

การควบคุมการทำความเย็นโดยวิธีบายพาสไอสารความเย็น

Refrigeration Controlling by Refrigerant Vapor By-pass

รัชชัย นาคพิพัฒน์ และ มะโน ละมุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

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

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมการทำความเย็นในปัจจุบัน ใช้เทอร์โมสแตทควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะทำการหยุดและสตาร์ทการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เป็นการสูญเสียพลังงานเป็นอย่างมาก มีการนำอินเวอร์เตอร์มาควบคุม ซึ่งให้ความประหยัดพลังงานได้ดีกว่า แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องการหล่อลื่น ขณะที่คอมเพรสเซอร์หมุนรอบต่ำ การบายพาสไอสารทำความเย็นเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมการอุณหภูมิของการทำความเย็นได้ภายใต้การควบคุมด้วยสภาวะที่เหมาะสมตลอดเวลา สามารถทำให้ระบบทำความเย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่มีปัญหาจากระบบการหล่อลื่นและการควบคุมอุณหภูมิของการทำความเย็นให้คงที่มากที่สุดได้

Abstract

The Refrigeration Controlling in present , Normally thermostats were used to control a proper refrigerating temperature by stop and start the compressor . A lot of energy consumption was used. Inverter was introduced to solve this problem. Good results are obtained but at low speed of compressor revolution , it still has low lubrication, The refrigerant by-pass method is the other way to control refrigerating temperature . Under manual control can maintain a proper temperature by low fluctuate temperature different . Also the highest performance is obtained without low lubricant problem.

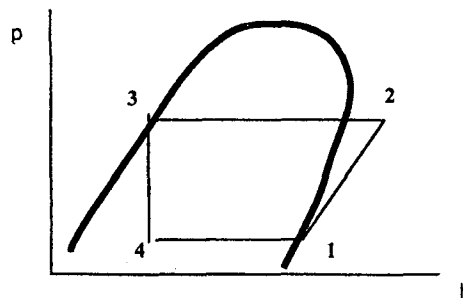
1. บทนำ

ในปัจจุบันการทำความเย็นเป็นสิ่งสำคัญต่อการเก็บรักษาปัจจัยการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น อาหาร, เครื่องดื่ม, ยารักษาโรค และมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลายประเภท จึงมีการศึกษา ละพัฒนาทางด้านวิศวกรรมการทำความเย็น เพื่อให้เกิดคุณประโยชน์สูงสุดในการใช้ระบบทำความเย็น การติดตั้งวาล์วบายพาสเป็น

อุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบการทำความเย็นชนิดอัดไอ โดยอาศัยหลักการและทฤษฎีต่างๆ ทางด้านวิศวกรรม

2. ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการทำความเย็น



รูปที่ 1 P-h Diagram วิเคราะห์การทำความเย็นแบบอัดไอ

สมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

- งานที่คอมเพรสเซอร์ (W_c)

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \quad W_c = h_2 - h_1 \quad (1)$$

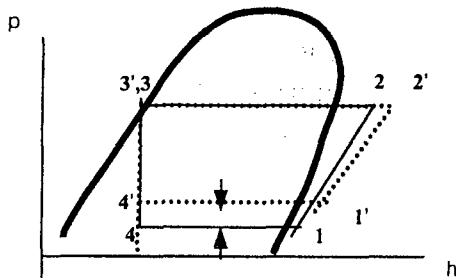
- ค่าการทำความเย็น (R.E.)

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \quad R.E. = h_1 - h_4 \quad (2)$$

- ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น C.O.P.

