

การพัฒนาเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว โดยใช้สารทำงานลิเทียมโบรไมด์-น้ำ

Development of a prototype apparatus of single-stage absorption refrigeration system using lithium bromide/water as working fluid

ปราโมทย์ สิงห์ทอง¹ และกนต์ธร ชำนิประศาสน์²

Pramote Singthong¹ and Kontorn Chamniprasart²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 0-84167-1602 โทรสาร 0-4422-4613 E-mail: Pramote125@hotmail.com

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 0-4422-4413 โทรสาร 0-4422-4613 E-mail: Kontorn@sut.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ได้เสนอผลการศึกษาระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว ที่ทำการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมา โดยผลการทดลองขั้นต้น จะใช้สารทำงานคือ ลิเทียมโบรไมด์และน้ำ ที่อุณหภูมิแยกสารทำความเย็นใช้ความเข้มข้นของสารละลายลิเทียมโบรไมด์ 20 % LiBr และอุณหภูมิของสารละลายที่อุณหภูมิแยกสารทำความเย็นเท่ากับ 95 °C จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 และอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับอุณหภูมิที่ระเหยมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบ

Abstract

. This research paper presents a result of a study of the single effect absorption refrigeration system. An absorption refrigeration machine is the first prototype using water as refrigerant and lithium-bromide as absorbent. A condition is using strong solution of 20 % LiBr and temperature at generator is 95 °C. The experiment indicates the average Coefficient of Performance (COP) is at 0.55. From the primary study of the absorption refrigeration machine temperature exit at generator and evaporator has effect for COP

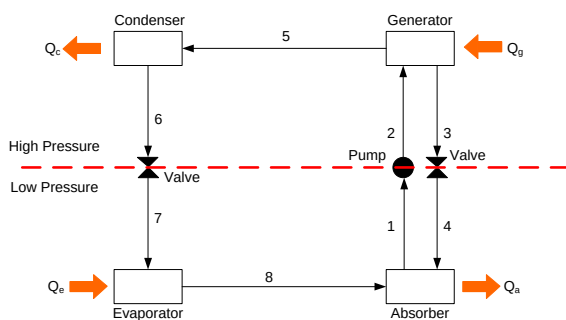
1. คำนำ

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน จะเป็นคำตอบสำหรับวิกฤตการณ์ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน เนื่องจากว่าระบบทำความเย็นประเภทนี้สามารถนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการในอุตสาหกรรมมาใช้ในการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน และสารทำความเย็นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ น้ำ ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ทว่าระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนในการลงทุนเริ่มต้นมีค่าการลงทุนที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ จึงทำให้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนไม่ได้รับความนิยมที่แพร่หลาย แต่หากมองถึงอนาคตในระยะยาวระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนก็ดูน่าสนใจอย่างยิ่ง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการวิจัยและพัฒนากระบวนการระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนกันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และลดค่าการลงทุนเพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกิดการลงทุนในระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

ในบทความนี้จะนำเสนอ การออกแบบและสร้างเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว รวมถึงผลการทดสอบเบื้องต้น โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าเครื่องมือทดลองต้นแบบที่มีราคาประหยัด และสามารถทำงานได้จริง เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อใช้ในการศึกษาการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว เพื่อให้

เห็นการทำงานจริงเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจยิ่งขึ้น นอกเหนือจากการศึกษาเชิงทฤษฎี

ซึ่งระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว จะทำการทดสอบโดยใช้อุณหภูมิที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น 95 °C ความเข้มข้นของสารละลายเข้มข้นเท่ากับ 20 % LiBr และความเข้มข้นของสารละลายเจือจางเท่ากับ 15 % LiBr จากรูปที่ 1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว



รูปที่ 1 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว

2. ส่วนประกอบหลักของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ

- อุปกรณ์ดูดกลืน (Absorber) เป็นอุปกรณ์ซึ่งจะบรรจุสารดูดกลืน เพื่อทำการดูดกลืนไอของสารทำความเย็น ซึ่งในกรณีนี้สารทำความเย็น คือ น้ำ และสารดูดกลืน คือ สารละลายลิเทียมโบรไมด์ และในกระบวนการดูดกลืนนั้น จะมีการคายความร้อนออกมา เพื่อทำให้อัตราการดูดกลืนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการใช้น้ำหล่อเย็นไหลภายในท่อ เพื่อทำการดึงความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม

- อุปกรณ์ทำระเหย (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่บรรจุน้ำบริสุทธิ์ ที่ถือได้ว่าเป็นสารทำความเย็นของระบบ

- อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น (Generator) เป็นอุปกรณ์ที่สารละลายลิเทียมโบรไมด์ในอุปกรณ์ดูดกลืนที่เจือจางเนื่องจากดูดกลืนไอน้ำไว้ สารละลายลิเทียมโบรไมด์จะถูกปั๊มมายังอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นเพื่อรับความร้อน ทำให้น้ำระเหยออกมา สารละลายลิเทียมโบรไมด์จะมีความเข้มข้นสูงอีกครั้ง จากนั้นสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่มีความเข้มข้นสูงจะถูกส่งกลับไปยังอุปกรณ์ดูดกลืน

- อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ระบายความร้อนของน้ำทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นของเหลว จากนั้นไหลกลับไปยังอุปกรณ์ทำระเหย

3. หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซับ

- น้ำในสถานะของเหลวจากอุปกรณ์ควบแน่นไหลไปยังอุปกรณ์ทำระเหยเพื่อรับความร้อนจากการทำความเย็น เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอน้ำ จะไหลไปยังอุปกรณ์ดูดกลืน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความดันที่อุปกรณ์ทำระเหยจะมีค่าประมาณ 0.009 atm ซึ่งน้ำจะเกิดการเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 5 °C

- ไอน้ำจากอุปกรณ์ทำระเหยจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์ดูดกลืน ซึ่งมีสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่มีความเข้มข้นสูงไหลหมุนเวียนอยู่ สารละลายลิเทียมโบรไมด์จะดูดกลืนไอน้ำไว้ทำให้มีความเข้มข้นลดลง จากนั้นสารละลายลิเทียมโบรไมด์จะถูกปั๊มไปยังอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น

- สารละลายลิเทียมโบรไมด์เจือจางจากอุปกรณ์ดูดกลืนไหลเข้าสู่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็นเพื่อรับความร้อนทำให้น้ำในสารละลาย ลิเทียมโบรไมด์ระเหยกลายเป็นไอน้ำไหลไปยังอุปกรณ์ควบแน่น ส่วนสารละลายลิเทียมโบรไมด์เมื่อน้ำระเหยออกไปทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้น จะไหลกลับมายังอุปกรณ์ดูดกลืนเพื่อดูดกลืนไอน้ำอีกครั้ง

- ไอน้ำจากอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นจะระบายความร้อนที่อุปกรณ์ควบแน่น เมื่อระบายความร้อนออก ไอน้ำจะกลายเป็นของเหลวไปยังอุปกรณ์ทำระเหยเพื่อรับความร้อนอีกครั้ง การทำงานจะหมุนเวียนเป็นวัฏจักรดังกล่าวจนได้ความเย็นที่ต้องการ

4. สมการทางอุณหพลศาสตร์พื้นฐานของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

จากรูปที่ 1 สามารถทำการเขียนสมการทางอุณหพลศาสตร์พื้นฐานเมื่อพิจารณาสภาพการไหลคงตัวจะมีสมการดังนี้ [1]

สมการสมดุลมวล

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_4 + \dot{m}_8 \quad (1)$$

และ

$$X_1 \dot{m}_1 = X_4 \dot{m}_4 \quad (2)$$

สมดุลพลังงานที่อุปกรณ์ดูดกลืน

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_1 h_1 \quad (3)$$

สมดุลพลังงานที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_2 h_2 \quad (4)$$

สมดุลพลังงานที่อุปกรณ์ควบแน่น

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_6 h_6 - \dot{m}_5 h_5 \quad (5)$$

