

ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ปริญญานิพนธ์
ของ
ณรินทร์ ลัทธยาพร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2546
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

333.7423

ณ 252๓

ร.๓

ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

บทคัดย่อ

ของ

ณรินทร์ ลัทธิยาพร

27 ต.ค. 2546

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2546

๒ ๒๒๖๗๗๓

จ.๓

ณรินทร์ ลัทธิยาพร. (2546). **ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ**. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร. อุวิทย์ สุคันทรกุล, อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ และหาสมรรถนะในด้านความสามารถการทำน้ำเย็น ด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัย

การทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ ที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบของอุปกรณ์ดังนี้ คือ

เครื่องผลิต คอนเดนเซอร์ ส่วนแยกก๊าซและของเหลว เครื่องระเหย เครื่องดูดกลืน และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยวางเกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะ คือ ด้านความสามารถการทำน้ำเย็น ด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัย

จากการศึกษา ได้สมรรถนะ ด้านความสามารถการทำน้ำเย็น ได้ค่าเฉลี่ย 23.69 องศาเซลเซียส

การประเมินสมรรถนะของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ใน 2 ด้าน คือ ด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัย ผลปรากฏว่า ด้านกายภาพอยู่ในระดับพอใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.52 และด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.08

A STUDY OF WETER COOLING USING SOLAR ENERGY BASED ON CONTINUOUS
ABSORBTION REFRIGERATING SYSTEM WITH LITHIUM CHOLRIDE-WATER.

AN ABSTRACT
BY
NARIN LATAYAPORN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2003

Narin Latayaporn. (2003). ***A study of water cooling using solar energy based on continuous absorbtion refrigerating system with Lithium Cholride-Water.*** Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok :Graduate School, Srinakharinwarot University. Advisor Committee: Dr. Upavit Suvakantakul, Mr. Opat Sukwan.

A study on water cooling using solar energy based on a continuous absorbtion refrigerating system, adding Lithium Cholride-Water ; the capabilities criterion works out. By the temperature showing good impact on both physical appearance and safety ability.

The process for such a study on water cooling using solar energy has been prepared by using : solar energy collector, condenser, separator, evaporator, absorber and heat-exchanger that works out by and indicates capabilities criterion temperature. The outcome is a satisfactory one based on the result of water cooling and safety basis.

Upon completion of such a study, the capabilities criterion shows the result is based at 23.69 C.

In addition, 3 experts have given their estimation on 2 points which is as follows : Physical ability is fair at the average of 3.52 and safety ability is good at the average of 4.08 .

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ของ

นายณรินทร์ ลัทธิยาพร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.อุทัย สุวคันธกุล)
..... กรรมการ
(อาจารย์โสภา สุขหวาน)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่ท่านกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ แก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งยังประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้เพิ่มเติม พร้อมทั้งกำลังใจมาโดยตลอด ในขณะช่วงที่ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงตลอดไป

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ละเอียต รัชเญ์เผ่า อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร และ อาจารย์รุจพงศ์ ฉลานวัฒน์ ที่ท่านให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบ สมรรถนะต่อ การศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ และให้ข้อคิด ข้อเสนอแนะในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์บริบูรณ์ เขียมโชติรัตน์ จากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน อาจารย์ สมเกียรติ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา จากวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา และอาจารย์นเรศ สว่างจันทร์ จาก วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี ที่ท่านให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ ประเมินสมรรถนะ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้การศึกษาระบบทำน้ำเย็นมีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คณะครู-อาจารย์แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ที่ได้ช่วยเหลือการทดลองจนสามารถประสบผลสำเร็จ และอาจารย์ท่านอื่นๆที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทุกท่าน ที่ แนะนำ ช่วยเหลือ และให้กำลังใจกับผู้วิจัยตลอดเวลา

ขอกราบขอบพระคุณ สมาชิกของสมาคมสร้างคุณค่าในประเทศไทย ที่ไม่ได้เอ่ยนามอีกหลายๆ ท่าน ที่ช่วยเหลือในทุกๆด้าน เป็นทั้งกำลังใจ สนับสนุน และสอนเทคนิคการสร้าง รวมทั้งให้ยืมเครื่องมือและ อุปกรณ์ และอื่นๆอีกมากมายให้กับผู้วิจัยตลอดเวลาในการศึกษา

ท้ายที่สุดแล้วผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องทุกคน และภรรยา ที่ให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัย ครู-อาจารย์อันเป็นที่เคารพรักสูงสุด ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และให้กำลังใจสนับสนุนการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ถึงแม้ว่าพระคุณนั้นจะเปรียบมิได้ก็ตาม

ณรินทร์ ลัทธิยาพร

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
	ความสำคัญของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
	สมมุติฐานการวิจัย	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบทำความเย็น.....	5
	การทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง.....	10
	การออกแบบระบบการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ.....	16
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
3	วิธีดำเนินการวิจัย	26
	การออกแบบเครื่องและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ	26
	ตัวแปรที่จะศึกษา	31
	เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	31
	ลำดับขั้นตอนในการวิจัย	32
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	33
	แผนการดำเนินการวิจัย	34
	การวิเคราะห์ข้อมูล	35
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	40
	จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	40
	ความสำคัญของการวิจัย	40
	สมมุติฐานการวิจัย	40
	การดำเนินการวิจัย	40
	อภิปรายผล	41
	ข้อเสนอแนะ	42
	บรรณานุกรม	44

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	47
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	94

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	เปรียบเทียบระหว่างสารคู่ ลิเทียมคลอไรด์ - น้ำ และ ลิเทียมโบรไมด์ - น้ำ.....	12
2	ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลอง.....	33
3	ตารางแสดงแผนการดำเนินงานวิจัย.....	34
4	บันทึกผลการทดลองเพื่อหาสมรรถนะความสามารถการทำควมเย็น	37
5	รายละเอียดสมรรถนะ ด้านกายภาพและด้านความปลอดภัย ของระบบทำน้ำเย็นจากพลังงาน แสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ.....	38
6	แสดงผลการประเมินสมรรถนะระบบทำน้ำเย็น.....	39
7	การจัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ที่มีต่อสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็น.....	39
8	ตารางวิเคราะห์สมรรถนะด้านกายภาพและด้านความปลอดภัย	80
9	บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประจำวันี่ 2 มี.ค. 2546	81
10	บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประจำวันี่ 3 มี.ค. 2546	82
11	บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประจำวันี่ 4 มี.ค. 2546	83
12	บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประจำวันี่ 5 มี.ค. 2546	84
13	บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประจำวันี่ 6 มี.ค. 2546	85
14	ตารางแสดงการสรุปจำนวนและราคาของอุปกรณ์	93

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของตู้เย็นและตู้ทำน้ำเย็น	7
3 คอนเดนเซอร์ของตู้เย็นและตู้เย็น	8
4 ท่อแคพิลลารี.....	8
5 แอ็กส์เพนชันวาล์ว	8
6 ดรายเออร์ฟิลเตอร์.....	9
7 แอ็กคิวมูเลเตอร์	9
8 กระจกมองน้ำยา.....	9
9 แสดงขั้นตอนการผลิตสารทำความเย็น.....	12
10 แสดงขั้นตอนการทำความเย็น	13
11 วัฏจักรการทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง.....	14
12 เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนชั้นเดียว.....	14
13 เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้น.....	15
14 แสดงวงจรการทำงานของสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่าง ต่อเนื่อง.....	16
15 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวบรวมรังสีลักษณะต่างๆ	18
16 เครื่องระเหยของตู้เย็น	19
17 โครงสร้างของเครื่องควบแน่น.....	20
18 โครงสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ	20
19 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนต่อเนื่องที่ใช้ลิเทียมคลอไรด์และน้ำไม่อาศัยปั๊ม	22
20 รูปแสดงค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ.....	22
21 ภาพโครงสร้างระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ.....	26
22 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	28
24 ส่วนต้มเดือดของเครื่องผลิต	28
25 โครงสร้างภาพระบบทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง	84

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การทำความเย็นและการปรับอากาศ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญส่วนหนึ่ง สำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือน เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็ว เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงพยาบาล ใช้สำหรับปรับอากาศเพื่อความสบายของผู้คน นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศในรถยนต์และรถโดยสารปรับอากาศ ก็จะช่วยให้การเดินทางของคนมีความสบายมากขึ้น เพราะไม่ต้องหงุดหงิด อารมณ์เสียในขณะที่รถติดและอากาศร้อนจัด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนให้สูงขึ้น แม้กระทั่งมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม หลายๆ ประเภท เช่น ในโรงงานทอผ้า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น จะมีผลต่อคุณภาพของเส้นด้ายที่นำมาทอผ้า ในโรงงานผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้อย่างดีแล้ว การควบคุมความสะอาดของอากาศยังเป็นที่สำคัญมากด้วยเช่นกัน

ในสมัยโบราณมนุษย์รู้จักการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็ว โดยการนำอาหารไปแช่น้ำ หรือหมกกับหิมะไว้ตามธรรมชาติ วิธีการนี้ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบที่มีอากาศหนาวเย็น จนกระทั่ง พ.ศ. 2343 เริ่มมีการตัดน้ำแข็งจากแม่น้ำลำธาร เก็บไว้ในห้องที่อุณหภูมิและความชื้นเพื่อทำความเย็นจากน้ำแข็งมาใช้ในประเทศที่มีอากาศร้อน ในช่วงเวลานั้นแม้แต่ชาวต่างประเทศที่มาอาศัยอยู่ในประเทศแถบเอเชีย ก็นำวิธีนี้มาใช้กันในสมัยนั้น (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 13)

และในระยะต่อมาก็ได้มีการคิดค้นระบบทำความเย็นขึ้น ในระบบต่างๆ เช่น ระบบอัดไอ ระบบแอมโซรปชั่น ฯลฯ จนกระทั่งสามารถผลิตตู้เย็น เครื่องปรับอากาศสำหรับที่อยู่อาศัย เครื่องปรับอากาศในรถยนต์ และเครื่องทำความเย็นชนิดต่างๆ ก็ผลิตมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในรูปแบบต่างๆ ก็เริ่มทยอยผลิตออกมาอำนวยความสะดวกมากขึ้น

เครื่องทำความเย็น ตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้ระบบความดันไอ ซึ่งเป็นระบบที่มีขีดความสามารถในการทำความเย็นได้ด้วยอุณหภูมิต่ำ แต่ระบบนี้ก็ต้องใช้เครื่องอัดไอ เพื่ออัดไอสารทำความเย็นที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก และสารทำความเย็นในระบบนี้ ส่วนมากจะใช้ฟรอนที่เป็น สารฟลูออรีเนทไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นสารที่ทำลายชั้นโอโซนที่เป็นชั้นบรรยากาศของโลก ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อบรรยากาศ อันจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ การทำความเย็นสำหรับงานบางชนิด เช่น งานปรับอากาศในอาคาร หรือการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุณหภูมิการทำงานต่ำมาก เหตุนี้จึงหลีกเลี่ยงการทำความเย็นด้วยวิธีอัดไอ ไปเป็นวิธีอื่นได้ (ชล้า คำสอน. 2538 : 1-2) ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ช่วยลดการใช้ไฟฟ้าจึงส่งผลให้ช่วยลดการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นการชะลอต่อการสร้างโรงไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น ลดการเผาผลาญเชื้อเพลิงที่จะมีจำนวนมากขึ้นด้วย การสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติก็จะถูกใช้อย่างน้อยลง ดังนั้น โครงการที่ติดตั้งเครื่องอัดไอสำหรับระบบความเย็น ก็จะลดการใช้ไฟฟ้าอย่างมากได้ เพราะระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่ใช้อยู่ส่วนใหญ่ ก็เป็นระบบทำความเย็นด้วยการปรับอากาศ จึงไม่น่าสงสัยเลยว่าทำไมการไฟฟ้าจึงต้องเร่งสร้างโรงไฟฟ้า จนมีปัญหา เช่น ที่แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ปัญหาจากการเผาถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า, เรืองเขื่อน ปัญหาที่ต้องใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง และโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (เกษาริระโกเมน. 2543 : 137-138)

ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศ ในระยะหลังเริ่มมีความสนใจต่อการเปลี่ยนรูปพลังงานโดยตรง

มากขึ้น จึงเกิดการพัฒนาระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (absorption) ซึ่งเป็นระบบที่ทำงานด้วยพลังงานความร้อน และเป็นหลักการที่มีอยู่เดิมกันมากขึ้นอีกครั้ง (สรวิรัตน์ หงส์ประภัสร์, 2543 : 180) ถึงแม้ว่าระบบนี้ยังมีข้อจำกัดในการทำงาน และมีประสิทธิภาพต่ำกว่าระบบอัดไออยู่ก็ตาม แต่ถ้าในด้านพลังงานที่ใช้โดยตรงแล้ว ระบบนี้ยังก็มีข้อได้เปรียบอยู่ เช่น พลังงานความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เหลือใช้ เช่น ความร้อนจากไอเสีย ของโรงงานอุตสาหกรรม แม้กระทั่งหน่วยพยาบาลสนามขององค์การนาซาชาติแห่งหนึ่งในทวีปแอฟริกา ได้ใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน เพื่อใช้ในการปรับอากาศ สำหรับการผ่าตัดระยะสั้นในพื้นที่ที่ห่างไกล และมีอากาศร้อนชื้น หรือหลายเมืองในพื้นที่ทะเลทรายของสหรัฐอเมริกาพลังงานแทบทั้งหมดก็ได้นำมาใช้ในระบบดูดกลืนนี้ แทนที่จะรับพลังงานเชื้อเพลิงโดยตรง แต่ระบบอัดไอ จำเป็นต้องแปรรูปพลังงานจากเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกล จากพลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าอีก เพื่อนำมาขับเคลื่อนระบบอัดไอ รูปพลังงานนี้จะสูญเสียถึงร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาโดยรวม และนอกจากนี้ระบบดูดกลืนยังมีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ที่ต้องการบำรุงรักษาน้อยกว่าด้วย (สรวิรัตน์ หงส์ประภัสร์, 2543 : 181)

ดังนั้นผู้วิจัย จึงพยายามศึกษาว่า ถ้าเราสามารถนำระบบทำความเย็นดูดกลืนนี้ มาใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิงในการทำความเย็น ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดพลังงานไฟฟ้า กอปรกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทยเอง มีที่ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร จึงทำให้อากาศมีลักษณะร้อนชื้น ซึ่งจะสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี และเป็นพลังงานตรง โดยที่ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องแปรรูปพลังงานจากเชื้อเพลิงเป็นพลังงานกล และจากพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้าอีก และนอกจากนี้ ผลงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานนั้น จากหลายผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าระบบของแสงอาทิตย์นั้นจะสามารถให้ความร้อนอยู่ในระหว่าง $70 - 85^{\circ}\text{C}$ หรือมากกว่า ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่า ระบบทำความเย็นที่ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษา ก็คือ ระบบทำน้ำเย็น ซึ่งเมื่อพิจารณาของการทำงานสำหรับ ระบบตู้เย็นนั้น จำเป็นที่ต้องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลา ในการทำความเย็น และจะไม่มีเครื่องดึงปลั๊กออกจนกว่าเครื่องจะชำรุดเพื่อนำไปซ่อมแซม หรือช่วงที่ทำความสะอาดตู้ แต่ช่วงเวลาอื่นทั้งหมดจะเสียปลั๊ก เพื่อทำความเย็นสูญเสียกระแสไฟฟ้าในการทำความเย็นตลอดเวลา นั้น และกว่าที่จะมีคนมาเติมน้ำก็จะเป็นเพียงช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น เมื่อพิจารณาจากการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าก็จะสิ้นเปลืองมาก ถึงแม้ว่าน้ำเย็นในตู้จะมีฉนวนเก็บความเย็นอยู่ก็ตาม แต่ก็ยังมีช่องทางที่ตู้จำเป็นต้องสูญเสียความเย็น และเครื่องอัดไอก็จะทำงานเพื่อให้ความเย็นคงที่ จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัย จึงคิดว่า แนวทางการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อลดการสูญเสียการใช้ไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น โดยผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนอย่างต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการลดการสูญเสียพลังงานอีกแนวทางหนึ่ง ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของที่กล่าวมาข้างต้น

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลาย

ลิเทียมคลอไรด์-น้ำ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานทางเทคโนโลยี ของระบบทำความเย็น เพื่อการประหยัดพลังงาน และรักษาสภาพแวดล้อม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เพื่อศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มาเป็นพลังงานในการทำน้ำเย็น
2. สารทำความเย็นภายในระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง ใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ
3. ศึกษาวิเคราะห์ ภาระการทำน้ำเย็นที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำเพื่อบริโภค
4. สถานที่ทดสอบ ที่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ตัวแปรที่ศึกษา

ศึกษาสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

1. ด้านความสามารถในการทำน้ำเย็น
2. ด้านกายภาพ
3. ด้านความปลอดภัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

หมายถึง ระบบทำความเย็นที่มีเครื่องระเหย เครื่องควบแน่น และวาล์วควบคุมการไหลของสารทำความเย็น จากเครื่องควบแน่นไปยังเครื่องระเหย การทำความเย็นโดยอาศัย เครื่องระเหย ดูดความร้อนเข้ามา เพื่อระเหยสารทำความเย็นที่ความดันต่ำ และอาศัยเครื่องควบแน่น ควบแน่นไอสารทำความเย็นที่ความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อนำเอาสารทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่ โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ เป็นสารทำความเย็น

2. การทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

หมายถึง ผลิตน้ำเย็นที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยผ่านกระบวนการดูดกลืนแบบต่อเนื่อง ของสารละลายลิเทียมคลอไรด์และน้ำที่ใช้เป็นสารคู่ในระบบทำความเย็น มาทำให้เกิดน้ำเย็น

3. สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

หมายถึง สารทำความเย็น ของระบบทำความเย็นดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

4. สมรรถนะของการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

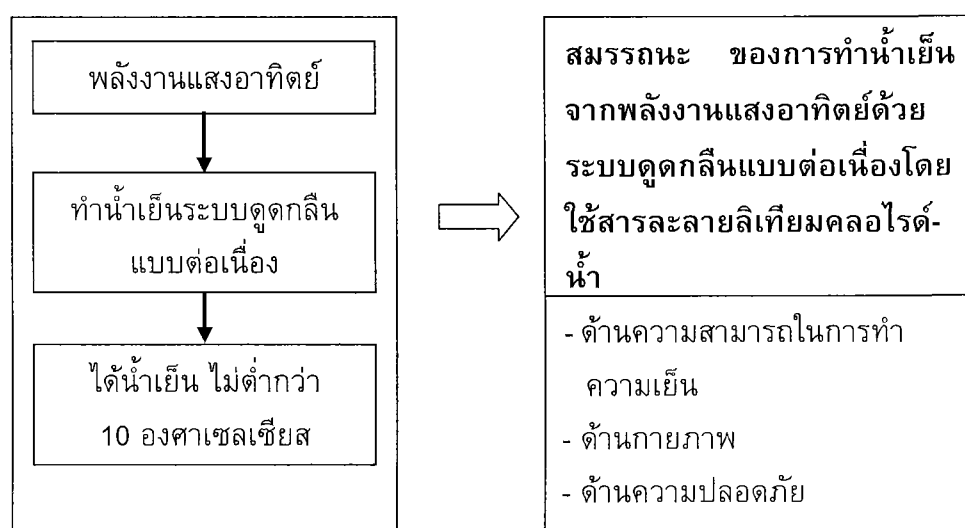
หมายถึง ความสามารถของตู้น้ำเย็นต่อการใช้งานในด้านต่างๆ คือ