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

2.2 ทฤษฎีการบายพาสไอสารทำความเย็น



รูปที่ 2 P-h Diagram แสดงการเปรียบเทียบวัฏจักรอัดไอกับวัฏจักรบายพาส

การบายพาสไอสารทำความเย็นเป็นการระบายไอสารทำความเย็นจากท่อความดันสูง คือด้านออกจากคอมเพรสเซอร์ กลับไปยังท่อความดันต่ำ หรือทางด้านเข้าคอมเพรสเซอร์ ทำให้ความดันในท่อความดันสูงลดลง และท่อความดันต่ำ มีความดันเพิ่มขึ้นระบบควบคุมการทำงานที่ใช้ งานอยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นแบบมีการตัด-ต่อการทำงานของ คอมเพรสเซอร์ ซึ่งในระบบการทำงานขนาดใหญ่จะได้รับข้อเสียโดยตรงคือ การตัด-ต่อการทำงานแต่ละครั้งจะกินกำลังงานไฟฟ้าที่สูงมาก เนื่องจากเกิดกระแสกระชากของการสตาร์ทคอมเพรสเซอร์แต่ละครั้ง และ ยังไม่สามารถควบคุมให้อุ่นหมุ้มคงที่ได้เนื่องจากต้องมี การรอเวลาเพื่อ การสตาร์ทคอมเพรสเซอร์อีกครั้ง ส่วนระบบควบคุมโดยใช้อินเวอร์เตอร์ ทำงานโดยปรับลดความถี่ของกระแสไฟฟ้า ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ของ คอมเพรสเซอร์ในขณะที่ภาระลดลง คอมเพรสเซอร์ก็จะหมุนด้วยความเร็ว รอบที่ต่ำลง แต่เนื่องจากอินเวอร์เตอร์มีราคาค่อนข้างสูงจึงเป็นข้อจำกัดใน การใช้งาน ซึ่งในระบบควบคุมการทำงานขนาดใหญ่นั้นการลดรอบ การทำงานของคอมเพรสเซอร์เพียงเล็กน้อย จะทำให้ความสามารถในการ ทำความเย็นลดลงอย่างมาก อีกทั้งยังมีปัญหาในการหล่อลื่นในตัว คอมเพรสเซอร์ในขณะที่ความเร็วรอบต่ำๆ

การติดตั้งวาล์วบายพาสเป็นอุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งขึ้นเพื่อช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบการทำงานชนิดอัดไอ ซึ่งงาน วิจัยนี้ ได้ทำการทดลองบายพาสไอสารทำความเย็นในสภาวะที่ภาระของ ระบบลดลง โดยควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และ ทำการทดลองเพื่อเปรียบ เทียบกับการควบคุมแบบตัด-ต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยใช้ วาล์วลดความดันแบบเทอร์โมสแตติก และ การควบคุมโดยใช้อินเวอร์เตอร์ เพื่อลดรอบการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาวิธีการ ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสมในสภาวะของภาระ ต่างๆ กัน

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัฏจักรอัดไอกับวัฏจักรบาย พาสพบว่า

- งานที่คอมเพรสเซอร์ต้องทำ (W_c)

$$1'2'3'4' \quad W_c = h_2 - h_1 \quad (4)$$

พบว่า งานที่คอมเพรสเซอร์ทำในวัฏจักรบายพาสมีค่าน้อยกว่างานของวัฏ จักรปกติ

- ค่าการทำความเย็น (R.E.)

$$1'2'3'4' \quad R.E. = h_1 - h_4 \quad (5)$$

พบว่าค่าการทำความเย็นต่อหน่วยมวลในวัฏจักรบายพาสมีค่ามากกว่าวัฏ จักรปกติ

- ค่าสัมประสิทธิ์การทำความเย็น C.O.P.

$$C.O.P. = R.E. / W_c \quad (6)$$

- อัตราประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = C.O.P. \times 3.41 \quad (7)$$

จากสมการนี้ เมื่อค่า RE เพิ่มขึ้น หรือค่า W_c ลดลง จะทำให้ค่า สัมประสิทธิ์การทำความเย็นเพิ่มขึ้น เมื่อให้ขนาดของคอนเดนเซอร์เท่ากัน ทั้งสองวัฏจักร พบว่า ความสามารถในการ Subcooled ของวัฏจักรบาย พาสมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่

