	570	550	540	520
COP		1.90	1.77	1.61	1.46



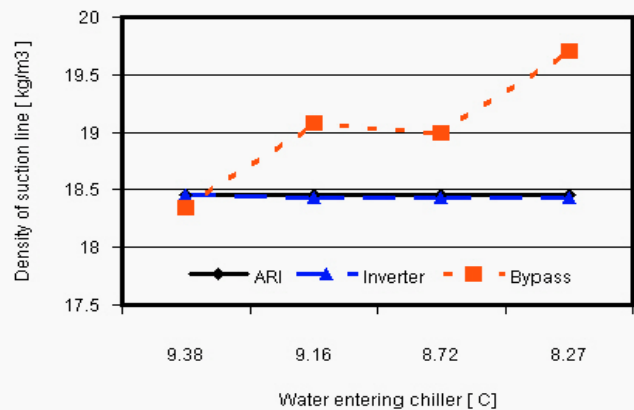
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ความสามารถในการทำความเย็นและพลังงาน

จากเส้นกราฟได้ค่าการใช้พลังงานลดลงเมื่อมีการเปิดของวาล์วควบคุม เช่นเดียวกับระบบที่ควบคุมการทำงานโดยให้ระบบปริมาณการไหลของสารทำความเย็น หรือ การใช้การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์



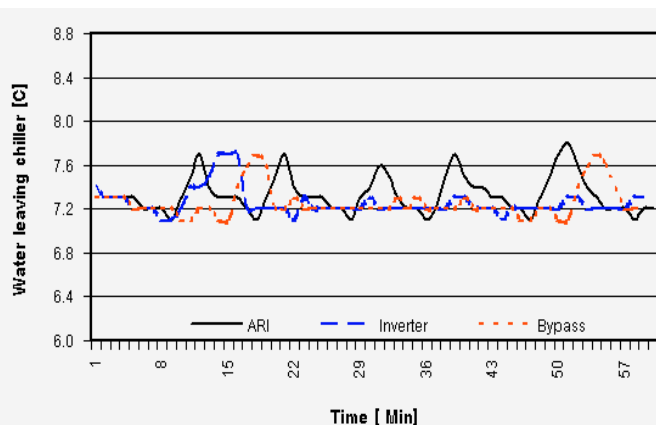
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการทำความเย็นกับความสามารถในการทำความเย็น

จากรูปที่ 8 พบว่าช่วงภาระความร้อนลดลง และ วาล์วควบคุมถูกสั่งให้บายพาสไอสารทำความเย็นกลับมาทางท่อด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ จะทำให้สารทำความเย็นส่วนหนึ่งไหลผ่านอีวเอปโปเรเตอร์น้อยลง มีผลให้อุณหภูมิอีวเอปโปเรเตอร์สูงขึ้น และในส่วนประสิทธิภาพการทำความเย็นในช่วงที่อุณหภูมิอีวเอปโปเรเตอร์สูงขึ้นหลังจากวาล์วควบคุมเปิดในช่วงแรกๆ ให้ค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าการควบคุม



รูปที่ 9 แสดงคุณสมบัติของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์

จากรูปที่ 9 พบว่า เมื่อภาระความร้อนลดลง คุณสมบัติของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ของ ระบบการควบคุมแบบบายพาสไอสารทำความเย็นนั้น จะให้ค่าน้ำหนักต่อปริมาตรการอัดไอมากกว่าระบบอื่นๆ เนื่องจาก อุณหภูมิของอีวเอปโปเรเตอร์ มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อพลังงานที่ใช้ในการอัดไอดำลงด้วย



รูปที่ 10 ระบบควบคุมที่อุณหภูมิน้ำเข้าซีลเลอร์คงที่ 8 °C

แสดงการเปรียบเทียบการตัด-ต่อ การทำงานของคอมเพรสเซอร์ ของทั้งสามระบบ พบว่าระบบที่ใช้การตัด-ต่อ จากอุณหภูมิมีน้ำ มีจำนวนครั้งในการตัด-ต่อ การทำงานของคอมเพรสเซอร์ มากกว่า ระบบที่ใช้ อินเวอร์เตอร์ และ ระบบการบายพาส ควบคุม ในช่วงที่อุณหภูมิมีน้ำเย็นได้ค่าตามต้องการ และยังเห็นได้ชัดเจนว่า ระบบที่ใช้ อินเวอร์เตอร์ และ ระบบการบายพาส ควบคุมนั้นสามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ใกล้เคียงกัน