สมดุลพลังงานที่อุปกรณ์ทำระเหย

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_7 h_7 \quad (6)$$

สมการบีบแบบไอเซนโทรปิก งานที่น้อยที่สุดที่ให้กับปั๊ม

$$w = \dot{m}_1 v_1 (p_2 - p_1) \quad (7)$$

สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g} \quad (8)$$

โดยหมายเลข จะแสดงค่าที่ตำแหน่งตามรูปที่ 1

เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลโดยมวล ($\text{kg}_{\text{sol}}/\text{s}$)

X คือ อัตราส่วนความเข้มข้น ($\text{kg}_{\text{LiBr}}/\text{kg}_{\text{sol}}$)

h คือ เอนทัลปี (kJ/kg)

p คือ ความดัน (Pa)

v คือ ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)

w คือ งาน (W)

$\dot{Q}$ คือ พลังงานความร้อน (W)

COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

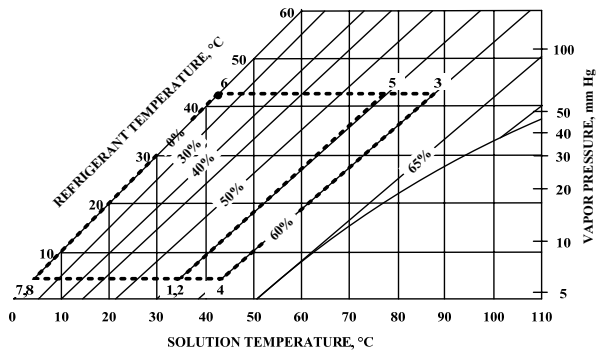
การออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ได้กำหนดสมมติฐานการออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนเบื้องต้น ดังตารางที่ 1 และทำการคำนวณค่าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งสรุปค่าการคำนวณในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมมติฐานการออกแบบเบื้องต้นระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

ค่าตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่าที่กำหนด
ภาระการทำความเย็น	$\dot{Q}_e$	1 kW
อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์ทำระเหย	T_8	6°C
อุณหภูมิของสารละลายที่ออกจากอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น	T_3	90°C
ค่าอัตราส่วนโดยมวลของสารละลายเจือจาง	X_1	55 % LiBr
ค่าอัตราส่วนโดยมวลของสารละลายเข้มข้น	X_3	60 % LiBr
อุณหภูมิไอของสารทำความเย็นที่ออกจากอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น	T_5	85°C

ตารางที่ 2 สรุปค่าที่ได้จากการออกแบบเบื้องต้น

ตำแหน่ง	h (kJ/kg)	$\dot{m}$ (kg/s)	p (kPa)	T (°C)	X (% LiBr)
1	93	0.00516	0.93	39.17	55
2	93	0.00516	9.6	39.17	55
3	221.667	0.00473	9.6	90	60
4	221.667	0.00473	0.93	46	60
5	2627.25	0.00043	9.6	85	0
6	188.67	0.00043	9.6	44.93	0
7	188.67	0.00043	0.93	6	0
8	2511.62	0.00043	0.93	6	0



รูปที่ 2 สภาวะการออกแบบพล็อตบน Dühring Chart [2]

5. วิธีดำเนินการทดลอง

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว ได้ทำการจัดสร้างขึ้นซึ่งแสดงดังรูปที่ 3

1. ปิดวาล์วต่างๆ เพื่อแยกด้านความดันสูงออกจากด้านความดันต่ำ นำปั๊มสุญญากาศมาต่อเข้ากับวาล์วบริการ เปิดปั๊มสุญญากาศให้ทำงานประมาณ 10-15 นาที ซึ่งสามารถทำความดันด้านความดันต่ำได้เท่ากับ 5.34 kPa ส่วนค่าความดันที่ความดันสูงที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 72 kPa