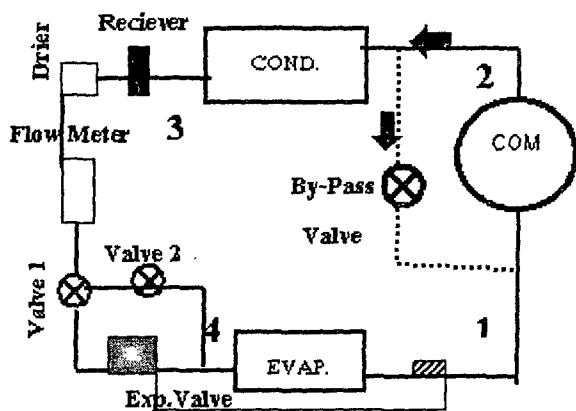
W_c คือ กำลังงานที่ใช้โดยมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ หน่วยเป็น Watt
R.E. คือ ค่าการทำความเย็น หน่วยเป็น KJ/Kg

- จุดที่ 1 คือ สภาวะที่ไอของสารทำความเย็นเข้าสู่คอมเพรสเซอร์
- จุดที่ 2 คือ สภาวะที่ไอร้อนออกจากคอมเพรสเซอร์เข้าคอนเดนเซอร์
- จุดที่ 3 คือ สภาวะที่สารทำความเย็นไหลออกจากคอนเดนเซอร์
- จุดที่ 4 คือ สภาวะที่สารทำความเย็นไหลเข้าอีวาโปเรเตอร์

3. เครื่องทำความเย็นที่ใช้ในการทดลอง

- Open Type Reciprocating Compressor 1 -1/2 hp
- Shell and Tube Condenser
- Enter Water Temp 90 °F , Leaving Water Temp 100 °F
- Shell and Coil Chiller Capacity 9000 btu/hr
- Chiller Water IN/OUT 90 /83 °F
- Chilled Water Flow 1.8 GPM.
- Needle Valve For By-Pass OD. Sizing 1/4 inch.

- Rotameter Flow Meter Range 0-2.4 Kg/min.
- Working Fluid Refrigerant HCFC 12
- Evap : 20 psig , Cond : 120 psig
- Low and High Pressure Gage
- Heater and Dimmer 3000 Watt
- Panel Watt Meter 0-3 Kw



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4. วิธีการทดลอง

4.1 ระบบปกติ (ใช้ Expansion Valve)

1. วาล์ว 2 และวาล์วบายพาสจะถูกปิด เปิดเฉพาะวาล์ว 1 เท่านั้น
2. เมื่อระบบเสถียรปรับ Exp.Valve ได้อัตราการไหลของสารทำความเย็นคงที่ค่าหนึ่ง m_1 จากนั้นลดโหลดให้ระบบ โดยลดอุณหภูมิน้ำเข้าอีวาพอเรเตอร์ เมื่อระบบเสถียร มวลสาร ความเย็นจะไหลน้อยลง จากนั้นจึงปรับ Exp. Valve ให้อัตราการไหลสารทำความเย็นกลับมาที่ m_1 รอจนเสถียรแล้วบันทึกผล
3. ลดโหลดให้กับระบบ [อุณหภูมิ น้ำ] รอจนเสถียรแล้วจึงปรับ Exp.Valve กลับมาที่ m_1 เมื่อเสถียรบันทึกค่า
4. ทำซ้ำข้อ 3 โดยลดอุณหภูมิ น้ำ
5. ทำซ้ำข้อ 2-4 แต่เปลี่ยนมวลสารความเย็นใหม่เป็น m_2 และ m_3

4.2 ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์

1. ปิดวาล์ว 1 (เพื่อตัด Exp. Valve ออกจากระบบ) เปิดเฉพาะวาล์ว 2
2. เพิ่มโหลดสูงสุดให้กับระบบใช้อินเวอร์เตอร์ ปรับความถี่ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ ที่ 50 Hz ปรับวาล์ว 2 ที่อัตราการไหลค่าหนึ่ง เมื่อระบบเสถียรบันทึกค่า
3. ลดโหลดระบบลง โดยปรับความถี่อินเวอร์เตอร์ลงตามโหลดโดยให้ความแตกต่างของอุณหภูมิด้านเข้า และออกอีวาพอเรเตอร์มีค่าความแตกต่างเท่ากันตลอดการทดลอง บันทึกค่า
4. ทำซ้ำข้อ 3 โดยลดโหลดที่ให้กับระบบ