- 4.1. ด้านความสามารถในการทำน้ำเย็นสามารถทำความเย็นให้น้ำดื่มได้ 10 องศาเซลเซียส

4.2. ด้านกายภาพ หมายถึง ระบบทำน้ำเย็นสามารถผลิตน้ำเย็น เพื่อให้ผู้บริโภคนำน้ำเย็นไปใช้ได้ ทั้งดื่มและใช้ ด้วยความสะดวก รวมถึงสามารถติดตั้งและวางทิศทางของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ในทิศทางที่ถูกต้องและง่ายต่อผู้ใช้งาน

4.3. ด้านความปลอดภัย หมายถึง ผู้บริโภคสามารถดื่มและใช้น้ำเย็นได้ด้วยความมั่นใจ อันเนื่องมาจากระบบที่น้ำดื่มและใช้ ไม่สามารถสัมผัสกับสารละลายโดยตรง ทั้งจากอุปกรณ์และโครงสร้างของระบบทำน้ำเย็น

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำนี้ โดยมีสมรรถนะด้านความสามารถในการทำ ความเย็นได้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และสมรรถนะทางกายภาพและความปลอดภัยอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการ ศึกษากระบวนการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบ ดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่ง ออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบทำความเย็น
2. การทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
3. การออกแบบระบบการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้ สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบทำความเย็น

การทำความเย็น คือ กระบวนการรักษาอุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการทำความเย็น ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของ บรรยากาศโดยรอบ โดยการนำเอาความร้อนออกจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็น โดยอาศัยสารตัวกลาง (สารทำความเย็น) เป็นพาหะนำความร้อน ให้สารตัวกลางรับความร้อน ขณะที่มีความร้อนต่ำ และถ่ายเทความร้อนออก ขณะที่มีความร้อนสูง

1.1 กระบวนการขั้นพื้นฐานของการทำความเย็นสามารถทำได้หลายวิธีคือ

- 1.1.1 การเพิ่มอุณหภูมิของสารตัวกลาง
- 1.1.2 การให้สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะ
- 1.1.3 การทำให้ของเหลวขยายตัว
- 1.1.4 การทำให้แก๊สขยายตัว
- 1.1.5 กระบวนการทางแม่เหล็ก
- 1.1.6 กระบวนการทางไฟฟ้า

กระบวนการทำความเย็นที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน คือการให้สารตัวกลางเปลี่ยนสถานะ ซึ่งเป็น พื้นฐานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอและระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (มนตรี มนต์ไชยะ. 2542 : 1)

1.2 ระบบทำความเย็นทั่วไป สามารถแสดงตัวอย่างของระบบการทำความเย็นต่างๆได้ดังนี้

1.2.1 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง เป็นการทำความเย็นที่ได้นำน้ำแข็งมาแช่ไว้กับ อาหารโดยนำน้ำแข็งอยู่ที่ส่วนบนของตู้แช่ ตู้นี้จะมีการบดจนจนกว่าความเย็น เมื่อน้ำแข็งละลายน้ำจะดูดซับ ปริมาณความร้อนจากอากาศรอบตัวทำให้อากาศเย็น ถ้าต้องการให้มีความเย็นลดต่ำกว่า 0°C ก็ย่อมทำได้ โดยใช้เกลือผสมลงไป

1.2.2 การทำความเย็นโดยใช้การระเหยตัวของน้ำเป็นการระบายความร้อนออกจาก คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศบางชนิด เรียกว่า คอนเดนเซอร์แบบอีวาพอเรทีฟ โดยอาศัยทั้งการระเหย ของน้ำและอากาศมาช่วยกันในการระบายความร้อน ออกจากคอนเดนเซอร์ โดยการฉีดน้ำให้เป็นฝอย ผ่าน คอนเดนเซอร์ และเอาพัดลมมาช่วยเป่าระบายความร้อน ละอองน้ำจะระเหยดูดซับความร้อน

1.2.3 การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ เกิดขึ้นจากการทดลองของ ไมเคิล ฟาราเดย์ และต่อมาได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นโดยการนำเอาของแข็งหลายๆชนิดมาใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น คือ ในปี พ.ศ.2367 ฟาราเดย์ได้ทำการทดลองโดยใช้ซิลเวอร์คลอไรด์ ซึ่งเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนียได้ดี เขานำเอาซิลเวอร์คลอไรด์ซึ่งดูดซับแอมโมเนียไว้แล้วบรรจุลงในหลอดทดลอง รูปตัว V จากนั้นก็เริ่มให้ความร้อนแก่สารผสมซิลเวอร์คลอไรด์และแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียได้รับความร้อนจะระเหยกกลายเป็นไอและแยกตัวออกจากซิลเวอร์คลอไรด์ ไปกลั่นตัวเป็นแอมโมเนียเหลวทางปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดทดลอง ซึ่งจุ่มอยู่ในแก้วน้ำเย็น หลักการอันนี้ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้กับวงจรการทำความเย็นอีกหลายแบบ อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ก็ได้นำมาใช้กับวงจรทำความเย็นอีกหลายแบบ

1.2.4 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง จะใช้น้ำแข็งแห้ง ซึ่งทำจาก คาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง ที่ถูกอัดขึ้นมาให้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป โดยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะให้เป็นของเหลวเสียก่อน เรียกว่า การระเหิด จะมีอุณหภูมิถึง -78.33°C

1.2.5 ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหิดตัว เป็นแบบที่ใช้ได้ดีกับ รถบรรทุกเพื่อส่งอาหาร โดยปล่อยสารทำความเย็นในพื้นที่ที่ห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน และสารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝงทำให้อุณหภูมิในบริเวณนี้ลดต่ำลง น้ำยาจะใช้ในโตรเจนเหลว ฉีดผ่านท่อเป็นฝอยสามารถทำความเย็นได้ดีมาก เพราะในโตรเจนเหลวมีจุดเดือดต่ำถึง -195.5°C แต่อุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยจะต้องทำงาน โดยการหยุดฉีกน้ำยาเมื่อประตูห้องเย็นเปิดออก

1.2.6 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เป็นหลักการทางฟิสิกส์ โดยถ่ายเทพลังงานความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง โดยใช้โอเลคตรอนทำความเย็นแทนน้ำยาทำความเย็น โดยนำเอาวัสดุทั้งตัวนำหลายๆชุดมาต่อเป็นอนุกรมเข้าด้วยกัน จะให้ผลเย็นมาก

1.2.7 การทำความเย็นในทออลมวน อาศัยหลักการอัดอากาศเข้าไว้ในถังภายใต้ความกดดันสูง ปล่อยให้เข้าไปอัดฉีดในทออลมวน แล้วทำให้อุณหภูมิของอากาศลดต่ำลง

1.2.8 การทำความเย็นระบบสตีมีเจ็ต ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็น โดยลดความดันที่ผิวหน้าของน้ำในภาชนะที่ปิด เพื่อให้ไอน้ำระเหิดตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำได้ในอุณหภูมิต่างๆ โดยจะสามารถทำให้น้ำเปลี่ยนจุดเดือดจาก 100°C เป็น 4.44 องศาเซลเซียสภายใต้ความดันสูง 29.67 นิ้วปรอท หรือต่ำกว่าก็ได้ถึง 0°C ก็สามารรถทำได้

1.2.9 ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ เป็นการทำความเย็นที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไปตาม บ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ในการอัดน้ำยาทำความเย็นเพื่อดันเข้าไปยังคอนเดนเซอร์ให้ระบายความร้อนหลังจากนั้นจะกลายเป็นไอ และฉีดน้ำยาเหลวจากเอกซ์เพนชันวาล์วให้เป็นฝอยในอีวาพอเรเตอร์ และในวงจรช่วงนี้จะระบายความร้อนให้ความเย็นโดยพัดลมนำพาความเย็นเข้าสู่ห้องได้ และน้ำยาก็จะไหลกลับไปยังคอมเพรสเซอร์อีกครั้ง เพื่ออัดไอน้ำไปยังคอนเดนเซอร์อีกครั้งเป็นวงจรต่อเนื่องจนกว่าความเย็นจะถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คอมเพรสเซอร์ก็จะตัดการทำงานลง

1.2.10 ระบบแอบซอร์ปชั่น ต้นกำลังที่ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น ไฟฟ้า ตะเกียงแก๊ส ตะเกียงน้ำมันก๊าด และตู้เย็นระบบนี้เคยเป็นที่นิยม โดยเฉพาะแหล่งที่ไม่มีไฟฟ้า การทำงานแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นช่วงการจุดไฟให้ความร้อนเพื่อแยกแอมโมเนียออกจากน้ำในเจนเนอเรเตอร์ และช่วงหลังเป็นช่วงการทำความเย็น โดยดับไฟเพื่อให้ น้ำในเจนเนอเรเตอร์เย็นลง และมีคุณสมบัติดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี ซึ่งในช่วงที่ 2 ความดันของน้ำยาในระบบลดต่ำลง น้ำยาแอมโมเนียเหลวจะไหลเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์ และเริ่มเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สดูดซับปริมาณความร้อนจากบริเวณโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ แอมโมเนียเหลวจะ

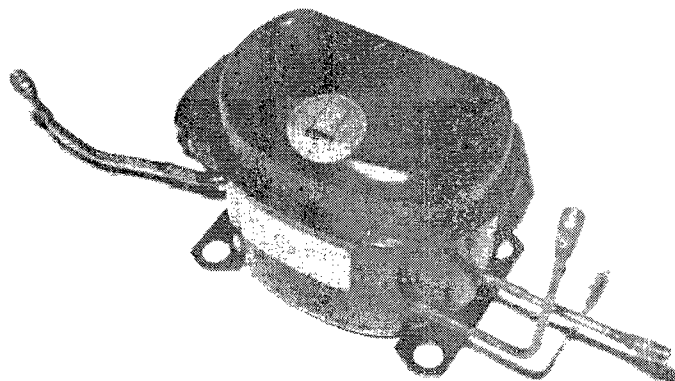
ไหลกลับ ถูกดูดซับโดยน้ำในเจเนอเรเตอร์ที่เย็นตัวลงแล้ว ช่วงที่สอง ของการทำงานนี้เป็นช่วงของการทำความเย็นในอีวาพอเรเตอร์ จนกว่าน้ำยาในท่อพักจะหมด ก็ต้องจุดไฟใหม่อีกครั้ง

1.2.11 วงจรการทำงานต่อเนื่องระบบแอบซอร์ปชัน ภายในเจเนอเรเตอร์ จะบรรจุน้ำและแอมโมเนีย เมื่อจุดไฟให้ความร้อน ความร้อนจะทำให้แอมโมเนียไหลขึ้นไปยังส่วนบนของท่อส่วนน้ำเข้าไหลเข้าท่อพัก น้ำยา จะไปยังคอนเดนเซอร์กลั่นตัวเป็นของเหลว ระบายความร้อนออกจากรันเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ ส่วนบนจะบรรจุแก๊สไฮโดรเจนไว้ เพื่อแก๊ส 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน แก๊สจะดันกันเอง เป็นไปตามกฎของดาลตัน แต่แก๊สไฮโดรเจนจะมีผลอยู่มาก ทำให้จุดเดือดของแอมโมเนียอยู่ในช่วงความดันต่ำและดูดซับความร้อนจากบริเวณโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ และแก๊สทั้งสองจะถูกกดให้ไหลลงทางท่อกลับเข้ายังตัวดูดซับ ภายในตัวดูดซับยังคงเย็นอยู่จึงมีคุณสมบัติในการดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี น้ำผสมกับแอมโมเนียก็จะไหลกลับเข้าสู่เจเนอเรเตอร์ ส่วนแก๊สไฮโดรเจนจะไม่ถูกดูดซับจะไหลกลับไปยังอีวาพอเรเตอร์อีกครั้ง ผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อไปรวมกับแอมโมเนียเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์อีกครั้งวงจรจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป จนกว่าอุณหภูมิทางอีวาพอเรเตอร์จะลดต่ำลงจนถึงเกณฑ์ เทอร์โมสตัทก็จะหรีแก๊สดับลง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะติดแก๊สทำงานใหม่ (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 34-46)

สำหรับการเลือกระบบทำความเย็นในที่นี้ จะใช้ระบบวงจรการทำงานต่อเนื่องระบบแอบซอร์ปชัน เป็นระบบในการทำความเย็น

1.3 อุปกรณ์สำหรับวงจรทำความเย็น โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักสำคัญดังต่อไปนี้

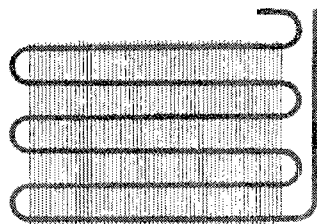
1.3.1 คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็นโดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์ เข้ามาอัดให้เป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงขึ้นส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์ที่ใช้สำหรับตู้เย็นและตู้แช่เย็นจะบรรจุอยู่ในตัวเรือนเดียวกับมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเรียกว่ามอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเฮอริเมติก ตัวคอมเพรสเซอร์อาจเป็นชนิดลูกสูบหรือชนิดโรตารีก็ได้ ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์จะมีขนาดตั้งแต่ 1/20 ถึง 1/3 แรงม้า (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 189-193)



ภาพประกอบ 2 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของตู้เย็นและตู้แช่เย็น

1.3.2 คอนเดนเซอร์ ใช้สำหรับตู้เย็นเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศแผง คอนเดนเซอร์มักจะติดไว้ด้านหลังของตู้แช่เย็นและทาสีดำ มีบบ้างที่ติดไว้ด้านล่าง แผงคอนเดนเซอร์จะระบาย

ความร้อนด้วยอากาศที่ถ่ายเทตามธรรมชาติ ไม่มีพัดลมช่วยระบาย แต่ตู้น้ำเย็นบางชนิดจะใช้ผนังของตู้ระบายความร้อนไปในตัวด้วย

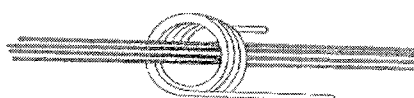


ภาพประกอบ 3 คอนเดนเซอร์ของตู้น้ำเย็นและตู้เย็น

1.3.3 อีวาพอเรเตอร์ ส่วนมากเรียกว่าช่องฟรีเซอร์หรือช่องแช่แข็ง เป็นส่วนที่ติดไว้ในตู้ มีทั้งแบบเป็นแผ่นพับงอ สำหรับตู้เย็นขนาดใหญ่อาจทำด้วยท่อมีครีป และมีพัดลมเป่าลมเย็นให้ไหลหมุนเวียนภายในตู้ ส่วนของตู้น้ำเย็นจะอยู่ที่ ภาพประกอบ 16

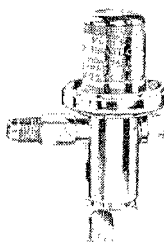
1.3.4 ชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็น จะมีใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ

1.3.4.1 ท่อแคพิลลารี หรือท่อที่มีรูขนาดเล็ก ซึ่งใช้ในตู้เย็น ตู้แช่ และตู้น้ำเย็น ที่มีขนาดไม่เกิน 1/3 แรงม้า ทำหน้าที่ปรับการไหลของน้ำยาทำความเย็นให้ไหลเข้าคอยล์เย็นสม่ำเสมอ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ท่อแคพิลลารี

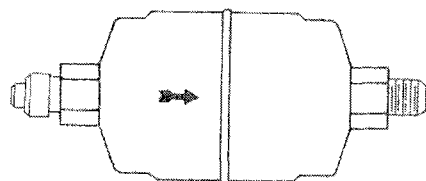
1.3.4.2 เอกซ์เพนชันวาล์ว เป็นชุดควบคุมน้ำยาเครื่องทำความเย็นอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ปรับการไหลของน้ำยาทำความเย็น ส่วนมากจะใช้ในตู้แช่ที่มีขนาดใหญ่ เพราะชุดปรับน้ำยาทำความเย็นแบบนี้สามารถปรับการไหลของน้ำยาทำความเย็นได้ดีกว่าท่อแคพิลลารี



ภาพประกอบ 5 เอกซ์เพนชันวาล์ว

1.3.5 ดรายเออร์ฟิลเตอร์ ทำหน้าที่ดูดความชื้นและกรองสิ่งสกปรกของน้ำยาทำความเย็น ก่อนเข้าสู่คอยล์เย็น เพื่อป้องกันการอุดตันด้วยสิ่งสกปรกและอุดตันด้วยความชื้นที่สะสมและจับตัวกันเป็น

น้ำแข็งปิดการไหลของน้ำยาทำความเย็น ดรายเออร์ฟิลเตอร์นี้จะมีสารดูดความชื้นบรรจุอยู่ ใช้ทั้งตู้เย็น ตู้แช่ และตู้ทำน้ำเย็นมีขนาดต่าง ๆ ตามขนาดของตู้แต่ละชนิด



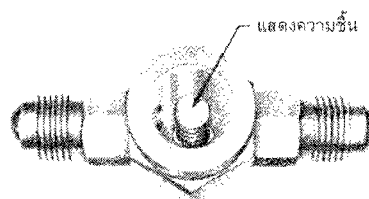
ภาพประกอบ 6 ดรายเออร์ฟิลเตอร์

1.3.6 แอ็กคิวมูเลเตอร์ มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำยาทำความเย็นที่มีสภาพเป็นของเหลวไหลเข้าทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียหายแก่คอมเพรสเซอร์ได้ น้ำยาทำความเย็นส่วนที่เป็นของเหลวไหลมาแอ็กคิวมูเลเตอร์นี้ก่อน เมื่อระเหยเป็นแก๊สแล้วจึงจะไหลเข้าทางดูดของคอมเพรสเซอร์ได้ ในตู้เย็น ตู้แช่ และตู้ทำน้ำเย็นขนาดเล็กจะมีท่อพักน้ำยาทำความเย็นที่มีรูปร่างเป็นท่อนขนาดใหญ่กว่าท่อทางดูดประมาณ 3 – 4 เท่า ซึ่งเรียกว่า เฮดเดอร์ มีหน้าที่เช่นเดียวกับแอ็กคิวมูเลเตอร์ แต่มีขนาดเล็กกว่า



ภาพประกอบ 7 แอ็กคิวมูเลเตอร์

1.3.7 กระจกมองน้ำยา ใช้ดูน้ำยาทำความเย็นในระบบว่าเต็มหรือไม่ ซึ่งถ้าน้ำยาทำความเย็นเต็มระบบจะมองเห็นฟองอากาศ ถ้าน้ำยาทำความเย็นไม่เต็มระบบจะมองเห็นฟองอากาศที่กระจกมองน้ำยา นอกจากนี้กระจกมองน้ำยาบางชนิดยังบอกถึงสภาพความชื้นในระบบของเครื่องทำความเย็นได้ เช่น ถ้ามีสีเหลืองแสดงว่าในระบบมีความชื้นอยู่มากถ้ามีสีเขียวแสดงว่าในระบบน้ำยาทำความเย็นปราศจากความชื้น และถ้าในระบบมีความชื้นอยู่มากจำเป็นต้องเปลี่ยนดรายเออร์ฟิลเตอร์ใหม่ หรือในบางชนิดก็เปลี่ยนเฉพาะสารดูดความชื้นกระจกมองน้ำยานี้จะไม่มีใช้ในตู้เย็นขนาดเล็ก ส่วนมากจะใช้ในตู้แช่ขนาดกลางและขนาดใหญ่เท่านั้น