2. เนื่องจากที่ด้านความดันต่ำเท่ากับ 5.34 kPa ที่อุปกรณ์ทำระเหยน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 33.88 °C [3] ในการทำการทดลองได้ทำการจัดสร้างหม้อต้มน้ำเพื่อเป็นภาระความร้อนให้กับอุปกรณ์ทำระเหย ดังรูปที่ 3 โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิทำการตัดต่อการทำงานของแท่งความร้อน ซึ่งทำการตั้งค่าอุณหภูมิภายในหม้อต้มเท่ากับ 70 °C เนื่องจากเกิดความร้อนสูญเสียพลังงานไประหว่างท่อที่จ่ายน้ำที่เป็นภาระความร้อน จึงทำให้ภาระความร้อนที่ทำได้อ่อนเข้าอุปกรณ์ทำระเหยได้ อุณหภูมิเท่ากับ 41 °C

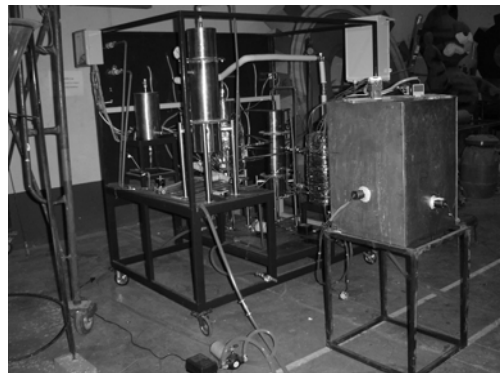
3. เปิดแท่งความร้อนที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น โดยตั้งอุณหภูมิที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ 95 °C ซึ่งใช้ความดันที่ด้านความดันสูงเท่ากับ 72 kPa

4. หลังจากสารละลายภายในอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นมีอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ ให้ทำการเปิดน้ำหล่อเย็น เพื่อทำการรักษาความดันที่ด้านความดันสูงให้คงที่

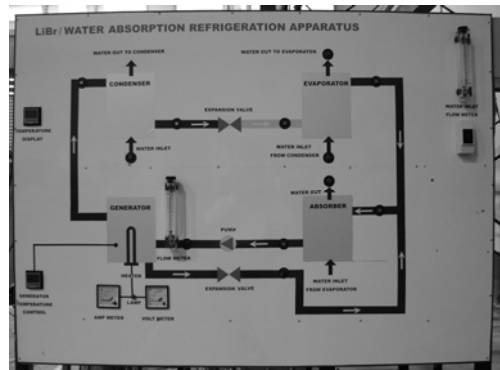
5. เปิดปั๊มน้ำร้อนดูดน้ำร้อนจากหม้อต้ม เพื่อเป็นภาระความร้อนแก่อุปกรณ์ทำระเหย

6. เปิดปั๊มให้สารละลายภายในระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน เปิดวาล์วต่างๆ ของระบบทั้งหมด

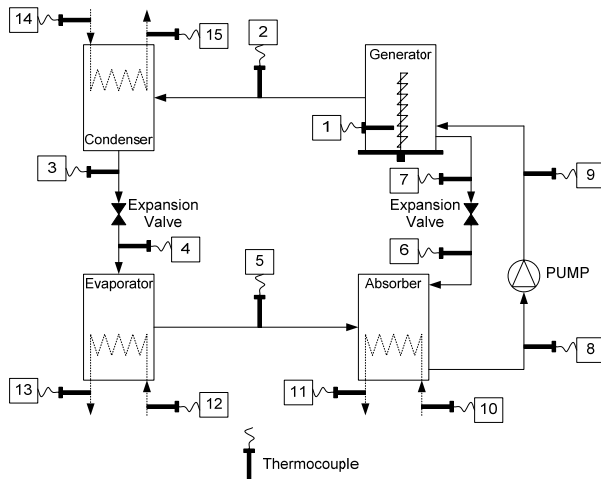
7. ปล่อยให้ระบบทำงานไปประมาณ 30 นาที แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง โดยอ่านค่าจากเครื่องมือวัดที่ติดตั้งไว้ด้านหน้าเครื่องมือทดลอง ดังรูปที่ 4 และตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ที่ทำการติดตั้งในระบบ แสดงให้เห็นในรูปที่ 5 ซึ่งทำการทดลอง 3 การทดลอง



รูปที่ 3 เครื่องมือทดลองระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน



รูปที่ 4 ด้านหน้าเครื่องมือทดลองระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงการติดตั้งตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