4.3 ระบบที่ใช้วาล์วบายพาสอีวอน

1. ปิดวาล์ว 1 (เพื่อตัด Exp. Valve ออกจากระบบ) เปิดเฉพาะวาล์ว 2
2. ทำการลดโหลดให้กับระบบเมื่อระบบไม่เสถียร ให้เริ่มเปิดวาล์วบายพาสที่ละนิด โดยสังเกตอุณหภูมิผลต่างของอีวาพอเรเตอร์มีค่าเดิมตลอดการทดลองเมื่อระบบเสถียรทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความดัน และ อัตราไหลของสารทำความเย็น
3. ทำการลดโหลดให้ระบบ แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 2 จนกว่าจะได้สภาวะโหลดต่ำที่สุดโดย การลดโหลด ทำโดยปิดวาล์วน้ำร้อนที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ ให้น้ำร้อนไหลเข้าเป็นโหลดน้อยลง และ ทำโดยการปรับลด Dimmer Heater ให้มีกำลังไฟที่เป็นตัวสร้างโหลดให้อีวาพอเรเตอร์ให้ลดลง และสภาวะเสถียรดูจากสารทำความเย็นที่ Flow meter ไม่มีฟองปรากฏ

5. ผลการทดลอง

5.1 ระบบปกติ (ใช้ Expansion Valve) ; ความเร็วรอบ 755 rpm

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองของระบบปกติ

Load [°F]	Wc [Watt]	Pe [psig]	Pc [psig]	m [kg/min]
94	1030	24	120	0.80
92	950	25	120	0.75
91	910	26	120	0.73
89	850	27	120	0.70

โดยที่

- Load คือ อุณหภูมิของน้ำร้อนที่เข้าอีวาพอเรเตอร์ หน่วยเป็น [°F]
Wc คือ ค่าการใช้พลังงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยอ่านจาก Panel WattMeter มีหน่วยเป็น Watt.
Pe คือ ค่าที่อ่านจากเกจวัดความดันสารทำความเย็นที่ทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ มีหน่วยเป็น psig
Pc คือ ค่าที่อ่านจากเกจวัดความดันสารทำความเย็นที่ทางเข้าคอนเดนเซอร์ มีหน่วยเป็น psig
m คือ อัตราไหลของสารทำความเย็นที่ Flow Meter มีหน่วยเป็น kg /min

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณของระบบปกติ

Qe [Btu/hr]	Wc [Watt]	EER [Btu/hr/Watt]	R.E. [Btu/lb]
5994	1030	5.82	56.7
5575	950	5.86	56.6
5469	910	6.01	56.5
5110	850	6.01	55.7

Q_e คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น [Btu/hr]

$$Q_e = m \times R.E. \quad [\text{Btu/hr}] \quad (8)$$

5.2 ระบบอินเวอร์เตอร์

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองของระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์

Load [°F]	Wc [Watt]	Pe [psig]	Pc [psig]	m [kg/min]	rpm
95	1010	23	130	0.83	682
93	950	23.5	130	0.79	675
91	900	24	127	0.77	645
89	830	25	127	0.75	633

ตารางที่ 4 แสดงผลการคำนวณของระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์

Qe [Btu/hr]	Wc [Watt]	EER [Btu/hr/Watt]	R.E. [Btu/lb]
6433	1010	6.37	55.3
6051	950	6.50	55.1
6016	920	6.54	55.0
5486	830	6.64	54.8

5.3 ระบบบายพาสไอสารทำความเย็น

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองของระบบที่ใช้วาล์วบายพาส

Load [°F]	Wc [Watt]	Pe [psig]	Pc [psig]	m [kg/min]
96	1100	23.0	140	0.975
94	960	23.5	135	0.970
92	920	24.0	130	0.875
91	870	24.5	130	0.850