ภาพประกอบ 8 กระจกมองน้ำยา

สำหรับอุปกรณ์ทำความเย็นที่นำมาใช้ในวงจรของระบบทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง จะนำเฉพาะอุปกรณ์บางชิ้นส่วน ดังจะปรากฏอยู่ในหัวข้ออุปกรณ์ ในบทที่ 3

1.4 น้ำยาทำความเย็น โดยส่วนใหญ่ของระบบทำความเย็นในระยะแรกๆ ได้แก่ แอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นน้ำยาที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ ต่อมา มีการเอาซัลเฟอร์ไดออกไซด์และเมทิลคลอไรด์ใช้ในเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก ซึ่งเมทิลคลอไรด์ใช้งานได้ดีในคอมเพรสเซอร์ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ดังนั้น ทั้งเมทิลคลอไรด์และคาร์บอนไดออกไซด์จึงได้ใช้กันอย่างกว้างขวาง ต่อมาน้ำยาพวกฟลูออโรคาร์บอนก็เข้ามาแทนน้ำยานิตต่างๆ ที่กล่าวมา

น้ำยาฟลูออโรคาร์บอนที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นสารประกอบระหว่างไฮโดรเจนกับคาร์บอนและนำเอาคลอรีนหรือฟลูออรีนเข้าไปแทนที่ไฮโดรเจน ทั้งหมดนี้เรียกว่า ฮาโลคาร์บอน

ฮาโลคาร์บอนอาจปรุงจากก๊าซมีเทน (CH_4) และแก๊สมีเทน (C_2H_2) ซึ่งทั้งหมดได้ปรุงเป็นน้ำยาเบอร์ 11 , 12 , 13 , 14 , 21 และเบอร์ 22

ส่วนสำหรับงานวิจัยนี้ ที่ได้นำเอาระบบทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง มาทำการศึกษาได้ นำเอาสารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ มาเป็นสารทำความเย็น โดยจะมีข้อแตกต่างจากสารทำความเย็นในระบบที่กล่าวมาข้างต้น เพราะได้ใช้ในระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ แต่สำหรับระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องนั้นได้ จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อถัดไปหัวข้อ 2 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่างต่อเนื่อง

2. การทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (absorption refrigeration) เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับสารทำความเย็น (refrigeration) ด้วยสารตัวกลางนำพา (transport medium) ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ ระบบที่ประกอบด้วยแอมโมเนีย-น้ำ ซึ่งแอมโมเนีย (NH_3) เป็นสารทำความเย็น และน้ำ (H_2O) เป็นตัวกลางนำพา นอกจากนี้ยังมีระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนอื่นๆ อีก เช่น ระบบที่ประกอบด้วยน้ำ-ลิเทียมโบรไมด์ และระบบที่ประกอบด้วยน้ำ-ลิเทียมคลอไรด์ ซึ่งมีน้ำเป็นสารทำความเย็น ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม 2 ระบบหลังนี้มักจะถูกใช้ในระบบปรับอากาศโดยที่อุณหภูมิต่ำสุดอยู่สูงกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ (0 องศาเซลเซียส) (เซนเกส และ โบลส์, 2543 : 376-377)

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Refrigeration System) โดยจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับระบบดูดซับโดยใช้สารของแข็ง ได้แก่ Silica Gel , Alumina Gel , Activated Alumina , Molecular Sieves และ อื่นๆ ซึ่งตามปกติแล้วจะสามารถใช้ได้ดีกว่าสารละลายที่เป็นของเหลว และเป็นที่สนใจต่อนักวิจัยจำนวนมาก

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสารละลายที่เป็นของเหลว จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าสารของแข็ง แต่ระบบการใช้สารละลายของเหลวก็มีประโยชน์และความสะดวกหลายอย่าง เช่น การสูญเสียความดันในการสัมผัสกับอากาศต่ำ ความเป็นไปได้ของการกรองเพื่อเอาสิ่งสกปรกออกจากอากาศ ความเป็นไปได้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนและทำให้สารมีความเข้มข้นขึ้นใหม่ได้ สามารถทำได้ที่อุณหภูมิที่ต่ำ เหตุผลทั้งหมดนี้ทำให้สารละลายที่เป็นของเหลว มีความสำคัญโดยเฉพาะในระบบที่ใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์ (สมนึก บุญพาไสว, 2527 : 7-8)

ระบบดูดกลืนนี้ มีความแตกต่างกับระบบอัดไอ ที่วิธีการทำให้ไอสารทำความเย็นกลับกลายเป็นของเหลวอีกครั้งในวัฏจักร การทำความเย็นคือใช้ หลักการดูดกลืนไอสารทำความเย็นด้วยสารดูดกลืน

(Absorbent) สารดูดกลืนนี้เป็นสารละลายที่สามารถดูดกลืนสารทำความเย็นได้ ไอสารทำความเย็นจะกลายเป็นของเหลวอีกครั้งเมื่อถูกดูดกลืนด้วยสารดูดกลืน

และตัวอย่างของสารคู่ระหว่างสารดูดกลืนและสารทำความเย็น ที่ได้มีการพัฒนา จากนักวิจัยที่ผ่านมา ได้ทดลองสารละลายที่มีคุณสมบัติ ที่ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมี และสามารถแยกตัวออกจากกันเมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยนไป ซึ่งมีตัวอย่างที่นิยมใช้กันดังนี้ (เกษม ขวัญอ่อน. 2528 : 2-4)

สารคู่ระหว่างสารดูดกลืนและสารทำความเย็น

สารดูดกลืน (Absorbent)	สารทำความเย็น (Refrigerant)
น้ำ (H_2O)	แอมโมเนีย (NH_3)
โซเดียมไทโอไซยาเนต ($NaSCN$)	แอมโมเนีย (NH_3)
ลิเทียมโบรไมด์ ($LiBr$)	น้ำ (H_2O)
ลิเทียมคลอไรด์ ($LiCl$)	น้ำ (H_2O)
ลิเทียมไนเตรท ($LiNO_3$)	แอมโมเนีย (NH_3)
สารละลาย Glycol Ether	ฟรียอน 21 ($CHCl_2F$)

สารละลายเหล่านี้สามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้กันได้คือ

แอมโมเนีย-น้ำ โดยแอมโมเนีย เป็นสารทำความเย็น ส่วนน้ำ เป็นสารดูดกลืนสำหรับ แอมโมเนีย - น้ำนี้ มีข้อเสีย คือน้ำซึ่งเป็นสารดูดกลืนระเหยได้ง่าย จะปะปนออกมากับสารทำความเย็น คือ แอมโมเนีย ดังนั้นต้องมีหน่วยแยกน้ำ ความดันในระบบจะสูงกว่าบรรยากาศ สามารถตรวจสอบหารอรั้วได้ง่าย อุณหภูมิการทำความเย็นได้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ใช้อุณหภูมิในการแยกสารละลายไม่สูงมากนัก สามารถนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ มาใช้งานได้สารละลายมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย แต่เป็นพิษต่อมนุษย์ ถ้ามีการรั่วซึมขึ้นจำนวนมากพอ จึงต้องใช้ระบบปรับความเย็นด้วยน้ำ มีค่าความร้อนแฝงในการระเหยสูง ต้องใช้แหล่งความร้อนในการแยกสารละลายมาก มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ ต้องสร้างอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้มีพื้นที่ใหญ่ขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ในการทำความเย็น (COP) ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้สารละลายอื่นๆ

น้ำ- สารละลายเกลือไฮโกรสโคปิก (Hygroscopic salt solution) โดยน้ำเป็นสารทำความเย็น ส่วนส่วนละลายเกลือไฮโกรสโคปิกเป็นสารดูดกลืน สารละลายเกลือไฮโกรสโคปิกเป็นสารดูดกลืน สารละลายเกลือไฮโกรสโคปิกที่มีหลายชนิด เช่น คลอไรด์ (Chlorides) โบรไมด์ (Bromides) และไอโอดีน (Iodides) ของ สารลิเทียม (Lithium) แมกนีเซียม (Magnesium) แคลเซียม (Calcium) และสังกะสี (Zinc) ซึ่งสารทั้งหมดนี้สารลิเทียมคลอไรด์ใช้งานได้ดีที่สุด เนื่องจากในสภาวะปกติ สารละลายมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) น้อยกว่า 7 เล็กน้อย ซึ่งสามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ง่ายกว่า เกลือแมกนีเซียม แคลเซียม และสังกะสี อีกทั้งโบรไมด์ของลิเทียม ให้ค่าความดันไอ ของสารละลาย (Solubility - Vapor Pressure) ต่ำกว่าสารคลอไรด์หรือไอโอดีน ส่วนคุณสมบัติอื่นๆมีค่าใกล้เคียงกันคือ ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ ไม่ติดไฟ แต่ต้องทำงานในระบบที่มีค่าความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิของชุดทำความเย็นจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 40 องศาฟาเรนไฮต์ เนื่องจากน้ำจะเกิดการแข็งตัว

ส่วนเหตุที่เลือกใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์ เพราะเนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ปั๊มขับสารละลายเป็นแรงดันไอ ดังนั้น คุณสมบัติที่ต้องการที่ได้เลือกใช้ในงานวิจัยจึงเลือกสารละลายที่มีแรงดันไอน้อยกว่าสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่เคยใช้กันอยู่ และสารละลายลิเทียมคลอไรด์นั้น มีค่าแรงดันไอน้อยกว่าสารละลาย

ลิเทียมโบรไมด์ รวมทั้งสารละลายลิเทียมคลอไรด์มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับสารละลายลิเทียมโบรไมด์หลายด้าน รวมถึงการกักตร้อนโลหะที่น้อยกว่าสารละลายลิเทียมโบรไมด์ที่นิยมใช้อยู่ และมีราคาที่ถูกกว่าด้วย (วิทยา เทพไพฑูรย์. 2524 : 189)

ดังนั้น การทำความเข้าใจระบบดูดกลืนมีข้อเปรียบเทียบบางประการ ที่สามารถเปรียบเทียบระหว่างสารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ กับ ลิเทียมโบรไมด์-น้ำ ดังนี้

ตาราง 1 เปรียบเทียบระหว่างสารคู่ลิเทียมคลอไรด์ – น้ำ และ ลิเทียมโบรไมด์ – น้ำ

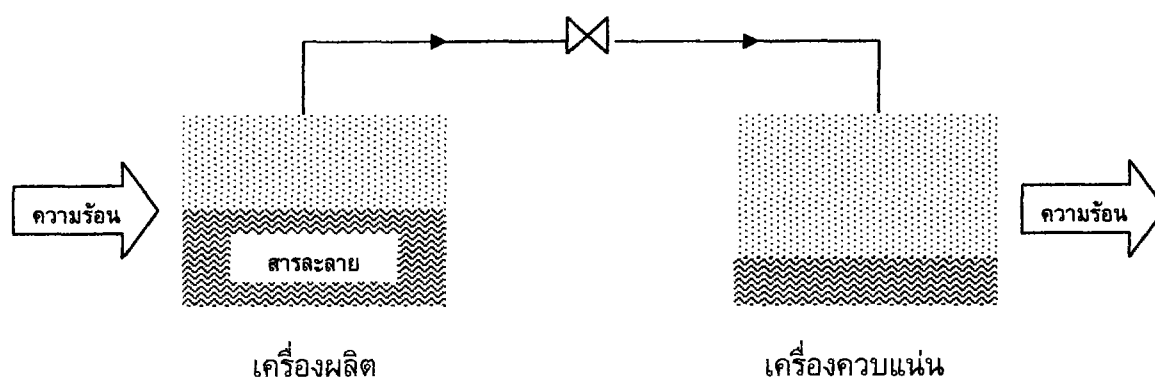
ลิเทียมคลอไรด์ - น้ำ	ลิเทียมโบรไมด์ - น้ำ
1. ค่าแรงดันไอที่มากกว่า	1. ค่าแรงดันไอน้อยกว่า
2. การกักตร้อนน้อยกว่า	2. การกักตร้อนมากกว่า
3. ราคาต่ำกว่า	3. ราคาสูงกว่า
4. ขอบเขตการใช้งานน้อยกว่าเพราะตกผลึกที่ความเข้มข้น 47%	4. ขอบเขตการใช้งานมากกว่า เพราะตกผลึกที่ความเข้มข้นมากกว่า 47%

ที่มา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2528 : 5

2.1 การทำความเข้าใจระบบดูดกลืนแบบสลับ

ประกอบด้วยการทำงานสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนการผลิตสารทำความเย็นและขั้นตอนการทำความเย็น

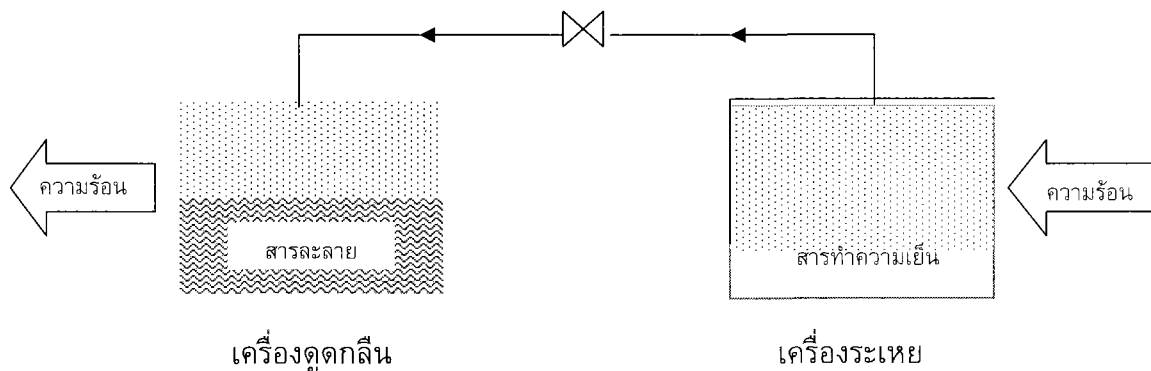
ดังรูป



ภาพประกอบ 9 แสดงขั้นตอนการผลิตสารทำความเย็น

เป็นการทำงานในช่วงผลิตจากเครื่องผลิตที่เป็นภาชนะบรรจุของสารดูดกลืนและสารทำความเย็น เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายในเครื่องผลิต แล้วจะทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอแยกตัวออกจากสารละลายผ่านท่อและวาล์วไปยังเครื่องควบแน่น ซึ่งมีน้ำหรืออากาศเป็นตัวระบายความร้อน ซึ่งจะทำให้ไอสารทำความเย็น

ควบแน่นกลับตัวเป็นของเหลว เมื่อได้ปริมาณของสารทำความเย็นมากพอแล้ว จึงหยุดให้ความร้อนแก่สารละลายในเครื่องผลิตแล้วปิดวาล์ว และหยุดการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่น



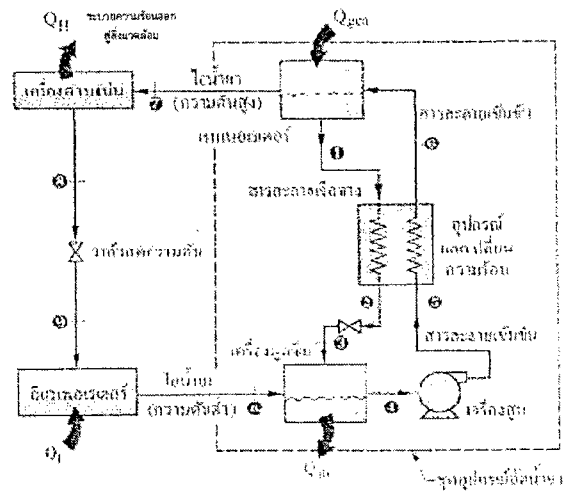
ภาพประกอบ 10 แสดงขั้นตอนการทำทำความเย็น

เป็นการทำงานในช่วงทำความเย็น จากภาชนะเดิม เครื่องผลิตจะทำหน้าที่เป็นเครื่องดูดกลืน เครื่องควบแน่นจะทำหน้าที่เป็นเครื่องระเหย เมื่อระบายความร้อนออกจากเครื่องดูดกลืน ความดันภายในเครื่องดูดกลืนจะลดลง จนมีความดันต่ำกว่าเครื่องระเหยแล้วเปิดวาล์ว ซึ่งจะทำให้สารทำความเย็นในเครื่องระเหยดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเพื่อระเหยตัว กลายเป็นไอผ่านท่อและวาล์วไปยังเครื่องดูดกลืน จนกระทั่งสารทำความเย็นระเหยตัวออกจากเครื่องระเหยหมด จึงปิดวาล์ว เป็นการครบวัฏจักรการทำทำความเย็น ระบบดูดกลืนแบบสลับ และจะได้ความเย็นที่ระเหย

2.2 การทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

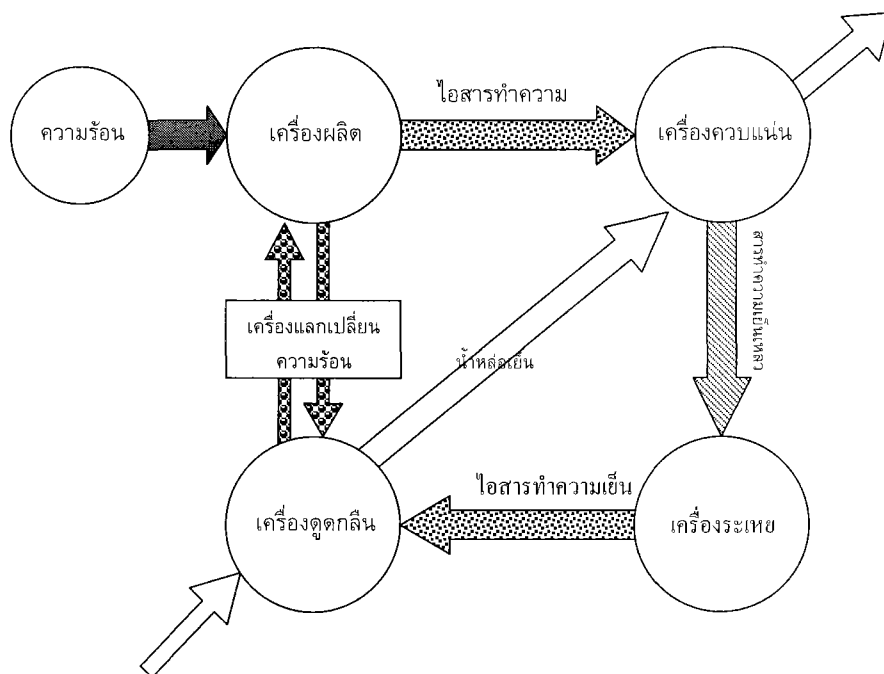
หลักการทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องนั้นอาศัยวัฏจักรการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็น เช่นเดียวกับเครื่องทำความเย็นแบบกดดันไอทั่วไป เพียงแต่มีความแตกต่างกันในขั้นตอนการทำให้ไอสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวใหม่อีกครั้งเท่านั้น

การทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 ชิ้น คือ เครื่องผลิต เครื่องควบแน่น เครื่องระเหย และเครื่องดูดกลืน ซึ่งอยู่ในสภาพความดันที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เครื่องผลิตและเครื่องควบแน่น จะทำงานที่ความดันสูง ส่วนเครื่องระเหยและเครื่องดูดกลืน จะทำงานที่ความดันต่ำ ดังแสดงด้วยแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 11 วัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

โดยหลักการทำงานสำหรับการทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง อธิบายโดยดังรูปต่อไปนี้

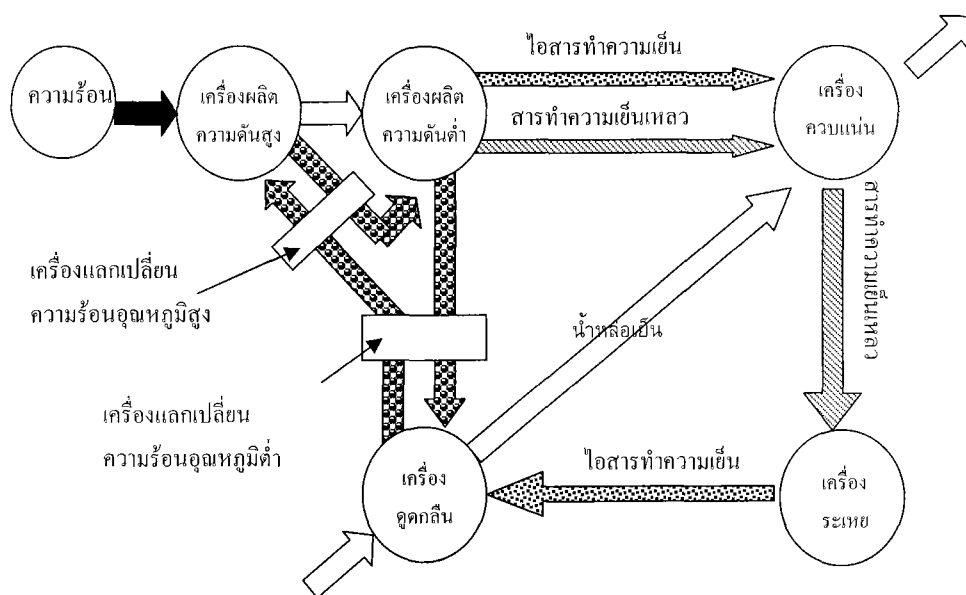


ภาพประกอบ 12 เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนชั้นเดียว

เริ่มต้นวัฏจักรที่สารละลายของสารดูดกลืนและสารทำความเย็นในเครื่องผลิตได้รับความร้อนสารทำความเย็นส่วนหนึ่งในสารละลายจะระเหยออกไปกลายเป็นไอ ผ่านไปที่เครื่องควบแน่น ส่วนสารละลายที่เหลือจะเข้มข้นขึ้น (กรณีของสารคู่ลิเทียมโบรไมด์ หรือ ลิเทียมคลอไรด์กับน้ำ) แล้วจะไหลไปที่เครื่องดูดกลืนโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารละลายเจือจางส่วนหนึ่ง ซึ่งได้ดูดกลืนไอสารทำความเย็นที่ระเหยมาจากเครื่องระเหย การที่มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารละลายเข้มข้นและ

สารละลายเจือจางนี้ จะทำให้วัฏจักรการทำความเย็นมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพราะจะช่วยเพิ่มความร้อนให้กับสารละลายเจือจางก่อนที่จะถูกบีบขึ้นไปเครื่องผลิตเพื่อรับความร้อนจากแหล่งจ่ายความร้อน และช่วยระบายความร้อนออกจากสารละลายเข้มข้น ทำให้สามารถดูดกลืนไอสารทำความเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากการดูดกลืนจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับไอสารทำความเย็นที่ระเหยออกจากเครื่องผลิตจะถูกทำให้อยู่ที่เย็นลงด้วยน้ำหล่อเย็น แล้วควบแน่นกลับตัวกลายเป็นของเหลว แล้วไหลไปยังเครื่องระเหยโดยอาศัยความแตกต่างของความดันซึ่งควบคุมด้วยวาล์วขยายตัว (Expansion Valve) ที่ระเหยสารทำความเย็นเหลวจะดูดเอาความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้ามาทำให้สารทำความเย็นเหลวกลายเป็นไอ ซึ่งทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำลง และเป็นอุณหภูมิที่ต้องการสำหรับระบบทำความเย็น ไอสารทำความเย็นที่ระเหยออกจากเครื่องระเหยจะไหลไปยังเครื่องดูดกลืนด้วยความแตกต่างกันของความดัน เนื่องจากความดันในเครื่องดูดกลืนต่ำกว่าความดันในเครื่องระเหย (การที่ความดันในเครื่องดูดกลืนต่ำกว่าความดันในเครื่องระเหย เพราะสภาวะทางเทอร์โมไดนามิกส์ เนื่องจากความเข้มข้นและอุณหภูมิของสารละลาย) และเมื่อไอสารทำความเย็นถูกสารละลายเข้มข้นดูดกลืนจะมีปริมาณความร้อนเกิดขึ้นมา ดังนั้นที่เครื่องดูดกลืนจึงจำเป็นต้องมีน้ำหล่อเย็นระบายความร้อนออกซึ่งความร้อนนี้เกิดจากความร้อนแฝงที่ไอสารทำความเย็นคายออกเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว (Heat of Condensation) และความร้อนที่เกิดจากการเจือจางของสารละลายดูดกลืน (Heat of Dilution) หลังจากสารละลายดูดกลืนเข้มข้นดูดกลืนไอสารทำความเย็นแล้วกลายเป็นสารละลายดูดกลืนเจือจาง จะถูกบีบขึ้นไปผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไปยังเครื่องผลิตและรับความร้อน เพื่อใช้ในการระเหยสารทำความเย็นให้กลายเป็นไอแยกตัวออกไปอีกครั้ง เป็นการครบวัฏจักรการทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง

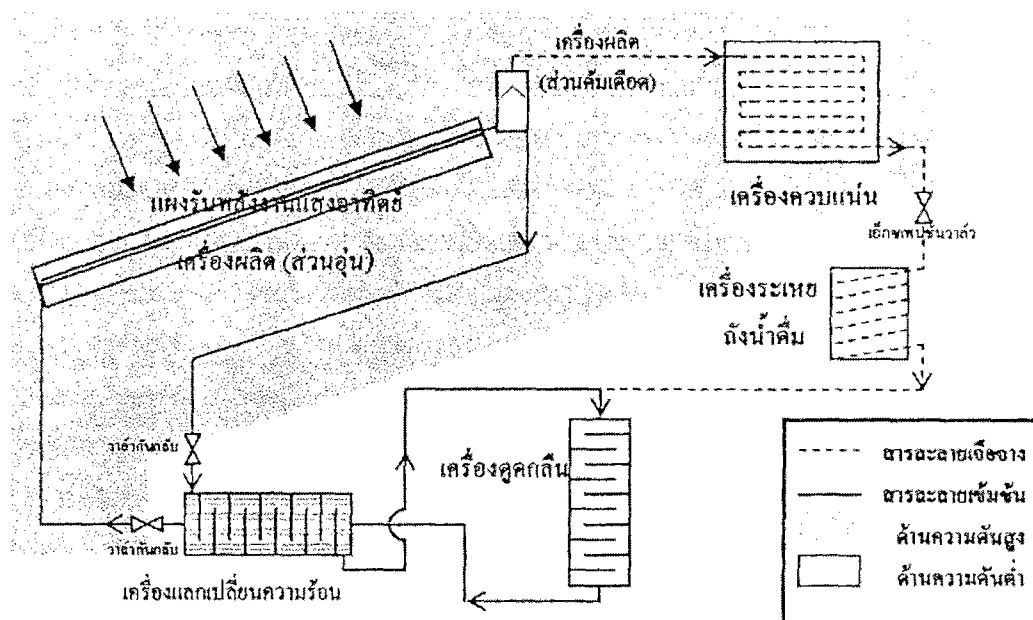
ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นมีอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณของสารทำความเย็นที่ระเหยในเครื่องระเหย ในขณะที่เดียวกันปริมาณของสารทำความเย็นที่ระเหยในเครื่องระเหยเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณสารทำความเย็นที่ผลิตออกมาโดยการให้ความร้อนกับสารละลายดูดกลืนในเครื่องผลิต ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนจึงเป็นอัตราส่วนโดยตรง (โดยประมาณ) กับความร้อนที่ต้องการสำหรับให้กับสารละลายดูดกลืนในเครื่องผลิต จึงได้มีการออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้นขึ้นมา ซึ่งมีวัฏจักรและแผนภูมิดังนี้



ภาพประกอบ 13 เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้น

เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้นถูกออกแบบ เพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยการลดปริมาณความร้อนที่ต้องการ ด้วยการใช้พลังงานความร้อนในเครื่องผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ หรือ อาจกล่าวได้ว่า เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้นเป็นเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนธรรมดาที่มีเครื่องผลิตและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง ในเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนธรรมดา ไอสารทำความเย็นที่ออกมาจากเครื่องผลิตจะกลายเป็นสารทำความเย็นเหลวหลังจากได้ระบายความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น ส่วนในเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้นนั้น ความร้อนแฝงของไอสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องผลิตอุณหภูมิสูงจะถูกนำไปใช้สำหรับทำให้สารละลายดูดกลืนในเครื่องผลิตอุณหภูมิต่ำร้อนขึ้น เพราะฉะนั้น เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนสองชั้นต้องการความร้อนน้อยกว่า ในการแยกสารทำความเย็นต่อต้านความเย็นมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีขึ้น ต้องการปริมาณสารทำความเย็นที่ควบแน่นในเครื่องควบแน่นน้อยกว่า ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ระบายให้น้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่นจะน้อยกว่าด้วย

3. การออกแบบระบบการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ



ภาพประกอบ 14 แสดงวงจรการทำงานของสารทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่างต่อเนื่อง

3.1 การออกแบบเครื่องผลิต แผงรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นความร้อน ซึ่งถูกถ่ายเทให้กับของไหลที่ไหลภายในตัวรับรังสี ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์จะแบ่งเป็นสองประเภท คือ ตัวรับรังสี แบบแผ่นเรียบ (Flat-plate collectors) และตัวรับรังสีแบบรวมแสง (Concentrating collectors) ตัวรับรังสีแบบรวมแสงจะสะท้อนรังสีไปยังผิวดูดกลืนรังสี (absorber) ซึ่งมีขนาดเล็กหรืออาจมีเลนส์รวมแสงไปยังผิวดูดรังสี กรณีของตัวรับรังสีแบบรวมแสง ค่ารังสีอาทิตย์ที่ดีจะต้องมีความสามารถดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ได้ดี มีการสูญเสียความร้อนน้อยและสามารถถ่ายเทความร้อนที่ดูดกลืนให้แก่ของไหลใช้งานได้รวดเร็ว

ที่สภาวะคงตัว ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากตัวรับรังสีที่เวลาใดๆ (instantaneous useful energy)

q_c , สามารถคำนวณจาก

$$q_c = A_c [I_T (\tau\alpha) - U_L (T_{pm} - T_a)]$$

q_c = ค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแผงรับรังสี (MJ/h)
 A_c = พื้นที่รับแสงอาทิตย์ของแผงรับรังสี (m^2)
 U_L = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมของแผงรับรังสี ($W / m^2 C$)
 T_{pm} = อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวดูดรังสี (C)
 T_a = อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (C)
 I_T = รังสีจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนแผงรับรังสี ($MJ / m^2 h$)
 $\tau\alpha$ = ผลคูณสัมประสิทธิ์ผลของค่าส่งผ่านและค่าดูดกลืนรังสี

กรณีที่แผงรับรังสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานความร้อนสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$q_c = m C_p (T_{fo} - T_{fi})$$

เมื่อ

m = อัตราการไหลโดยมวล (kg/h)
 C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($MJ/kg K$)
 T_{fo} = อุณหภูมิของน้ำไหลออก (C)
 T_{fi} = อุณหภูมิของน้ำไหลเข้า (C)

เนื่องจากอุณหภูมิผิวดูดกลืนรังสีเฉลี่ย (T_{fo}) ในทางปฏิบัติวัดได้ยาก มักใช้อุณหภูมิของของไหลทำงานเฉลี่ย (T_{fm}) ในแผงรับรังสีแทน ดังสมการ

$$q_c = A_c F [I_T (\tau\alpha) - U_L (T_{fm} - T_a)]$$

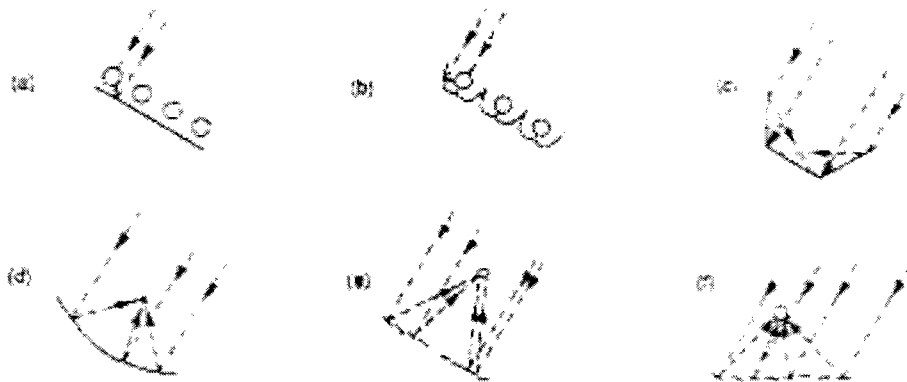
เมื่อ F คือ แฟกเตอร์ประสิทธิภาพของแผงรับรังสี (Collector efficiency factor) เป็นอัตราส่วนของพลังงานที่ได้จากแผงรับรังสีจริงต่อพลังงานที่ได้ เมื่ออุณหภูมิผิวมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของไหลค่าแฟกซ์เตอร์ดังกล่าว จึงเป็นตัวเลขที่ใช้ให้เห็นว่าการถ่ายเทความร้อนจากผิวดูดรังสีสู่ของไหล เกิดขึ้นได้ดีเพียงใด ค่า F จะมีค่าไม่เกิน 1 และในทางปฏิบัติค่า $T_{fm} \cong (T_{fo} + T_{fi})/2$

การนำพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับระบบทำความเย็นนั้น มีทั้งนำใช้กับระบบทำความเย็นแบบกดดันไอ และแบบดูดกลืน แต่ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนเป็นระบบที่ได้รับความสนใจในการศึกษาและพัฒนาอย่างมาก เพราะสามารถใช้พลังงานความร้อนในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสได้ จึงมีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้กับแผงรับแสงอาทิตย์ที่อาศัย เทคโนโลยีไม่สูงมากนัก อาจจะใช้ แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector) หรือแบบรวมแสง (Concentrating Collector)

ตัวรวมรังสีหลายชนิด ส่วนมากจะทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มฟลักซ์ของรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนตัวรวมรังสีโดยการสะท้อนหรือหักเห ตัวรวมรังสีอาจจะเป็นทรงกระบอกเพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มี

ลักษณะเป็นเส้น หรืออาจเป็นจานกลมเพื่อรวมรังสีและโฟกัสไปยังตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นจุด ตัวรับแสง อาจจะเป็นแบบนูน แบน หรือเว้า ลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสี 6 แบบ แสดงในภาพประกอบ

ภาพประกอบ (a) และ (b) ตัวดูดกลืนเป็นทรงกระบอกวางเรียงอยู่ห่างกัน มีตัวสะท้อนอยู่ ด้านหลังเพื่อสะท้อนรังสีตรงที่เคลื่อนที่ผ่านช่องระหว่างตัวดูดกลืน รูป (a) ตัวสะท้อนเป็นแบบแบนราบ รูป (b) มีตัวสะท้อนเป็นแบบ Cusp-Shaped Specula รูป (c) ตัวรับแสงมีลักษณะเป็นแผ่นราบ มีตัวสะท้อนแสงอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านเพื่อเพิ่มค่ารังสีบนตัวรับแสง อัตราส่วนการรวมรังสีของตัวเก็บรังสีแบบนี้มีค่าต่ำ ซึ่งมีค่าสูงสุดไม่เกิน 4 รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตัวรับแสงและเกิดการดูดกลืน ตัวเก็บรังสีเหล่านี้สามารถพิจารณา เหมือนตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบที่มีการเพิ่มปริมาณรังสีอาทิตย์ ภาพประกอบ (d) แสดงตัวสะท้อน แบบพาราโบลา ซึ่งอาจจะเป็นผิวแบบทรงกระบอกที่มีตัวรับแสงเป็นแบบท่อ หรือผิวโค้งที่มีตัวรับแสงเป็นแบบ กลมหรือแบบครึ่งวงกลม ตัวเก็บรังสีแบบทรงกระบอกชนิดนี้มีการศึกษาถึงรายละเอียดอยู่ระหว่างการ ประยุกต์ใช้งาน



ภาพประกอบ 15 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรวมรังสีลักษณะต่าง ๆ:

- (a) ตัวดูดกลืนแบบท่อที่มีตัวสะท้อนรังสีอยู่ด้านหลัง
- (b) ตัวดูดกลืนแบบท่อที่มีตัวสะท้อนเป็นแบบ Specula Cusp
- (c) ตัวรับแสงและตัวสะท้อนมีลักษณะเป็นระนาบ
- (d) ตัวรวมรังสีแบบพาราโบลา
- (e) ตัวสะท้อนแบบ Fresnel
- (f) แกวของฮีลิโอสแตทที่มีตัวรับแสงอยู่ตรงศูนย์กลาง

ตัวสะท้อนแบบพาราโบลาสามารถใช้ตัวสะท้อนแบบ แทนได้ กลุ่มของตัวสะท้อนแบบแนว ระนาบที่ถูกจัดเรียงแสดงในภาพประกอบ (e) หรือโดยการหักเหรังสีที่ตกกระทบ , ตัวสะท้อนสามารถติดตั้ง แยกจากกันและปรับตำแหน่งได้ซึ่งแสดงในภาพประกอบ (f) การใช้ฮีลิโอสแตท (กระจกสะท้อนรังสีดวง อาทิตย์) จำนวนมากและมีตัวรับแสงอยู่บนหอคอย ซึ่งเป็นพื้นฐานในการออกแบบตัวเก็บรังสีที่มีตัวรับแสงอยู่ ตรงศูนย์กลาง

สำหรับตัวเก็บรังสีที่แสดงในภาพประกอบ (c)-(f) อาจใช้ตัวรับแสงแบบแบนราบที่มีด้านเดียว (ถ้าตัวรับแสงไม่ได้อยู่ภายในตัวสะท้อน) หรืออาจจะเป็นทรงกระบอก ครึ่งวงกลม หรือแบนนูนอื่นๆ

โดยทั่วไปตัวรวมรังสีและตัวรับแสงจะมีขนาดเล็กกว่าช่องรับแสง ซึ่งเป็นผลมาจากรังสีตรง เนื่องจากมุมของรังสีตรงที่ตกกระทบตัวรวมรังสีมีความสำคัญ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบติดตามดวงอาทิตย์

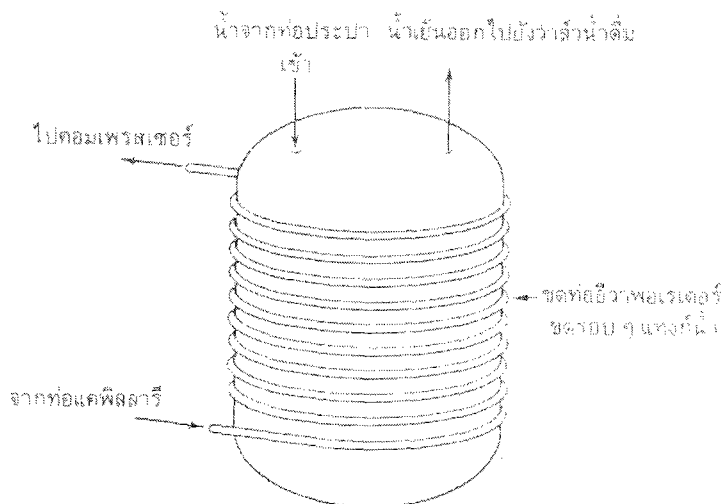
สำหรับตัวเก็บรังสีเหล่านี้ การออกแบบกลไกในการติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้รังสีตรงตกกระทบบ และสะท้อนไปยังตัวรับแสง สามารถออกแบบได้หลายวิธีโดยต้องคำนึงถึงการออกแบบระบบเชิงแสงด้วย

ระบบที่ตัวรับแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง (ทรงกระบอก) จะโฟกัสรังสีตรงไปยังตัวรับแสงได้ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางระนาบของตัวรวมรังสี โดยส่วนใหญ่ตัวเก็บรังสีเหล่านี้สามารถหมุนรอบแกน 1 แกน ซึ่งอาจเป็นเหนือ-ใต้, ตะวันออก-ตะวันตก หรือเอียงและขนานกับแกนของโลก (กรณีนี้อัตราของการหมุน คือ 15 องศา ต่อชั่วโมง) ทำให้เกิดความแตกต่างในปริมาณของรังสีตรงตกกระทบบซึ่งมักขึ้นอยู่กับเวลาและประสิทธิภาพในการติดตามดวงอาทิตย์

โดยทั่วไป ตัวสะท้อนรังสีที่มีผิวโค้งมักจะหันแกนเพื่อให้ดวงอาทิตย์อยู่ในแนวที่ต้องการและสามารถเคลื่อนที่ได้สองแกน แกนทั้งสองนี้อาจเป็นแกนในแนวนอนและแนวตั้ง หรือแกนหนึ่งหมุนทำมุมเอียงขนานกับแกนหมุนของโลก และอีกแกนหนึ่งตั้งฉากกับตัวมันเอง

การเคลื่อนที่ของระบบติดตามดวงอาทิตย์ สามารถเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง หรือเกือบต่อเนื่องได้ โดยสามารถปรับเพื่อให้ส่วนที่เคลื่อนที่พาตัวเก็บรังสีอาทิตย์ไปตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่มีจุดรับแสงเป็นเส้นตรงและมีค่าอัตราส่วนการรวมรังสีต่ำ อาจปรับตำแหน่งได้โดยการปรับเป็นช่วง ๆ เช่น ทุก ๆ สัปดาห์ เดือน หรือ ฤดูกาล แล้วแต่การออกแบบ การปรับด้วยมือจะขึ้นอยู่กับภาระการทำงานและทักษะที่จะต้องทำให้มีความถูกต้องพอเพียง สำหรับกรณีที่มีอัตราส่วนการรวมรังสีไม่สูงนัก ควรเลือกติดตั้งในพื้นที่ที่มีต้นทุนแรงงานต่ำ

3.2 หลักการออกแบบท่ออีวาพอเรเตอร์



ภาพประกอบ 16 เครื่องระเหยของตู้น้ำเย็น

เครื่องระเหย หรือ Evaporator เป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็นทุกชนิดเพราะเป็นส่วนที่จะทำให้เกิดความเย็นตามต้องการ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำเป็นสารทำความเย็นและเครื่องระเหยตัวนี้จะนำทองแดงมาพันกับถังน้ำเย็นด้านนอกถัง และหุ้มด้วยโฟมซึ่งจะทำความเย็นกับอากาศ ซึ่งในเครื่องระเหยนี้จะทำหน้าที่คล้ายคอยล์เย็นทั่วไปที่เป็นแบบท่อและครีบบแต่มีความแตกต่างกันที่ลักษณะการไหลของสารทำความเย็น กล่าวคือ สารทำความเย็นในคอยล์เย็นทั่วไปจะไหลกลับไปตามท่อที่ขดกลับขึ้นมาเป็นคอยล์ แต่สารทำความเย็น คือ น้ำในเครื่องระเหยที่ออกแบบนี้จะไหลไปในทิศทางเดียวกัน และพันรอบๆ กระบอกอลูมิเนียม ด้วยทองแดง 3/8 นิ้ว

เหตุผลของการออกแบบลักษณะนี้ เพราะไอสารทำความเย็นที่ระเหยออกจากเครื่องระเหยนี้ จะเคลื่อนที่ไหลไปตามท่อผ่านเข้าไปในเครื่องดูดกลืน ด้วยแรงดันที่เกิดจากไอสารทำความเย็นเอง ดังนั้น ถ้าเครื่องระเหยมีลักษณะเป็นท่อที่ขดกลับไปมา เป็นคอยล์แล้วจะทำให้เกิดความดันในเครื่องระเหยจะสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิในเครื่องระเหยมีค่าสูง ส่วนในเครื่องระเหยของเครื่องทำความเย็นทั่วไปนั้น ในสารทำความเย็นสามารถไหลกลับไปตามท่อที่ขดกลับไปมาเป็นคอยล์ได้ เพราะมีเครื่องอัดช่วยดูดสารทำความเย็นด้วย โดยจะสามารถคำนวณหาขนาดส่วนของเครื่องระเหยได้ดังนี้

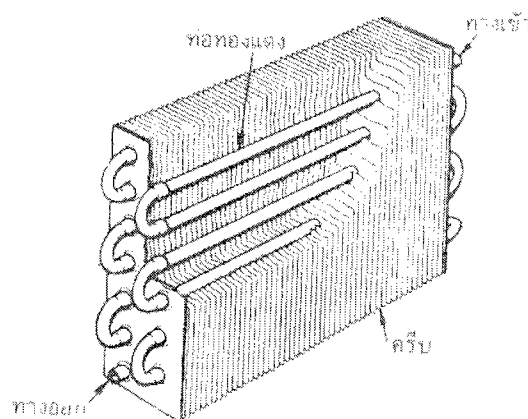
$$\text{จาก } Q_{\text{cooling load}} / \text{Time} = UA (\Delta T)$$

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน W/m.K

A คือ พื้นที่ผิวทำความเย็น m^2

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในท่อและภายนอก

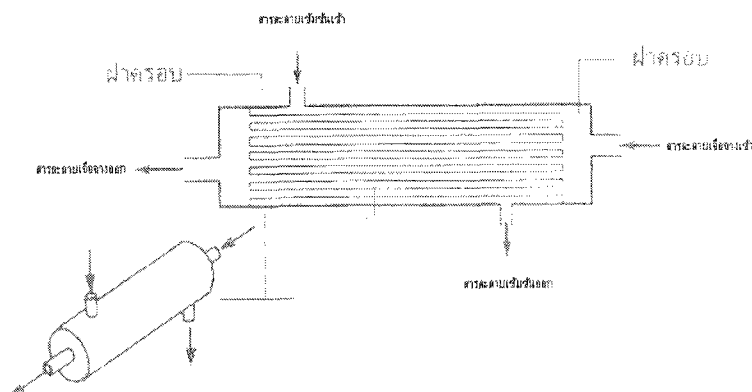
3.3 หลักการออกแบบเครื่องควบแน่น



ภาพประกอบ 17 โครงสร้างของเครื่องควบแน่น

ไอสารทำความเย็นที่ระเหยออกจากสารละลายในเครื่องผลิต จะไหลขึ้นไปเข้าเครื่องควบแน่น ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำหล่อเย็น แล้วควบแน่นเป็นสารทำความเย็นเหลวไหลลงสู่ส่วนล่างของเครื่องควบแน่น จากนั้นสารทำความเย็นเหลวจะไหลผ่านวาล์วควบคุมการไหล เข้าไปในอีวาพอเรเตอร์ ทำให้วัฏจักรการทำความเย็นสมบูรณ์ได้

3.4 หลักการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



ภาพประกอบ 18 โครงสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger) ให้ของไหลในถังและของไหลเย็นไหลในท่อ ลักษณะการไหลเป็นแบบสวนทางกัน

หาได้จากการคำนวณดังนี้ คือ

$$\Delta T_1 = T_{\text{hot,out}} - T_{\text{cold,in}}$$

$$\Delta T_2 = T_{\text{hot,in}} - T_{\text{cold,out}}$$

แทนค่าลงในสมการ

$$\Delta T_1 = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)}$$

เพื่อหา ค่าพลังงานความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน $Q = UA \Delta T$

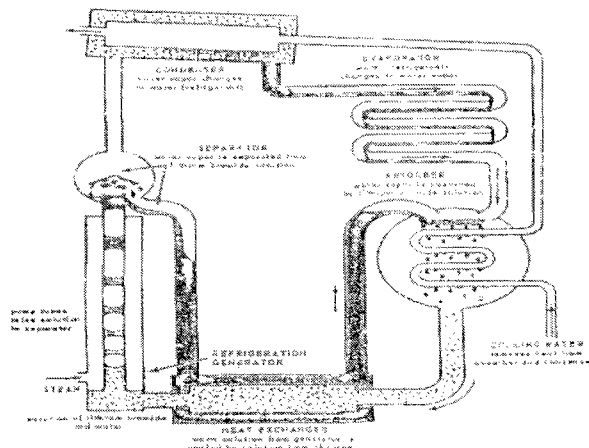
U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

A คือ พื้นที่

หลังจากนั้นนำค่า Q ที่ได้นำไปหาขนาดโดยหามวลของสารละลายที่ได้แทนค่าในสมการหาปริมาตร

ในสูตร

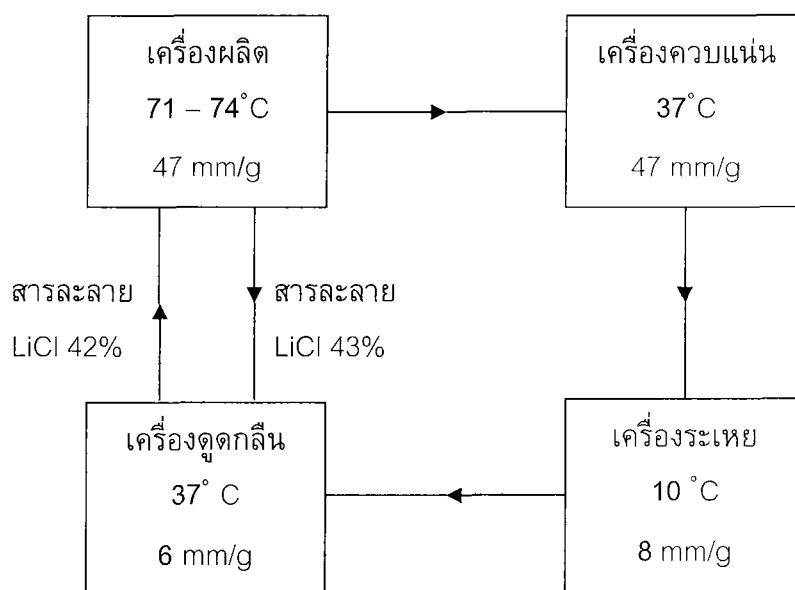
$$D = UA \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ M_{\text{ในท่อ}} & M_{\text{ในถัง}} \end{bmatrix}$$



ภาพประกอบ 19 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนต่อเนื่องที่ใช้ $\text{H}_2\text{O}-\text{LiCl}$ โดยไม่ต้องอาศัยปั๊ม

ในส่วนของการทำความเย็น ซึ่งทำงานที่ความดันต่ำมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง คือ เครื่องดูดกลืนและระเหย เครื่องดูดกลืนมีน้ำระบายความร้อนเช่นเดียวกับเครื่องควบแน่น และออกแบบให้สามารถระบายความร้อนออกจากสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจางในเครื่องดูดกลืน จนสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจางลดอุณหภูมิลงเหลือ 37°C เครื่องระเหยสามารถระเหยสารทำความเย็น(น้ำ) ที่อุณหภูมิ 10°C ซึ่งเป็นตัวกำหนดให้เครื่องระเหยมีความดันประมาณ 8 mm/g จากการที่เครื่องระเหยมีความดัน 8 mm/g ดังนั้น เครื่องดูดกลืนต้องมีความดันต่ำกว่าเครื่องระเหยเล็กน้อย ซึ่งออกแบบให้เครื่องดูดกลืนมีความดัน 6 mm/g สารละลายลิเทียมคลอไรด์ อุณหภูมิ 37°C และความดัน 6 mm/g จะมีความเข้มข้นประมาณ 43%

ดังนั้น จึงสามารถแสดงแผนผังแสดงค่าค่าในการคำนวณดังนี้



ภาพประกอบ 20 รูปแสดงค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ

3.5 ข้อพิจารณาเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ

3.5.1 คำนึงถึงการกัดกร่อนของสารละลายต่อวัสดุ วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี คือ เงิน ,ทองแดง และวัสดุประเภทสารสังเคราะห์ และสำหรับกระจกในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กระจกทนความร้อน

3.5.2 ความดันในระบบ เนื่องจากความดันที่ใช้จะต่ำมากเกือบเป็นสุญญากาศ เครื่องมือที่ใช้จึงเน้นให้เป็นลักษณะ ทรงกระบอกเป็นส่วนใหญ่ เพราะสามารถต้านทานแรงกดดันจากบรรยากาศได้ดี

3.5.3 อุณหภูมิสูงสุดในระบบที่วัสดุสามารถทนได้ อุณหภูมิของระบบจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส วัสดุที่เป็นทองแดง จะสามารถทนต่ออุณหภูมิได้อย่างดี

3.5.4 คุณสมบัติที่ถ่ายเทความร้อนได้ดี ถึงแม้ว่าทองแดงจะมีคุณสมบัติที่ถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า ทองคำ และเงินก็ตาม แต่มีระดับราคาถูกกว่ามาก

3.5.5 ราคาของวัสดุ และเมื่อพิจารณาถึงราคา วัสดุที่นำมาใช้เป็นทองแดง จึงเหมาะสม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไพบุลย์ หังสพฤกษ์. (2521) ได้วิจัยเรื่องทฤษฎีการทำความเย็นแบบดูดซึมทำงานต่อเนื่อง และทำงานเป็นพักๆ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำความเย็นแบบดูดซึมแทนพลังงานจากไอน้ำของหม้อน้ำ และการเผาไหม้แก๊ส โดยได้แสดงตัวอย่างผลการทดลองที่ได้ผลแล้วในอดีตประกอบด้วย ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่า การทำความเย็นแบบดูดซึมทำงานอย่างต่อเนื่องใช้ สารละลายลิเทียมโบรไมด์และน้ำ เป็นสารทำงาน และความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์มีศักยภาพที่จะผลิตขึ้นมาใช้กันแพร่หลายในอนาคตได้

วิทยา เทพไพฑูรย์ และ จักรินทร์ ภูมิรัตน์. (2524) ได้ศึกษาวิจัย เครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืน โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์และน้ำ ได้ศึกษาออกแบบเครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง ด้วยสารละลายลิเทียมคลอไรด์ 40 %และน้ำขนาด 1/5 ตัน โดยใช้ความร้อนจากน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 ° - 70 ° C สำหรับผลของการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ในการทำความเย็นอยู่ในช่วง 0.2 - 0.35 และอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ได้อยู่ในช่วง 14 ° - 16 °C ประสิทธิภาพของเครื่องมือถูกจำกัดด้วย Absorber ซึ่งทำให้สรรถภาพสูงสุดของเครื่องมือเป็น 1/7 ตัน เท่านั้น

สมาน เสนงาม. (2525) การวิจัยเกี่ยวกับเรื่องจานรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา ซึ่งเป็นงานวิจัยที่แสดง ผลงานให้เห็นถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อน เฉลี่ยประมาณร้อยละ 74 และอุณหภูมิสูงสุดที่ทำได้ 1100 °C ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย

พินิจ ศิริพฤกษ์พงษ์. (2525) การทดลองสร้างเครื่องทำความร้อน ที่ได้ติดตั้งและประเมินผลระบบทำน้ำร้อน พลังแสงอาทิตย์ ที่เรือนรับรอง 100 เชื้อนภูมิพล ผลการวิจัยปรากฏว่าได้น้ำร้อนอุณหภูมิเฉลี่ย 50 - 59 °C ในถังเก็บความร้อนขนาด 4,800 ลิตร โดยใช้ชุดควบคุมและปั๊มน้ำร้อน โดยใช้ไฟ 1.1 kw/h ต่อวัน ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ใช้อยู่เดิมมากกว่า 300 kw/h ต่อวัน

สมนึก บุญพาไสว (2527) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการปรับอากาศด้วยระบบลด - เพิ่มความชื้นในอากาศแบบวงจรเปิดโดยอาศัย ลิเทียมคลอไรด์-น้ำ ได้ออกแบบและทดสอบเครื่องมือต้นแบบเพื่อหาความเป็นไปได้ระบบ โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์ 47 % เป็นสารดูดความชื้น พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเท

มวลของแต่ละคอลัมน์ขึ้นอยู่กับอัตราไหลของอากาศ ไม่ขึ้นกับอัตราการไหลของของเหลว ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลมีความสัมพันธ์กับอัตราของอากาศ และจากการวิเคราะห์ค่า COP ประมาณ 0.64

จิรวรรณ เตียรธสุวรรณ และทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2536) ได้ศึกษาถึงสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ใช้สารคู่ผสม ได้พิจารณาเปรียบเทียบผลการทำงานของสารคู่ผสม 3 ชนิด คือ ลิเทียมคลอไรด์ - น้ำ , แอมโมเนีย - น้ำ และสารไตรเอทิลีนไกลคอล - น้ำ โดยเปรียบเทียบค่า COP ของระบบตลอดจนข้อจำกัดและปัญหาของการใช้งานของสารในช่วงอุณหภูมิ 2-15 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่จะนำมาใช้งานในการปรับอากาศ จากผลการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์พบว่า เมื่ออุณหภูมิของอุปกรณ์ต่างๆ ที่สภาวะเดียวกันสารทำงานแอมโมเนีย - น้ำ จะให้ค่าCOPสูงสุด คือ ตั้งแต่ 0.8 - 0.9 สารทำงานลิเทียมคลอไรด์-น้ำจะให้ค่า COP รองลงมาคือ 0.6 - 0.8 ส่วนสารละลาย ไตรเอทิลีนไกลคอล-น้ำ จะให้ค่า COP ต่ำที่สุด คือ อยู่ในช่วง 0.02 - 0.5 อุณหภูมิของแหล่งความร้อนที่ใช้พลังงานความร้อนช่วงที่เหมาะสมของเจนเนอเรเตอร์ อยู่ในช่วง 80 - 95°C ซึ่งจะเป็นช่วงที่ค่า COP ที่ดีที่สุด ระบบที่ใช้สารทำงาน แอมโมเนีย - น้ำ ถึงแม้จะมีสมรรถนะสูง แต่สารทำงานเป็นที่มีพิษหรือเป็นสารกัดกร่อน และลิเทียมคลอไรด์ - น้ำ ก็จะมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนน้อยกว่า แอมโมเนีย - น้ำ ในขณะที่ใช้สารทำงานไตรเอทิลีนไกลคอล-น้ำ มีค่า COP ต่ำ แต่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามสำหรับสารคู่สุดท้ายอุณหภูมิของอีแวปอเรเตอร์ต้องทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่า 8° C จึงจะมี COP ที่สูงขึ้นมากพอ