6. ผลการทดลอง

ตารางที่ 3 สภาวะที่ใช้ในการทดลอง

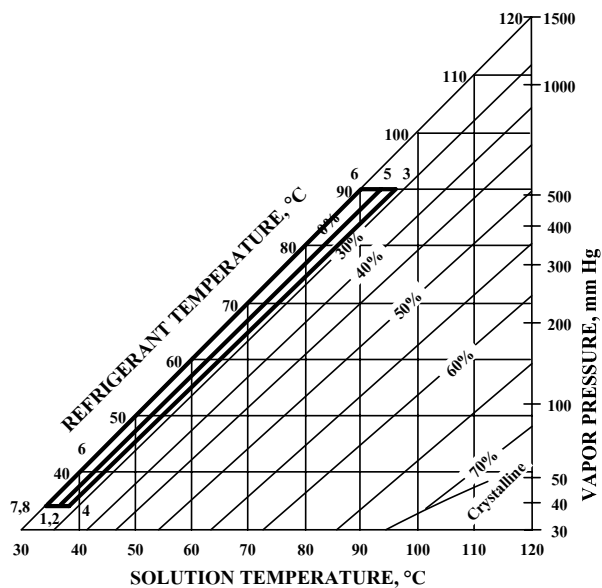
ข้อกำหนด	ค่าที่กำหนด
ความดันของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ด้านความดันสูง	72 kPa
ความดันของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ด้านความดันต่ำ	5.34 kPa
อุณหภูมิที่อุปกรณ์แยกสารทำความเย็น	95 °C
อุณหภูมิภาระความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์ทำระเหย	41 °C
อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น	29 °C
ความเข้มข้นของสารละลายเข้มข้น	20 % LiBr
ความเข้มข้นของสารละลายเจือจาง	15 % LiBr

ตารางที่ 4 ผลการทดลอง

ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ	อุณหภูมิ (°C)		
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
1	95	95	97
2	92	93	93
3	34	35	35
4	31	32	32
5	40	41	41
6	46	50	50
7	95	95	97
8	33	35	35
9	32	34	34
10	31	31	31
11	31	31	31
12	41	41	41
13	37	39	38
14	31	31	31
15	31	31	31

ตารางที่ 5 ค่าพลังงานความร้อนที่อุปกรณ์ต่าง ๆ

อุปกรณ์	ค่าพลังงานความร้อน		
	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
Generator	3.24 kW	3.33 kW	3.33 kW
Condenser	1.89 kW	1.89 kW	1.89 kW
Evaporator	1.82 kW	1.83 kW	1.83 kW
Absorber	0.68 kW	0.70 kW	0.70 kW
COP	0.56	0.55	0.55

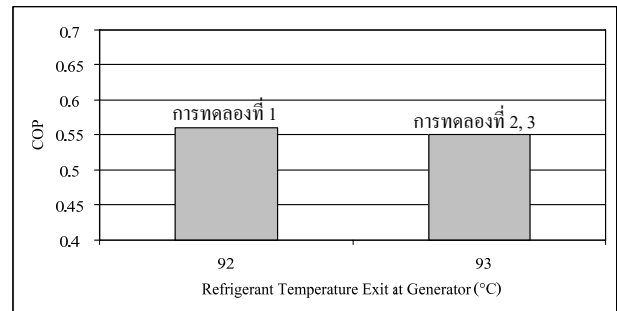


รูปที่ 6 สภาวะการทดสอบพลีคอปบน Dühring Chart [4]