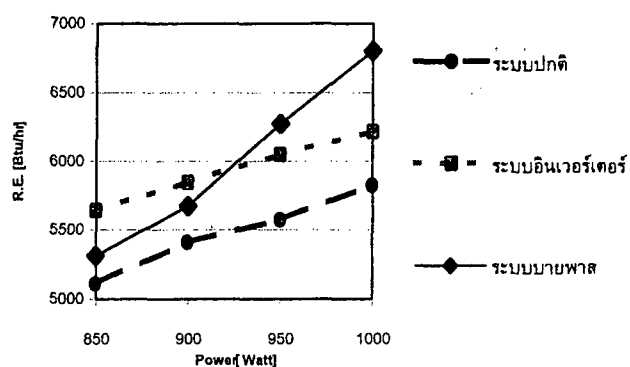
ตารางที่ 6 แสดงผลการคำนวณของระบบที่ใช้วาล์วบายพาส

Qe [Btu/hr]	Wc [Watt]	EER [Btu/hr/Watt]	R.E. [Btu/lb]
7480	1100	6.80	58.5
6192	960	6.45	58.0
5796	920	6.30	57.5
5438	870	6.25	57.0

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางแสดงผลการทดลอง นำค่าต่างๆ มาเขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

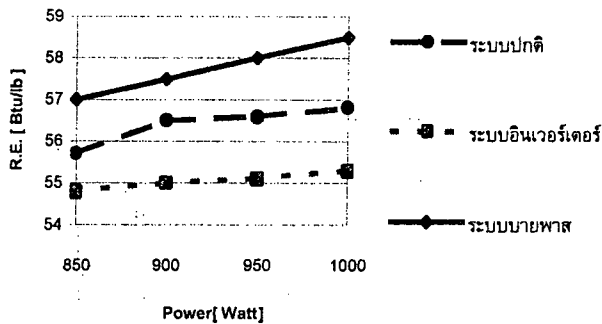
กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังงาน กับ ความสามารถในการทำความเย็น



การทำความเย็น

จากกราฟที่ 1 จะเห็นได้ว่าความสามารถในการทำความเย็น ของทุกระบบมีลักษณะเหมือนกันคือ เมื่อกำลังงานที่ใช้ลดลง ความสามารถในการทำความเย็นก็จะลดลง และพบว่าเมื่อทำการลดโหลดลงมาระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์และระบบบายพาสสามารถให้ค่าการทำความเย็นที่มากกว่าระบบที่ใช้เอ็กแปนชันวาล์ว

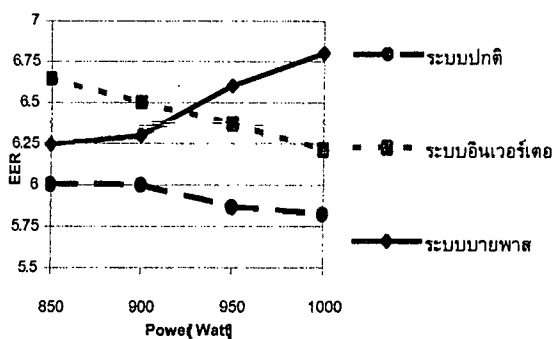
กราฟที่ได้แสดงให้เห็น ถึงการลดลงของความสามารถในการทำความเย็น (Unload Capacity) และ การใช้พลังงาน (Power) พบจุดตัดของระบบที่ทำให้อินเวอร์เตอร์ ประหยัดพลังงานมากกว่าการ Unload ระบบแบบใช้การบายพาสมีค่าอยู่ประมาณ 6,000 Btu/hr ในขณะที่ความสามารถในการทำความเย็นเต็มของชุดทดลองนี้มีค่าประมาณ 9,000 Btu/hr



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังงาน กับ ค่าการทำความเย็น

จากกราฟที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าการทำความเย็น ของทุกระบบมีลักษณะเหมือนกันคือ เมื่อกำลังงานที่ใส่ลดลง ค่าในการทำความเย็นก็จะลดลง และพบว่าเมื่อทำการลดโหลดของระบบลงมา ระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์มีค่า R.E./ m [Btu/lb] จะมีอัตราส่วนการลดลงน้อยที่สุดและระบบบายพาสจะมีค่า R.E./ m [Btu/lb] จะมีอัตราส่วนการลดลงมากที่สุด