6. สรุปผลการทดลอง

6.1 ผลการควบคุมอุณหภูมิการทำงาน

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารทำความเย็น ในช่วงที่ภาระความร้อนของระบบลดลง จากการทดลองพบว่า มีความสามารถในการควบคุมอุณหภูมิได้ดีเช่นเดียวกับการควบคุมแบบใช้การลดรอบการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ และสามารถนำมาควบคุมการทำงานเพื่อลดจำนวนครั้งในการตัด-ต่อการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เนื่องจากการปรับปริมาณการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับภาระความร้อนได้เหมาะสมภาระความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิการทำงานให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

6.2 ผลการใช้พลังงาน

ช่วงที่ภาระความร้อนของระบบลดลงการควบคุมแบบการลดรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานลดลง เนื่องจากการปรับลดของอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์ต่อหน่วยเวลาลดลง แต่ระบบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารทำความเย็นนั้นอัตราการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์เป็นไปอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากไม่มีการปรับลดความเร็วรอบ แต่มีการเพิ่มอุณหภูมิอีแวปโปเรเตอร์ ให้เหมาะสมกับภาระความร้อนที่ลดลง ทำให้คุณสมบัติของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์มีค่าน้ำหนักต่อปริมาตรการอัดของคอมเพรสเซอร์มากขึ้น (low specific volume) มีผลให้ค่าการใช้พลังงานลดลงในช่วงที่เริ่มมีการเพิ่มอุณหภูมิอีแวปโปเรเตอร์

6.3 ประสิทธิภาพในการทำงาน

ช่วงที่ภาระความร้อนลดลงเล็กน้อย พบว่าระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการบายพาสไอสารทำความเย็นให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการลดความเร็วรอบมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ แต่ในช่วงที่ภาระความร้อนลดลงมาก ๆ การลดความเร็วรอบของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า แต่ควรระวังในเรื่อง การหล่อลื่นชิ้นส่วนภายในคอมเพรสเซอร์ ความเร็วในการพ่นน้ำมันหล่อลื่นที่ค้างในระบบกลับคอมเพรสเซอร์ และ ปริมาณการหล่อเย็นของสารทำความเย็นในชุดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

จากการทดลองสรุปได้ว่า การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องทำน้ำเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารทำความเย็น ที่ควบคุมอุณหภูมิการทำงานให้เหมาะสมกับภาระความร้อน และ อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ไม่ให้เกิดมาตรฐาน ในช่วงที่ภาระความร้อนของระบบลดลงนั้น สามารถควบคุมอุณหภูมิการทำงานได้เช่นเดียวกับการใช้ระบบควบคุมความเร็วรอบ ให้ค่าประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีโดยเฉพาะในช่วงที่ภาระความร้อนเริ่มลดลงกว่าความสามารถในการทำงาน สามารถลดจำนวนครั้งในการตัด-ต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้ในช่วงนี้ เนื่องจากโปรแกรมควบคุมจะสั่งให้มีการบายพาสไอสารทำความเย็นเพื่อปรับปริมาณสารทำความเย็นให้เหมาะสมกับภาระในอีแวปโปเรเตอร์ และหยุดการทำงานเมื่ออุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์มีค่าสูงเกินมาตรฐานของผู้ผลิต ซึ่งการใช้ระบบควบคุมแบบการลดความเร็วรอบพบปัญหาเรื่องการหล่อลื่น และ การระบาย

ความร้อนของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบที่มีมอเตอร์อยู่ภายในได้สามารถนำรูปแบบการควบคุมนี้ไปใช้ร่วมกับระบบควบคุมการทำงานแบบเปิด-ปิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมการทำงานได้อีกด้วย

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยขั้นต่อไป เนื่องจากการทดลองนี้ทดสอบกับสารทำความเย็นเบอร์ 12 เท่านั้นเนื่องจากยังมีสารทำความเย็นเบอร์อื่น ๆ เช่น 22 , 134a , 404A , 407C ,410A ซึ่งยังมิได้ทำการทดสอบกับสารทำความเย็นดังกล่าวซึ่งมีคุณสมบัติ ต่างจากสารทำความเย็นเบอร์ 12 เพื่อความหลากหลายในการเลือกใช้สารทำความเย็นต่อไป.

เอกสารอ้างอิง

- [1] อัครเดช สินธุภัก . 2544. การทำความเย็น. กรุงเทพฯ.: ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] ARI “ Standard 540 , 1999 Standard for Positive discharge refrigerant compressor and compressor unit. “ ,Air-conditioning & Refrigeration Institute.,1999.
- [3] ARI “ Standard 550/590 , 1998 Standard for Water chilling packages using the compression cycle. “ ,Air-conditioning & Refrigeration Institute.,1998
- [4] BITZER GmbH. “ Technical Information , Start unloading for reciprocating compressors “; KT-110-2 “ , <http://www.bitzer.de>