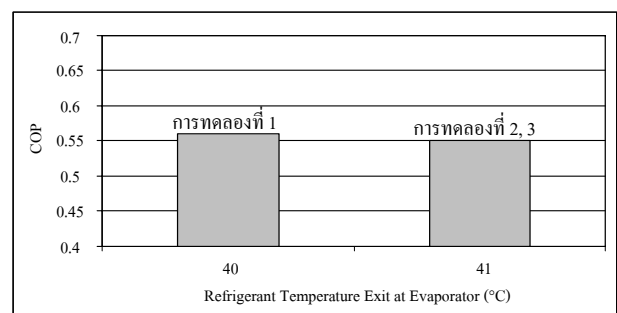
7. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองทั้ง 3 การทดลอง พบว่าอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นสูงขึ้นจะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ดังรูปที่ 7 และอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ทางออกของอุปกรณ์ที่ระเหย เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ก็ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นทำให้มีค่าลดลง ดังรูปที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ว่าหากอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นและที่ทางออกของอุปกรณ์ที่ระเหยจะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับทั้งสองอุปกรณ์สูงขึ้นตามมาด้วย ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนลดลง เมื่ออุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น และอุปกรณ์ที่ระเหยสูงขึ้น เนื่องมาจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น เป็นอัตราส่วนระหว่างพลังงานความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์ที่ระเหยต่อพลังงานความร้อนที่ให้กับอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น แต่จากผลการทดลองที่ได้พบว่าการทดลองที่ 2 และ 3 อุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับอุปกรณ์ที่ระเหยต่างเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ให้แก่อุปกรณ์

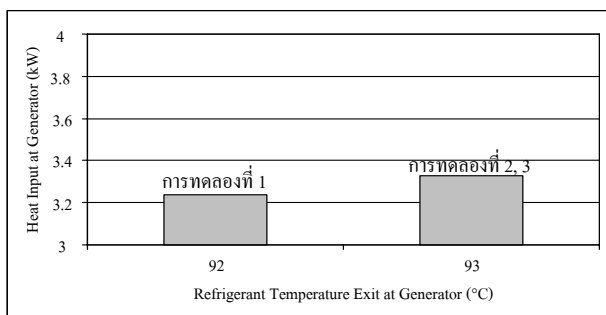
การณ้สูงขึ้น จึงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นลดลง แต่ถ้าหากต้องการให้ความสัมพันธ์สมรรถนะการทำความเย็นมีค่าสูงขึ้น ทำได้โดยลดอุณหภูมิที่ทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็น โดยทำการลดความดันที่อุปกรณ์นี้ จะส่งผลให้พลังงานความร้อนที่ใช้ในการแยกสารทำความเย็นออกจากสารดูดกลืนลดลง



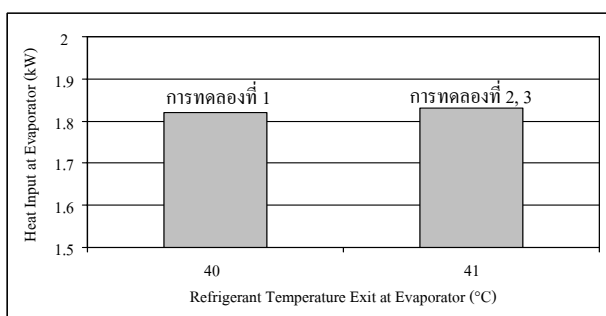
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ Generator กับค่า COP



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ Evaporator กับค่า COP



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ Generator กับค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับ Generator



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออกของ Evaporator กับค่าพลังงานความร้อนที่ให้กับ Evaporator

8. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน พบว่าค่าอุณหภูมิทางออกของอุปกรณ์แยกสารทำความเย็นกับอุปกรณ์ดูดซับมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบขั้นตอนเดียว

แต่ถึงอย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่อุปกรณ์ทำระเหยมีค่าที่สูงเกินกว่าที่จะนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ ผู้วิจัยจะต้องการวิจัยและพัฒนาให้เครื่องมือทดลองต้นแบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน แบบขั้นตอนเดียว นี้สามารถนำไปใช้ได้จริงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยงบประมาณสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Florides, G.A., Kalogirou, S.A., Tassou, S.A. and Wrobel, L.C., "Design and Construction of a LiBr-water absorption machine" Energy conversion and Management, Vol. 44, 2003, pp. 2483-2508.
- [2] Herold, K.E., Radermacher, R. and Klein, S.A., "Absorption chiller and Heat pump" CRC Press, 1996, Florida.
- [3] Çengel, Y.A. and Boles, M.A., "Thermodynamics: an engineering approach" McGraw-Hill, 2006, New York.