สุด



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังงาน กับ อัตราการใช้พลังงาน

จากกราฟที่ 3 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการลดภาระของระบบลง ค่าอัตราประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EER) ของระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์และระบบการบายพาสมีค่าสูงกว่าระบบปกติที่ใช้เอ็กแปนชันวาล์ว จากกราฟถ้าแบ่งช่วงในการลดภาระของระบบออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ภาระสูง ภาระกลาง และ ภาระต่ำ จะเห็นได้ว่าระบบที่ใช้การบายพาสสามารถใช้รับได้ในช่วงภาระกลาง ถึง สูงสุด ซึ่งจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EER) ที่มากกว่าแต่เมื่อภาระของระบบลดลงต่ำกว่าภาระกลางระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์จะให้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EER) ที่สูงกว่าระบบอื่น ๆ

7. สรุป

1. จากการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำความเย็น กับ พลังงานที่ใช้ เมื่อภาระของระบบลดลง ค่าความสามารถในการทำความเย็นจะลดลง เนื่องจากระบบมีการปรับตัวให้มีอัตราการไหลของ สารทำความเย็นที่มาใช้ในการทำความเย็นลดลง

2. ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน(EER) ของระบบบายพาสเมื่อเทียบกับระบบ ปกติที่ใช้เอ็กแปนชันวาล์ว มีค่าสูงกว่าที่ กำลังงานที่เท่ากันแสดงให้เห็นถึงจุดเด่น ของระบบบายพาส

3. ในขณะที่ระบบมีการลดภาระลงต่ำๆ พบว่าระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์จะมีค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน(EER)สูงกว่า ระบบอื่นๆ แต่ก็ควรระวังในเรื่องการหล่อลื่นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของคอมเพรสเซอร์ โดยเฉพาะระบบที่ใช้การวัดสาดน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งเมื่อภาระต่ำรอบการทำงานคอมเพรสเซอร์ก็จะต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพการหล่อลื่นลดลง

4. แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EER)ของระบบที่ใช้การบายพาสจะมีค่ามากขึ้นเมื่อภาระของระบบสูงขึ้น

5. ระบบที่ใช้การบายพาสจะให้การประหยัดพลังงานเช่นเดียวกับระบบที่ใช้อินเวอร์เตอร์ แต่สามารถใช้ปรับลดได้ช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบ และเหมาะกับการปรับตัวลดลงของภาระในระยะเวลานึง เท่านั้นเนื่องจากจะทำให้เกิดความร้อนสะสมในคอมเพรสเซอร์ แต่ระบบบายพาสจะมีจุดเด่นก็คือ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ เช่นเดียวกับอินเวอร์เตอร์สามารถลดจำนวนครั้งในการตัด-ต่อคอมเพรสเซอร์ ทำให้ควบคุมการเกิด Demand Charge ของการคิดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นจุดด้อยของระบบปกติ อีกทั้งยังไม่พบปัญหาในการหล่อลื่นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของคอมเพรสเซอร์อีกด้วย

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดีเสมอมา ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ทุนในการทำวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่และ เพื่อนๆ นักศึกษา สำหรับคำแนะนำ จนผลงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. หนังสืออ้างอิง

- [1] อัครเดช สินธุภักดิ์, " การทำความเย็น ", ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] อัครเดช สินธุภักดิ์, " การปรับอากาศ ", ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] Richard C. Jordan and Gayle B. Priestler " Refrigeration and Air Conditioning " Prentice-Hall of India Private Limited New Delhi, 1973.

- [4] Carrier , 1965 " Handbook of Air Conditioning System Design
" McGraw-Hill Book Company ,NewYork.
- [5] Norman C. Harris , 1983 , " Modern Air Conditioning Practice
" McGraw-Hill International Book Company.
- [6] William H. Severn and Julian R. Fellows, 1958 , " Air
Conditioning and Refrigeration " John Wiley and Sons Inc.,
NewYork and London