อลงกรณ์ สุขใส (2538) ได้ทำงานวิจัยการออกแบบระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ในโรงแรม ของอลงกรณ์ สุขใส ผลจากการศึกษาได้แบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้ คือ ผลของจำนวนแผงรับรังสีเมื่อมีการต่อแบบขนานและอนุกรม พบว่าเมื่อต่อแผงรับรังสีมากกว่า 5 แผงทำให้อัตราความร้อนเสริมลดลงไม่เกินร้อยละ 10 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนที่นำไปใช้งานเพิ่มขึ้น อัตราความร้อนเสริมจะเพิ่มขึ้น ผลของขนาดถังเก็บสะสมความร้อน จะเห็นว่าถังเก็บน้ำร้อนขนาดใหญ่จะใช้พลังงานความร้อนเสริมต่ำกว่าถังเก็บน้ำร้อนที่มีขนาดเล็กกว่า

กิตติ สถาพรประสาธน์ (2541) ได้ทำงานวิจัย เรื่อง พัฒนารูปแบบการใช้ผนังทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับประเทศไทย ได้กำหนดวัตถุประสงค์ คือ ใช้น้ำร้อนภายในบ้านพักอาศัย ลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกผ่านผนังเข้ามาในบ้านพักอาศัย และก่อให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ โดยออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ ซึ่งประกอบไปด้วย แผ่นพลาสติก ช่องว่างอากาศระหว่างแผงรับรังสีอาทิตย์กับแผ่นพลาสติก ถังน้ำสะสมความร้อน และฉนวน โดยผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำร้อนจะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 17.00 ถึง 18.00 น. โดยสามารถใช้ประโยชน์ของน้ำร้อนได้อย่างเหมาะสมที่สุดในตอนเย็นของแต่ละวัน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 40 - 45° C และสามารถก่อให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ ก่อนข้างน้อย

มนตรี มนต์ไชยะ (2542) ได้ศึกษาและสร้าง เรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนชนิดเปิด โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งภายในระบบประกอบด้วยอุปกรณ์เพิ่มความเข้มข้นสารละลายเบรีเยนเนอเรตติ้ง-คอลเล็กเตอร์ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องดูดกลืน เครื่องทำระเหย และลิ้นลดความดัน ใช้สารผสมลิเทียมคลอไรด์-น้ำ เป็นสารคู่ทำงาน โดยให้ลิเทียมคลอไรด์เป็นสารดูดกลืน และน้ำเป็นสารทำความเย็น เพื่อหาค่าพารามิเตอร์สำคัญ ที่ทางออกของรีเยนเนอเรตติ้ง-คอลเล็กเตอร์คืออุณหภูมิ อัตราการไหลความเข้มข้นของสารละลาย และปริมาณไอน้ำในอากาศ โดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการทำงานความเย็นขนาด 1 ตันความเย็น โดยใช้พื้นที่รีเยนเนอเรตติ้ง-คอลเล็กเตอร์ ขนาด 10 m² จะต้องใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ 7.41 KW สารดูดกลืนที่ทางเข้าคอลเล็กเตอร์จะต้องมีอุณหภูมิ 60

องศาเซลเซียส ความเข้มข้น 38 %LiCl โดยน้ำหนัก และมีอัตราการไหล 0.019 kg/s ส่วนอากาศที่ทางเข้าคอลเล็กเตอร์ จะต้องมีความชื้น 27.96 องศาเซลเซียส อัตราส่วนความชื้น 0.018 kg water/kg dry air อัตราการไหล 0.037 kg/s และต้องใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีค่า $UA_{HE} = 0.05 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$ โดยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 0.58 m^2 , และเครื่องดูดกลืนที่มีค่า $UA_A = 2.398 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$ โดยมีพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน 21.4 m^2 , ส่วนในเครื่องทำระเหยที่มีค่า $UA_E = 1.189 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$ โดยมีพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน 8.5 m^2 , และระบบจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะสูงสุด (COP) = 0.58 ในช่วงอัตราการไหลมวลสารดูดกลืนระหว่าง $0.0167 - 0.022 \text{ kg/s}$ และอัตราการไหลของมวลอากาศ $0.037 - 0.05 \text{ kg/s}$ ตามลำดับ

กล่าวโดยสรุป ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยดังกล่าวก็เพื่อหาแนวทางในการศึกษาระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนอย่างต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ โดยนำมาพัฒนาระบบทำความเย็น คำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆของงานวิจัย รวมถึงสมรรถนะของตู้เย็นต่อการใช้งานในด้านกายภาพและให้ได้รับความปลอดภัยต่อผู้บริโภคน้ำดื่มด้วย

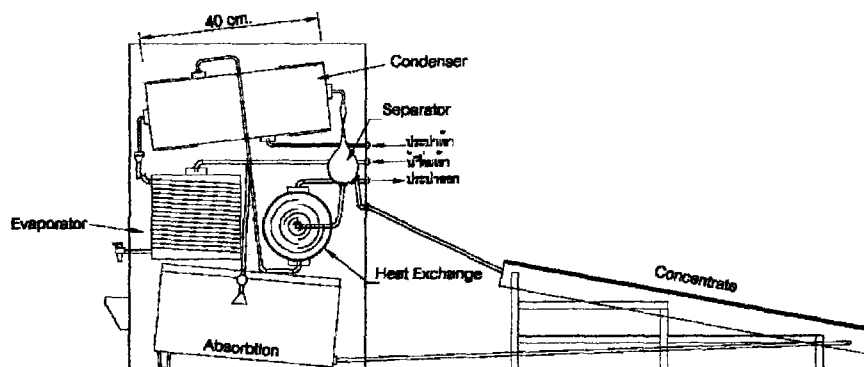
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อสร้างตู้น้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนในการดำเนินการทดลองสร้างดังนี้

1. การออกแบบเครื่องและวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ
2. ตัวแปรที่จะศึกษา
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
4. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. แผนการดำเนินการวิจัย
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การออกแบบเครื่องและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ



ภาพประกอบ 21 ภาพโครงสร้างระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

1.1 การหาขนาดของระบบน้ำเย็น

ระบบน้ำเย็นเป็นเครื่องทำความเย็นที่ทำน้ำให้เย็นสำหรับดื่มและใช้ โดยการวิจัยนี้ได้เลือกระบบการทำน้ำเย็นแบบต่อเนื่องที่เข้าในท่อของระบบทำน้ำเย็นโดยตรง อย่างไรก็ตาม หลักการก่อนที่จะทำน้ำดื่มให้เย็นนั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ $15 - 26.7^{\circ}\text{C}$ ($60 - 80^{\circ}\text{F}$) หรือมากกว่า ในที่นี้จะกำหนดตัวเลขในการคำนวณอยู่ที่ 35°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องโดยทั่วไป และเมื่อทำให้น้ำเย็นแล้วจะให้มันมีอุณหภูมิประมาณ 10°C (50°F) เมื่อหาภาระของการทำความเย็นแล้ว ในกระบอกใส่น้ำจะมีปริมาตรบรรจุน้ำได้ประมาณ 5 ลิตร ซึ่งเพียงพอกับการดื่มน้ำสำหรับ 20 แก้ว

ส่วนการออกแบบเครื่องที่มีใช้ในการทำน้ำเย็นจะประกอบไปด้วยรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข การคำนวณระบบ

1.2 การออกแบบเครื่องระเหย (Evaporator)

เครื่องระเหยหรือ Evaporator เป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบทำความเย็นทุกชนิด เพราะเป็นส่วนที่จะทำให้เกิดความเย็นตามต้องการ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำเป็นสารทำความเย็น โดยที่กำหนดปริมาณความต้องการใช้น้ำจำนวน 5 ลิตร หาปริมาตรของถังที่บรรจุน้ำ กำหนดรูปแบบออกมาในลักษณะทรงกระบอก เพื่อสามารถพันคอยล์ทองแดงที่รอบถังได้ และหุ้มด้วยโฟมซึ่งจะทำความเย็นกับอากาศ ในเครื่องระเหยนี้จะทำหน้าที่คล้ายคอยล์เย็นทั่วไปที่เป็นแบบท่อและครีป แต่มีความแตกต่างกันที่ลักษณะการไหลของสารทำความเย็น กล่าวคือ สารทำความเย็นในคอยล์เย็นทั่วไปจะไหลกลับไปมาตามท่อที่ขดกลับไปมาเป็นคอยล์ แต่สารทำความเย็น คือ น้ำในเครื่องระเหยที่ออกแบบนี้จะไหลไปในทิศทางเดียวกัน และพันรอบๆ ถังอลูมิเนียม ด้วยทองแดง เส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว โดยได้ปริมาตรมาจาก ผลการคำนวณในภาคผนวก ข ในการหาปริมาตรของสารละลายที่ต้องผ่านเข้าที่เครื่องระเหยตามต้องการแล้ว หาขนาดท่อจากอัตราส่วนพื้นผิวภายนอกของท่อให้สามารถพันรอบถังอลูมิเนียมได้ ในลักษณะเริ่มจากบนลงล่าง

เหตุผลของการออกแบบลักษณะนี้ เพราะไอสารทำความเย็นที่ระเหยออกจากเครื่องระเหยนี้ จะเคลื่อนที่ไหลไปตามท่อผ่านเข้าไปในเครื่องดูดกลืน ด้วยแรงดันที่เกิดจากไอสารทำความเย็นเอง ดังนั้น ถ้าเครื่องระเหยมีลักษณะเป็นท่อที่ขดกลับไปมา เป็นคอยล์แล้วจะทำให้เกิดความดันแตกต่างกัน และความดันในเครื่องระเหยจะสูงขึ้นซึ่งเป็นผลทำให้อุณหภูมิในเครื่องระเหยมีค่าสูง ส่วนในเครื่องระเหยของเครื่องทำความเย็นทั่วไปนั้น ไปสารทำความเย็นสามารถไหลกลับไปมาตามท่อที่ขดกลับไปมาเป็นคอยล์ได้ เพราะมีเครื่องอัดช่วยดูดสารทำความเย็นด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการออกแบบให้มี Sight glass เพื่อสังเกตระดับของน้ำในเครื่องระเหยด้วย

$$\text{จาก } Q_{\text{cooling load}} / \text{Time} = U A (\Delta T)$$

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

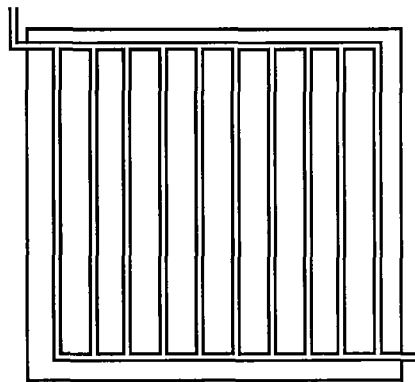
A คือ พื้นที่ผิวทำความเย็น m^2

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในท่อและภายนอก

1.3 การออกแบบเครื่องผลิต

เครื่องผลิตเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตสารทำความเย็นหรือน้ำ ซึ่งจะระเหยกลายเป็นไอออกจากสารละลายที่เยือกหล่อไว้ด้วยความเข้มข้น 42 % ลักษณะรูปร่าง ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการถ่ายเทให้กับสารละลายในเครื่องผลิตนี้มี 2 ส่วน

1.3.1 ส่วนอุ่น (Pre-Heating Section) เป็นส่วนที่ทำให้สารละลายที่ถูกปั๊มออกมาจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 65°C ร้อนขึ้นจนมีอุณหภูมิถึงจุดเดือดของสารละลายประมาณ 72°C ในส่วนอุ่นนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะและความเข้มข้นของสารละลาย ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่ใช้จึงเป็นความร้อนสัมผัส (Sensible heat) เท่านั้น กระบวนการถ่ายเทความร้อนในส่วนอุ่นนี้เกิดขึ้นที่ท่อทองแดง



ภาพประกอบ 22 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

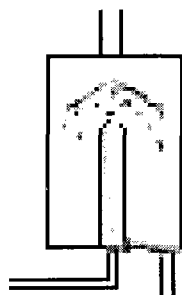
$$\text{คำนวณจากสูตร } Q_w = mc_p \Delta T$$

- หาปริมาณความร้อนในการอุ่นสารละลาย
- หาปริมาณความร้อนในการระเหยน้ำ

$$\text{เมื่อ } M = m_{\text{น้ำ}} + m_{\text{LiCl}}$$

$$\text{และจึงจะหาพื้นที่ของแผงรับพลังงาน} = \frac{\text{ความร้อนที่ต้องการ}}{\text{ความร้อนที่รับมาได้}}$$

1.3.2 ส่วนต้มเดือด (Boiling Section) เป็นส่วนที่ทำให้สารละลายจากส่วนอุ่น ซึ่งมีอุณหภูมิ 72 °C เดือดเพื่อระเหยน้ำให้กลายเป็นไอแยกตัวออกจากสารละลาย ปริมาณความดันที่ใช้ส่วนนี้เรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization)



ภาพประกอบ 23 ส่วนต้มเดือดของเครื่องผลิต

เมื่อน้ำระเหยแยกตัวออกไปแล้ว จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายมีความสูงขึ้น และจะทำให้จุดเดือดมีค่าสูงขึ้นด้วย ในการออกแบบได้กำหนดให้ความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลออกจากเครื่องผลิตนี้มีค่า 43 % ซึ่งจะทำให้จุดเดือดของสารละลายมีค่าประมาณ 74 °C ปริมาณความร้อนที่ใช้ในส่วนนี้เรียกว่า ปริมาณความร้อนเพื่อเพิ่มจุดเดือด เนื่องจากสารละลายเข้มข้น (Heat absorbed in change of boiling point)

เมื่อสารละลายมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น จะทำให้สารละลายมีการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนเคมีเกิดขึ้นด้วย กล่าวคือจะมีการดูดกลืนความร้อนของสารละลาย ดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณความร้อนอีกจำนวนหนึ่ง เรียกว่า ปริมาณความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย (Endothermic heat of solution) กระบวนการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดนี้เกิดขึ้นที่ท่อทองแดง ซึ่งได้ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

ภายนอก 3/8 นิ้ว ยาว 1 เมตร จำนวน 10 ท่อ วางเรียงตัวกัน อยู่ภายในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ในเครื่องผลิตนี้ ส่วนการกระจายของสารละลายให้ไหลภายในท่อนั้น จะมีตัวกระจาย (Distributor) เพื่อรับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง โดยกำหนดระบบการวางเส้นท่อในระบบขนาน เพราะระบบขนานจะสามารถเพิ่มปริมาณในการขับดันจากทุกท่อไปยังคอนเดนเซอร์ได้และจุดนี้เอง จึงเป็นจุดที่ดีของระบบนี้

$$\text{จากสูตรการคำนวณ } Q_w = m c_p \Delta T$$

- หาปริมาณความร้อนเพื่อเพิ่มจุดเดือด เนื่องจากสารละลายเข้มข้น
- หาปริมาณความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย

เพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของเครื่องผลิต หน่วยเป็น บีทียู / ชั่วโมง

1.4 การออกแบบเครื่องควบแน่น

เครื่องควบแน่นเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ ไอสารทำความเย็นคือไอน้ำที่ระเหยแยกตัวออกมาจาก สารละลายในเครื่องผลิตซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 72°C ควบแน่นกลายเป็นของเหลวโดยการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ในการวิจัยนี้ได้ใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 32°C ไอสารละลายที่ควบแน่นเป็นน้ำแล้วจะมีอุณหภูมิประมาณ 37°C ซึ่งจะถูกทำให้มีความดันต่ำลงโดย Expansion valve ต่อไป มีความยาว 8 เมตร

การออกแบบเครื่องควบแน่น ได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นขดคอยล์ทองแดง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กกว่าขนาดท่อ PVC ที่ได้ออกแบบไว้ขนาด 6 นิ้ว ดังนั้นคอยล์ทองแดงจึงมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 5 – 4 นิ้ว ตามขนาดที่สามารถดัดท่อได้ ขนาดของท่อ 3/8 นิ้วนั้น จากที่คำนวณมีความยาว 8 เมตร เมื่อพันท่อออกมาจึงมีความยาวของคอยล์ไม่เกิน 40 เซนติเมตร รวมทั้งแนวเส้นทางของคอนเดนเซอร์ ที่วางในทิศทางเอียงจนซ้ายไปขวาทำมุมเล็กน้อย เพื่อให้ของเหลวที่สารละลายเจือจางไหลลงไปสู่เครื่องระเหยได้ ในระบบท่อ PVC ได้เจาะข้างท่อเพื่อต่อให้น้ำประปาระบายความร้อนได้ผ่านภายในเส้นท่อดังกล่าวด้วย

$$\text{คำนวณจากสูตร } Q_w = m c_p \Delta T$$

- หาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากไอร้อนยิ่งยวดให้เป็นไอน้ำอิ่มตัว
- หาอัตราการถ่ายเทความร้อนแฝงที่ระบายออกเพื่อให้น้ำกลั่นตัว
- หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ระบายออกเพื่อลดอุณหภูมิ

เพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมทั้งหมดในเครื่องควบแน่น

1.4.1 ส่วนลดความร้อนไอร้อนยิ่งยวด (Desuperheated Section)

เป็นส่วนที่ทำให้ไอน้ำเป็นไอร้อนยิ่งยวดยิ่งกลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันและอุณหภูมิเดียวกัน คือ ประมาณ 47 mmHg และ 72°C ในส่วนนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของไอน้ำ ดังนั้น ความร้อนที่ระบายออกจึงเป็นความร้อนสัมผัสเท่านั้น กระบวนการถ่ายเทความร้อนนี้ เกิดขึ้นที่ท่อทองแดง ซึ่งได้ออกแบบไว้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1/2 นิ้ว

1.4.2 ส่วนควบแน่น (Condensation Section)

เป็นส่วนที่ทำให้ไอน้ำจากส่วนลดความร้อนไอร้อนยิ่งยวด กลายเป็นน้ำอิ่มตัว อุณหภูมิ 37°C ความร้อนที่ถ่ายเทออกนี้เป็นความร้อนแฝงของการควบแน่นของไอน้ำ หรือความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำนั่นเอง

1.5 การออกแบบเครื่องดูดกลืน

ปริมาณความร้อนเนื่องจากการควบแน่น (Heat of condensation) เป็นความร้อนแฝงที่เกิดจากไอน้ำอิ่มตัว 10°C (อาจจะมีไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 10°C) ด้วย เนื่องจากเครื่องระเหยถ่ายเทความร้อนเพื่อควบแน่นกลายเป็นน้ำอิ่มตัว 37°C

เครื่องดูดกลืนเป็นอุปกรณ์ เป็นที่รวมของสารละลายเข้มข้น จากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและสารละลายเจือจางจากเครื่องระเหย และในเครื่องดูดกลืนนี้เสมือนจุดพักน้ำยา รวมทั้งจุดที่ปล่อยน้ำยาให้เข้าสู่เครื่องผลิตอีกครั้ง รวมทั้งเกิดปฏิกิริยาดูดกลืนก็จะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งนี้ การดูดกลืนที่ดีจะต้องมีอุณหภูมิที่ต่ำ ดังนั้น จึงออกแบบระบบท่อขดในลักษณะการวางนอนในถังน้ำ แนวนราบ และจุดนี้เองก็เป็นจุดที่เป็นแรงดันต่ำด้วย เพื่อให้สามารถถูกดูดโดยเครื่องผลิตเพื่อเข้าสู่ระบบต่อ

$$\text{คำนวณจากสูตร } Q = mc_p \Delta T$$

- หาปริมาณความร้อนเนื่องจากการลดอุณหภูมิ ผลมาจากการเจือจางของสารดูดกลืน
- หาปริมาณความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย (Exothermic Heat of Solution)

- หาปริมาณความร้อนเนื่องจากการควบแน่น
- เพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดในการดูดกลืน

1.6 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังและท่อ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของสารละลายลิเทียมคลอไรด์เข้มข้น ซึ่งมีอุณหภูมิสูงที่ไหลออกมาจากเครื่องผลิต ลักษณะรูปร่างจะเป็นลักษณะทรงกระบอกที่มีลักษณะเช่นเดียวกันคอนเดนเซอร์ ตามปกติระบบการแลกเปลี่ยนความร้อนจะนำเอาสารละลายเจือจางมาแลกเปลี่ยนความร้อน แต่การศึกษาในครั้งนี้เพื่อที่จะทำให้การประกอบง่ายขึ้น จึงได้นำเอาน้ำที่ใช้ระบายในส่วนของคอนเดนเซอร์มาใช้ระบายจุดนี้ต่อ และตำแหน่งจะอยู่ในแนวนอน ภายในประกอบด้วยท่อทองแดง ขนาด 3/8 นิ้ววางเรียงเป็นขด โดยภายในท่อทองแดงที่ขดเป็นคอยล์ไว้จะมีสารละลายลิเทียมคลอไรด์เข้มข้นไหลในทิศทางสวนกันกับน้ำที่ระบายความร้อน

หาได้จากการคำนวณดังนี้ คือ

$$\Delta T_1 = T_{\text{hot,out}} - T_{\text{cold,in}}$$

$$\Delta T_2 = T_{\text{hot,in}} - T_{\text{cold,out}}$$

แทนค่าลงในสมการ

$$\Delta T = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln (\Delta T_2 / \Delta T_1)}$$

เพื่อหา ค่าพลังงานความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

$$Q = UA \Delta T$$

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

A คือ พื้นที่

หลังจากนั้นนำค่า Q ที่ได้นำไปหาขนาดโดยหามวลของสารละลายที่ได้แทนค่าในสมการหาปริมาตร

ในสูตร

$$D = UA \left[\frac{1}{M_{\text{ในท่อ}}} - \frac{1}{M_{\text{ในถัง}}} \right]$$

2. ตัวแปรที่จะศึกษา

ศึกษาสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

- 2.1. ความสามารถในการทำความเย็น
- 2.2. ด้านกายภาพ
- 2.3. ด้านความปลอดภัย

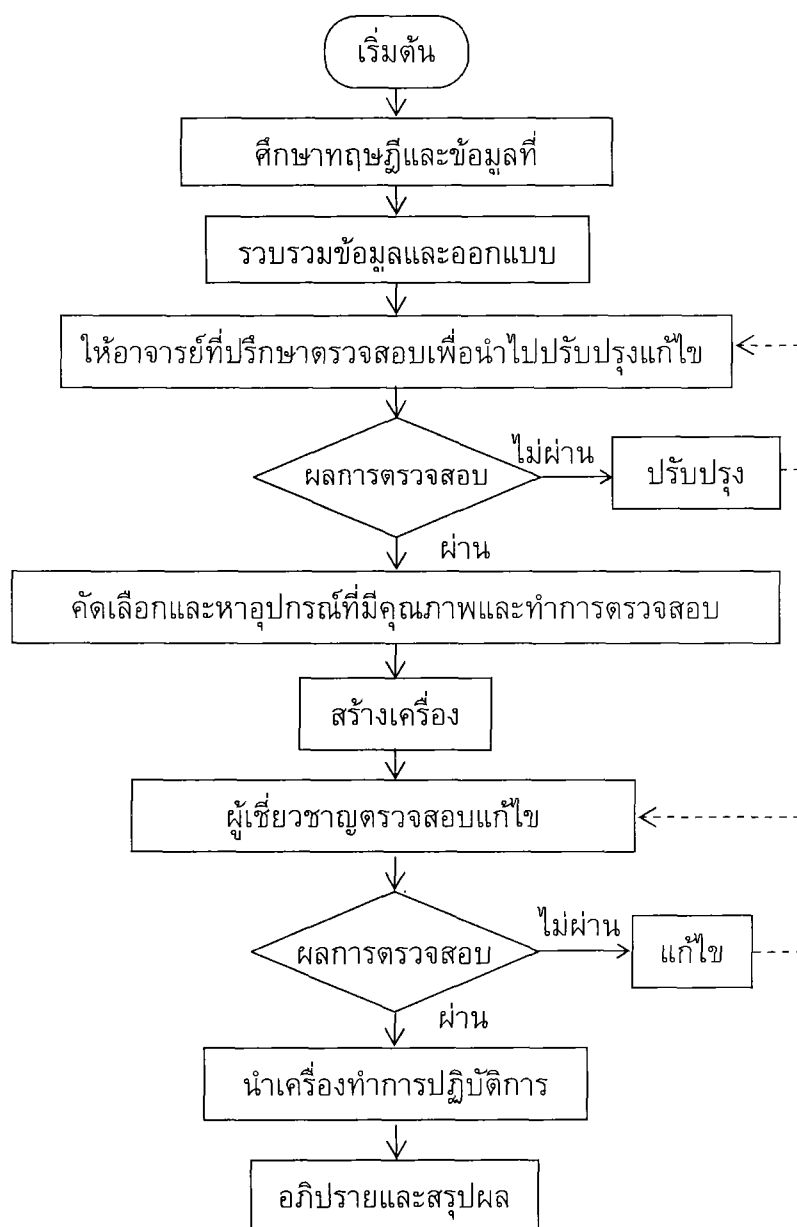
3. เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.1.1 ชุดเกจแมนิโฟลด์ สำหรับวัดแรงดันของสารละลาย
 - 3.1.2 มีดตัดท่อ
 - 3.1.3 เครื่องมือบานแฟลร์ท่อ
 - 3.1.4 เหล็กขยายท่อ
 - 3.1.5 เครื่องมือตัดท่อ
 - 3.1.6 ชุดเชื่อมแก๊ส
 - 3.1.7 ค้อน
 - 3.1.8 ประแจเลื่อน
 - 3.1.9 สว่านไฟฟ้า
 - 3.1.10 เลื่อยเหล็ก
 - 3.1.11 ชุดตะไบ
 - 3.1.12 คีมล็อก
 - 3.1.13 เครื่องทำสุญญากาศ
 - 3.1.14 เครื่องปั๊มสำหรับล้างวงจรน้ำยา
 - 3.1.15 เทอร์โมมิเตอร์
 - 3.1.16 เครื่องเป่าลมทำความสะอาด
 - 3.1.17 กระบอกตวงสารละลาย
- 3.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเป็นท่อทองแดง ขนาด 3/8 นิ้ว
 - 3.2.1 ชุดอุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Value) ขนาด 3/8 นิ้ว 1 ชุด
 - 3.2.2 ท่อทองแดงชนิดบาง
 - 3.2.3 ท่อทองแดงชนิดหนา
 - 3.2.4 โครงเหล็กสำหรับทำโครงสร้าง
 - 3.2.5 กระจกมองน้ำยา
 - 3.2.6 ท่อแคปิลลารี
 - 3.2.7 ถังน้ำอุณหภูมิเย็น
 - 3.2.8 ท่อพีวีซีสำหรับทำเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
 - 3.2.9 ลวดเงินเชื่อมทองแดง
 - 3.2.10 สีสเปรย์สีดำ

- 3.2.10 สีสเปรย์สีดำ
- 3.2.11 กระจกเทมเปอร์กันความร้อน
- 3.2.12 ฉนวนใยแก้วกันความร้อน
- 3.2.13 แผ่นฉนวนกันความร้อน

4. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

4.1 แผนงานการปฏิบัติงาน



6. แผนการดำเนินการวิจัย

ตาราง 3 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัย	ระยะเวลา												
	ม.ค.2545	ก.พ.2545	มี.ค.2545	เม.ย.2545	พ.ค.2545	มิ.ย.2545	ก.ค.2545	ส.ค.2545	ก.ย.2545	พ.ย.2545	ธ.ค.2545	ม.ค.2546	ก.พ.2546
1. เรียนรู้เรื่องการทำงานในการวิจัย	→												
2. ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย			→	→	→	→	→						
3. ออกแบบส่วนประกอบต่างๆของงานวิจัย							→	→	→				
4. ลงมือสร้างงาน แต่ละส่วนประกอบที่ออกแบบไว้								→	→	→			
5. ตรวจสอบความถูกต้องแต่ละส่วนประกอบที่ได้ ออกแบบไว้									→	→			
6. ประกอบแต่ละส่วนประกอบเข้าด้วยกันให้เป็นเครื่อง ที่สมบูรณ์										→	→		
7. ใช้เครื่องที่ประกอบขึ้นมาทำการปฏิบัติทดลอง											→	→	
8. เก็บรวบรวมผลการทดลองมาวิเคราะห์												→	→
9. อภิปรายและสรุป													→

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบการประเมินผลการหาประสิทธิภาพมาสรุปผล และการหาสมรรถนะด้านการใช้งานและด้านความปลอดภัย จากการทดสอบผู้เชี่ยวชาญ 3 คน นำมาคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

7.1 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

7.1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเลขคณิต
 $\sum X$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

7.1.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

7.1.3 หาค่า t

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}} \quad \text{เมื่อ} \quad df = n - 1$$

เมื่อ μ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

S = ส่วนเบี่ยงเบนของกลุ่มมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

7.2 กำหนดเกณฑ์การแปลความทางด้านสมรรถนะ ดังต่อไปนี้

คะแนน	แปลความ
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
2	ต้องปรับปรุง
1	ใช้ไม่ได้

7.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ		
4.51 – 5.00	ดีมาก	=	ผ่านเกณฑ์
3.51 – 4.50	ดี	=	ผ่านเกณฑ์
2.51 – 3.50	พอใช้	=	ผ่านเกณฑ์
1.51 – 2.50	ต้องปรับปรุง	=	ไม่ผ่านเกณฑ์
1.00 – 1.50	ใช้ไม่ได้	=	ไม่ผ่านเกณฑ์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำ 4 แบบ ดังนี้

1. เสนอเป็นลักษณะการบรรยาย สมรรถนะของการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ แปลความหมายจากการหาผลการทดลอง

2. เสนอเป็นลักษณะการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะทั้ง 2 ด้านคือ ด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัยของการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ โดยแปลงจากตารางข้อมูล ที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

3. ผู้เชี่ยวชาญที่จะประเมินสมรรถนะทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ จำนวน 3 คน มีคุณสมบัติจบการศึกษาระดับปริญญาตรี มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาเกี่ยวกับเครื่องเย็นไม่ต่ำกว่า 10 ปี

4. ส่วนข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอิสระ ผู้วิจัยนำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเสนอเป็นข้อ ๆ จากข้อที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วยในขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษา รายละเอียดทฤษฎีและข้อมูล ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลในการออกแบบ ขั้นตอนที่ 3 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ขั้นตอนที่ 4 คัดเลือกและหาอุปกรณ์ที่มีคุณภาพและทำการตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 5 กำหนดระยะเวลาและสถานที่ในการสร้างระบบทำน้ำเย็น ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบระบบ ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงแก้ไขจุดผิดพลาดของการทดลอง ขั้นตอนที่ 8 หาสมรรถนะของระบบน้ำเย็นที่ได้จัดสร้างขึ้น ขั้นตอนที่ 9 นำข้อมูลที่ได้จากการหาสมรรถนะมาทำการวิเคราะห์ซึ่งได้ผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการศึกษาน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

การหาสมรรถนะระบบน้ำเย็นโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ทดสอบการทำงานของระบบทำน้ำเย็น โดยการหาค่าของระบบทำน้ำเย็นที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตาราง 4 บันทึกผลการทดลองเพื่อหาสมรรถนะความสามารถการทำน้ำเย็น

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิของสารละลายที่รับโหลดความร้อนที่เกิดขึ้นเฉลี่ยต่อวัน		อุณหภูมิของน้ำดื่มทำน้ำเย็นได้เฉลี่ยต่อวัน	
	เข้า	ออก	เข้า	ออก
1	56.4	81.3	32.35	23.88
2	52.1	86.42	31.9	23.10
3	24.0	35.2	29.0	22.86
4	52.5	83.3	32.4	24.73
5	54.9	80.9	32.35	23.88
รวมเฉลี่ย	47.98	73.42	31.6	23.69

จากตาราง 4 สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นจำนวน 5 วัน ในวันแรกอุณหภูมิน้ำที่ได้ 23.88 องศาเซลเซียส วันที่สองอุณหภูมิน้ำที่ได้ 23.10 องศาเซลเซียส วันที่สามอุณหภูมิที่ได้ 22.86 องศาเซลเซียส วันที่สี่อุณหภูมิที่ได้ 24.73 องศาเซลเซียส วันที่ห้าอุณหภูมิที่ได้ 23.88 องศาเซลเซียส สรุป อุณหภูมิเฉลี่ยได้น้ำเย็นอยู่ที่ 23.69 องศาเซลเซียส

สรุปว่า สมรรถนะของเครื่องที่ได้กำหนดไว้นั้นไม่สามารถทำน้ำเย็นได้ ถึง 10 องศาเซลเซียส

การประเมินสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญ ของทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ ทำการประเมิน 2 ด้านคือ ด้านกายภาพ และ ด้านความปลอดภัย ซึ่งมีรายละเอียดทั้ง 2 ด้านดังนี้

ตาราง 5 รายละเอียดสมรรถนะด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัยของระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ (N = 3)

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
ด้านกายภาพ			
1.ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น	3.67	0.58	พอใช้
2.ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน	3.33	0.58	พอใช้
3.ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน	3.33	0.58	พอใช้
4.การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง	4.00	0.00	ดี
5.สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย	4.00	0.00	ดี
6.ตำแหน่งของการวางน้ำที่ใช้ดื่ม	4.00	0.00	ดี
7.ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน	4.00	0.00	ดี
8.สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์	2.67	0.58	ปรับปรุง
9.สามารถนำน้ำไปใช้จริงได้	2.67	0.58	ปรับปรุง
รวม	3.52	0.43	พอใช้
ด้านความปลอดภัย			
1.การติดตั้งมีความมั่นคงแข็งแรง	4.33	0.58	ดี
2.อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบ ท่อน้ำเย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้	4.00	0.00	ดี
3.ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถปนเปื้อนน้ำใช้ได้	4.00	0.00	ดี
4.ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบ	4.00	0.00	ดี
รวม	4.08	0.29	ดี

สมรรถนะด้านกายภาพ ประกอบด้วยข้อ 1-9 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลในภาพรวมว่าอยู่ในระดับพอใช้ การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง , ความสามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย , ตำแหน่งของการวางน้ำที่ใช้ดื่ม , และความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.00$) อยู่ในระดับดี ส่วนรองลงมาขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น , ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน ($\bar{X} = 3.67$ ระดับพอใช้ , 3.33 ระดับพอใช้, 3.33 ระดับพอใช้ตามลำดับ) ส่วนการประเมินต่ำสุดคือ สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์ และสามารถนำน้ำไปใช้จริงได้นั้นมีค่าต่ำสุด คืออยู่ในระดับ ($\bar{X} = 2.67$ ระดับปรับปรุง)

ส่วนสมรรถนะด้านความปลอดภัย ประกอบด้วย 1-4 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลในภาพรวมว่าอยู่ในระดับดี การติดตั้งมีความมั่นคงแข็งแรง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.33$) อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำเย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้ , ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถปนเปื้อนน้ำใช้ได้ , ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.00$) ทั้งหมด

ตาราง 6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

รายละเอียดสมรรถนะ	ค่าเฉลี่ย	SD	t
1. ด้านกายภาพ	3.52	0.43	-2.09
2. ด้านความปลอดภัย	4.07	0.26	6.50

H_0 = 4
 C.V. = 2.92
 p = 0.05

จากตาราง 6 ค่า t ด้านกายภาพมีค่า -2.09 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า Critical Values (C.V.) คือ 2.92 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน ส่วนค่า t ด้านความปลอดภัยมีค่า 6.50 ซึ่งมีค่ามากกว่า Critical Values (C.V.) คือ 2.92 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน
 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งาน และจากคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยได้รวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะดังในตารางที่ 7

ตาราง 7 การจัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คนที่มีต่อ สมรรถนะระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ลำดับความคิดเห็น	จำนวนผู้แสดงความคิดเห็น
1. ปรับปรุงอุปกรณ์ให้เหมาะสมขึ้น เพื่อความสะดวกในการใช้งานที่ดี	1
2. จัดวางแนวอุปกรณ์ใหม่ เพื่อให้สามารถมีการไหลของสารละลายที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอุปกรณ์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์แยกของเหลวและแก๊ส ควรออกแบบให้ดีกว่านี้	1

บทที่ 5

สรุปอภิปรายและข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานทางเทคโนโลยี ของระบบทำความเย็น เพื่อการประหยัดพลังงาน และรักษาสภาพแวดล้อม

สมมติฐานการวิจัย

ศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำนี้ โดยมีสมรรถนะด้านความสามารถในการทำความเย็นได้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และสมรรถนะทางกายภาพและความปลอดภัยอยู่ในระดับดี

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 9 ขั้นตอนดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหา ทำการศึกษารายละเอียดทฤษฎีและข้อมูล รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ ส่วนประกอบและวิธีการออกแบบระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลในการออกแบบ และส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง

ขั้นตอนที่ 3 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 4 คัดเลือกและหาอุปกรณ์ที่มีคุณภาพและทำการตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดระยะเวลาและสถานที่ในการระบบทำน้ำเย็น

ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบระบบทำน้ำเย็นที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงแก้ไขจุดผิดพลาดของการทดลอง

ขั้นตอนที่ 8 ทดลองและประเมินสมรรถนะของระบบทำน้ำเย็นที่ได้จัดสร้างขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ด้านเครื่องเย็น 3 คน หรือมีประสบการณ์สอนด้านเครื่องเย็น ไม่ต่ำกว่า 10 ปี ทดลองทำงาน แล้วประเมินสมรรถนะระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ขั้นตอนที่ 9 นำข้อมูลที่ได้จากการหาสมรรถนะมาทำการวิเคราะห์

การประเมินหาสมรรถนะ

1. ในการทดลองจำนวน 5 วัน โดยบันทึกหาจากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิความเย็นที่ระบบทำน้ำเย็นทำได้ เพื่อหาอุณหภูมิ 10°C
2. สมรรถนะด้านกายภาพ
3. สมรรถนะด้านความปลอดภัย

ผลการวิจัย

1. สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นจำนวน 5 วัน ในวันแรกอุณหภูมิน้ำที่ได้ 23.88 องศาเซลเซียส วันที่สองอุณหภูมิน้ำที่ได้ 23.10 องศาเซลเซียส วันที่สามอุณหภูมิที่ได้ 22.86 องศาเซลเซียส วันที่สี่อุณหภูมิที่ได้ 24.73 องศาเซลเซียส วันที่ห้าอุณหภูมิที่ได้ 23.88 องศาเซลเซียส สรุป อุณหภูมิเฉลี่ยได้น้ำเย็นอยู่ที่ 23.69 องศาเซลเซียส สรุปว่า สมรรถนะของเครื่องที่ได้กำหนดไว้นั้นไม่สามารถทำความเย็นได้ ถึง 10 องศาเซลเซียส

2. สมรรถนะด้านกายภาพ ประกอบด้วยข้อ 1-9 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลในภาพรวมว่าอยู่ในระดับพอใช้ การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง ความสามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย ตำแหน่งของการวางน้ำที่ใช้ดื่ม และความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.00$) อยู่ในระดับดี ส่วนรองลงมาขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน ($\bar{X} = 3.67$ ระดับพอใช้ 3.33 ระดับพอใช้ 3.33 ระดับพอใช้ ตามลำดับ) ส่วนการประเมินต่ำสุดคือสามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์ และสามารถนำน้ำไปใช้จริงได้นั้นมีค่าต่ำสุด คืออยู่ในระดับ ($\bar{X} = 2.67$ ระดับปรับปรุง)

3. สมรรถนะด้านความปลอดภัย ประกอบด้วย 1-4 โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลในภาพรวมว่าอยู่ในระดับดี การติดตั้งมีความมั่นคงแข็งแรง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.33$) อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำเย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้ ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถปนเปื้อนน้ำใช้ได้ ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.00$) ทั้งหมด

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

1. การศึกษาระบบทำน้ำเย็น ที่ผลของการศึกษาไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่วางไว้ ผู้วิจัยได้หาปัญหาที่เกิดขึ้นของการศึกษาในครั้งนี้ เกิดจากการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆอาจไม่เหมาะสม จำเป็นต้องอาศัยการศึกษาระบบการต่างๆ โดยเฉพาะสารละลายที่มีของเหลว จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างของสารทำความเย็นที่เป็นแก๊ส จึงขาดความรู้ด้านการออกแบบของเหลวของไหลภายในท่อ แม้ว่าสารละลายลิเทียมคลอไรด์ระบบสามารถให้แรงดันไอจากจุดเดือด $72^{\circ}\text{C} - 79^{\circ}\text{C}$ ก็ตาม แต่ระบบของไหลที่ต้องออกแบบให้ไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำจึงมีความจำเป็นต้องใช้ด้วย และระบบที่ผู้วิจัยได้วางอุปกรณ์ที่ทำมุมไว้ค่อนข้างจะออกมาในแนวราบทำมุมเอียง แต่ยังไม่เพียงพอกับระบบของการไหล ดังนั้น จึงต้องแก้ไขให้ระบบเป็นแนวตั้งจึงจะได้ผลมากกว่า

ส่วนการออกแบบอุปกรณ์ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้แยกไอกับของเหลวนั้น ผู้วิจัยได้ยกเลิกอุปกรณ์ออกเพราะไม่สามารถทำให้น้ำเข้าสู่คอนเดนเซอร์ได้อย่างที่ต้องการ การแก้ปัญหาโดยใช้ระบบ 3 ทาง เข้ามาแทน โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แยกของเหลวและไอน้ำ จุดรั่วของความเย็นจึงเป็นจุดที่สำคัญ แม้ว่าผู้วิจัยจะได้ใช้ฉนวนหุ้มเครื่องระเหยทั้งหมดแล้ว แต่ความเย็นก็ยังสามารถรั่วไหลออกมาได้ โดยเฉพาะคอยล์

ทองแดงที่ได้พันไว้กับถึงน้ำดื่ม นั่น สภาพการส่งผ่านความเย็นก็อาจจะไม่ดีเท่าที่ควร เพราะในเรื่องของแผ่นสแตนเลสที่หนา จะเป็นอุปสรรคในการส่งผ่านความเย็นจากผนังท่อสู่ผนังสแตนเลสของถังได้ด้วย

2. สมรรถนะด้านกายภาพ ผลที่ออกมายังไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่วางไว้ ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะความสามารถในการทำความเย็น เพราะเนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ไม่สามารถทำได้อย่างละเอียดพอ รวมถึงการออกแบบของอุปกรณ์ยังประสบปัญหาด้านเทคนิคอยู่มาก ในการศึกษาระบบของการทำน้ำเย็น จึงยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร

3. สมรรถนะด้านความปลอดภัย ผลที่ออกมาเป็นไปตามสมมุติฐานที่วางไว้ ในแนวทางของการออกแบบผู้วิจัยได้คำนึงถึงระบบท่อ โดยพยายามออกแบบให้สารละลายไม่สามารถปนเปื้อนน้ำดื่มได้ ระบบของท่อของสารละลายจึงอยู่รอบนอกถังของน้ำดื่ม จากจุดนี้เองจึงมีความไว้วางใจได้ในการปนเปื้อนที่ไม่เกิดขึ้น สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การวิจัยนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้ เสนอแนะบางสิ่งบางอย่างเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคตดังนี้

1. การศึกษาระบบทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ ควรทำการปรับปรุงส่วนที่บกพร่องตามข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความคิดเห็น
เสนอแนะ

1.1 เครื่องผลิต (แผงรับพลังงานความร้อน) ควรจะออกแบบให้เหมาะสมกับการขนย้ายด้วย เพราะเนื่องจากการออกแบบ เพื่อให้แผงสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยเฉพาะในรอยต่อของท่อนั้น ไม่ควรจะทำออกแบบให้ยื่นจากแผง เมื่อขนย้ายจะสามารถกระแทกแตกหักได้

1.2 อุปกรณ์ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบใช้นั้น โดยเฉพาะกระจก จำเป็นที่จะต้องเลือกที่ทนความร้อนสูงได้ และแข็งแรง

1.3 เนื่องจากระบบดูดกลืนนั้น จำเป็นต้องใช้ระบบท่อจำนวนมาก ซึ่งจะมีการต่อเชื่อมที่จะเป็นอุปสรรค ในด้านการรั่วซึมจะจุดต่างๆได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบจึงจะต้องระมัดระวังการกระแทกแตกจากภายนอก และควรใช้ระบบท่อที่มีความหนาจึงจะสามารถทำให้งานที่ออกมามีความคงทนเพิ่มขึ้นได้

1.4 การปรับปรุงออกแบบในชุดอุปกรณ์ รวมถึงการวางจุดที่เหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์ เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจให้เป็นอย่างดี เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 จุดที่เชื่อมต่อกับน้ำที่ใช้ดื่ม และจุดที่ใช้ระบายความร้อนนั้น ไม่ควรใช้เชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ที่มีโอกาสรั่วได้ง่าย เพราะจะทำให้สารรั่วซึมสู่น้ำดื่มได้

1.6 เครื่องที่ผลิตขึ้นมานั้น สถานศึกษาควรจะนำไปปรับปรุงและให้สามารถใช้งานได้ อย่างแพร่หลาย พร้อมกับให้ความรู้กับนักเรียนนักศึกษาในเรื่องนี้ เพราะศักยภาพของประเทศไทยเองที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานในด้านนี้เป็นอย่างดี

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรจะทำการศึกษากาการใช้งานด้านความเย็นในรูปแบบอื่นๆ เพิ่มเติม และปรับปรุงแบบให้มีขนาดที่กะทัดรัดลง

2.2 ด้านอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้กับสารละลายลิเทียมคลอไรด์ ควรจะศึกษาให้ละเอียดขึ้น เช่น การใช้ท่ออย่างอ่อนสำหรับเชื่อมแผงและตัวตู้ขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีข้อดีที่สามารถยืดหยุ่นและปรับทิศทางได้ดีก็ตาม และยังทนต่อสารเคมีได้ แต่โดยทั่วไปข้อต่อที่เป็นจุดเชื่อมนั้น กลับจะใช้โลหะผสม ที่ไม่ทนต่อถูกกัด

กร่อนของสารเคมีอย่างเช่น แอมโมเนีย ลิเทียมโบรไมด์ ลิเทียมคลอไรด์ และอื่นๆอีก ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องก็จะน้อยลงไป ดังนั้น จึงควรที่จะเลือกใช้วัสดุที่เป็นทองเหลือง ทองแดง หรือโลหะที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี จึงจะดีกว่า

2.3 การขนย้าย เนื่องจากระบบการนำไปใช้นั้น เพื่อให้เหมาะสมกับตามสถานที่ต่างๆ จึงจำเป็นต้องออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยเฉพาะแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ควรจะสามารถวางได้รอบเครื่องได้ทุกจุด เพราะเราจำเป็นต้องเน้นให้หันไปทางทิศใต้ โดยเฉพาะการออกแบบให้ระบบท่อที่ยื่นออกมาจากอุปกรณ์ต่างๆ ควรจะเลือกวัสดุที่ทนทานต่อแรงกระแทกอันเนื่องจากการขนส่งได้ เช่น ท่อทองแดงก็ควรจะใช้อย่างหนา เมื่อมีการเดินระบบท่ออยู่ภายนอกอุปกรณ์ และวิธีเชื่อมระบบท่อนั้น อันเหตุมาจากการขนย้าย ระบบการทำงานแฟรท็อกก็เหมาะสมเท่าไหนนัก เพราะการบานท่อนั้น จะไม่สามารถทนทานการเคลื่อนย้ายได้บ่อยๆ จะทำให้ข้อต่อมีการเคลื่อนตัวและรั่วได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิตติ สถาพรประสารณ์. (2541). *การพัฒนาหนังสือทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เกษม ขวัญอ่อน. (2528). *การพัฒนาเครื่องทำความเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง ขนาด 1/2 ตันความเย็น โดยใช้ลิเทียมคลอไรด์-น้ำ*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน) กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง. (2543). *การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบทำความเย็นแบบดูดซับสำหรับปรับอากาศในรถยนต์*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- จิรวรรณ เตียรสุตวรรณ และทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2536, ธันวาคม) "การศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็นที่ใช้สารคู่ผสมต่าง ๆ." วารสาร สจ.ธ. 16(2) : หน้า 7.
- ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2537). *การออกแบบระบบพลังงานความร้อน*. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ชนารัฐ สิงหา. (2544). *"การทำน้ำร้อนโดยใช้แสงอาทิตย์" ใน โลกพลังงาน*. หน้า 30-38. กรุงเทพฯ : ถ่ายเอกสาร.
- ไพบุลย์ หังสพฤกษ์. (2521). *การทำความเย็นแบบดูดซึมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์*. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ไพบุลย์ หังสพฤกษ์ และเออีโซ โซโต. (2524). *การปรับอากาศ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ดวงกลม.
- มนตรี อึ้งเจริญ. (2525). *การนำความร้อน*. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- มนตรี พิรุณเกษม. (2542). *อุณหพลศาสตร์ 1*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์.
- ยูนิส เอ. เซนเกล และ มิเชล โบลล์. (2543). *เทอร์โมไดนามิกส์*. สมชัย อัครทิวา และ ขวัญจิตร วงษ์ขารี แปลและเรียบเรียง. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล.
- มนตรี มนไชยะ. (2542) *การศึกษาและจำลองระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนชนิดเปิดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล).นนทบุรี : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- วรรณ เอกศิลป์. (2529). *การพัฒนาวิธีการสอบระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- วราพงษ์ บัวจันทร์. สโรช แสงประสิทธิ์ และอิชา สละหมัด. (2539). *เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบอัติโนมัติ*. โครงการงานวิศวกรรมศาสตร์ อศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วิทยา เทพไพฑูรย์. (2525). **การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการทำความเย็นโดยระบบดูดกลืนด้วยลิเทียมคลอไรด์-น้ำ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เคมีเทคนิค). กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก บุญพาไสว. (2527). **การศึกษาการปรับอากาศด้วยระบบลด-เพิ่มความชื้นในอากาศ แบบวงจรเปิดโดยอาศัย ลิเทียมคลอไรด์-น้ำ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน) กรุงเทพฯ. : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ สุโมทยกุล. (2542). **เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ**. กรุงเทพฯ. : ซีเอ็ด.
- สรรัตน์ หงส์ประภัตร. (2543). **55 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล ชุดที่ 6**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอ็มแอนด์อี.
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. (2536). **คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี**. กรุงเทพฯ. : สมาคมฯ.
- สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (2544). **พื้นฐานทำความเย็นและการปรับอากาศภาคทฤษฎี**. กรุงเทพฯ. : สมาคมฯ.
- Asian Institute of Technology. (1981). **Design and Testing of A Solar Powered Refrigerator**. Bangkok. AIT Research.
- Jan F. Kreider and Frank Kreith. (1981). **Solar Energy Handbook**. London. : Donnelley&Sons.
- Williams J. Richard. (1983). **Design and Installation of Solar heating**. England. : Buterworths.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บันทึกผลการทดลองหาประสิทธิภาพและหาสมรรถนะ
จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน

แบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

.....

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็นกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
จำนวน 13 ข้อ

- | | | |
|--------------------|---|-----|
| 1. ด้านกายภาพ | 9 | ข้อ |
| 2. ด้านความปลอดภัย | 4 | ข้อ |

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ดังนั้น แบบประเมินนี้ จึงมีสาระครอบคลุมสมรรถนะด้านต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 2 ด้าน ดังนี้

1. ด้านกายภาพ
2. ด้านความปลอดภัย

ข้อ ที่	ประเด็นในการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
		5	4	3	2	1
1	ด้านกายภาพ					
1.1	ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น					
1.2	ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน					
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน					
1.4	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง					
1.5	สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย					
1.6	ตำแหน่งของการวางน้ำดื่ม					
1.7	ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน					
1.8	สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์					
1.9	สามารถนำน้ำไปใช้ได้จริง					
2	ด้านความปลอดภัย					
2.1	การติดตั้งที่มีความมั่นคงแข็งแรง					
2.2	อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำ					
2.3	เย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้					
	ระบบท่อน้ำสารเคมีไม่สามารถเกิดการปนเปื้อนน้ำให้ได้					
2.4	ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบน้ำเย็น					

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลายเซ็น.....

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ(.....)

แบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

.....

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็นกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จำนวน 13 ข้อ

- | | | |
|--------------------|---|-----|
| 1. ด้านกายภาพ | 9 | ข้อ |
| 2. ด้านความปลอดภัย | 4 | ข้อ |

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ดังนั้น แบบประเมินนี้ จึงมีสาระครอบคลุมสมรรถนะด้านต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 2 ด้าน ดังนี้

1. ด้านกายภาพ
2. ด้านความปลอดภัย

ข้อ ที่	ประเด็นในการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		ดี มาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
		5	4	3	2	1
1	ด้านกายภาพ					
1.1	ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น		/			
1.2	ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน		/			
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน			/		
1.4	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง		/			
1.5	สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย		/			
1.6	ตำแหน่งของการวางน้ำดื่ม		/			
1.7	ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน		/			
1.8	สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์			/		
1.9	สามารถนำไปใช้ได้จริง			/		
2	ด้านความปลอดภัย					
2.1	การติดตั้งที่มีความมั่นคงแข็งแรง					
2.2	อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำ					
2.3	เย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้		/			
	ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถเกิดการปนเปื้อนน้ำใช้ได้					
2.4	ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบน้ำเย็น		/			

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

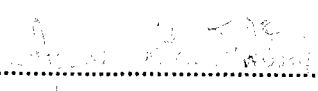
.....

.....

.....

.....

ลายเซ็น 

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ (..... )

แบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

.....

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็นกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จำนวน 13 ข้อ

- | | | |
|--------------------|---|-----|
| 1. ด้านกายภาพ | 9 | ข้อ |
| 2. ด้านความปลอดภัย | 4 | ข้อ |

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ดังนั้น แบบประเมินนี้ จึงมีสาระครอบคลุมสมรรถนะด้านต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 2 ด้าน ดังนี้

1. ด้านกายภาพ
2. ด้านความปลอดภัย

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย / (ถูก) ลงในกรอบ [] หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ หรือ เติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง

1. เพศ

[✓] ชาย

[] หญิง

2. อายุ.....24.....ปี

3. ระดับการศึกษา

[] ต่ำกว่าปริญญาตรี

[] ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า สาขา.....

[✓] ปริญญาโท หรือเทียบเท่า สาขา.....เทคโนโลยีที่เหมาะสม ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขา.....

[] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ประสบการณ์ด้านงานเครื่องทำความเย็น.....11.....ปี

5. ตำแหน่งหน้าที่ในหน่วยงาน

.....อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้า เจ้าหน้าที่งานวิจัยและพัฒนา.....

.....

.....

.....
 อื่นๆ (โปรดระบุ)

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็นกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนี่ 3 นี้ มีทั้งหมด 13 ข้อ

2. โปรดเขียนเครื่องหมาย / (ถูก) ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดสอบใช้เครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ข้อ ที่	ประเด็นในการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		ดี มาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
		5	4	3	2	1
1	ด้านกายภาพ					
1.1	ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น		/			
1.2	ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน			/		
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน			/		
1.4	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง		/			
1.5	สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย		/			
1.6	ตำแหน่งของการวางน้ำดื่ม		/			
1.7	ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน		/			
1.8	สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์			/		
1.9	สามารถนำน้ำไปใช้ได้จริง			/		
2	ด้านความปลอดภัย					
2.1	การติดตั้งที่มีความมั่นคงแข็งแรง		/			
2.2	อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำ		/			
2.3	เย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้		/			
	ระบบท่อน้ำสารเคมีไม่สามารถเกิดการปนเปื้อนน้ำใช้ได้					
2.4	ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบน้ำเย็น		/			

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

การเพิ่มประสิทธิภาพ Condenser ให้มีกำลังทำความเย็นมากขึ้นเพื่อ
ในสารละลายที่ต้ม - ต้มไอน้ำ มีอัตราการไหลที่สูงมากใช้
และ การมีอุปกรณ์แยกของเหลว Separator ในถังเก็บเพื่อเพิ่มความปลอดภัย

ลายเซ็น

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ (นาย นเรศ อธิวงษ์นนท์)

แบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

.....

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านงานเครื่องทำความเย็นกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
จำนวน 13 ข้อ

- | | | |
|--------------------|---|-----|
| 1. ด้านกายภาพ | 9 | ข้อ |
| 2. ด้านความปลอดภัย | 4 | ข้อ |

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านงานเครื่องทำความเย็น เกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ดังนั้น แบบประเมินนี้ จึงมีสาระครอบคลุมสมรรถนะด้านต่างๆ ของเครื่องทำน้ำเย็น ระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 2 ด้าน ดังนี้

1. ด้านกายภาพ
2. ด้านความปลอดภัย

ข้อ ที่	ประเด็นในการประเมิน	ระดับการประเมิน				
		ดี มาก	ดี	พอใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
		5	4	3	2	1
1	ด้านกายภาพ					
1.1	ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น			✓		
1.2	ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน			✓		
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน		✓			
1.4	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง		✓			
1.5	สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย		✓			
1.6	ตำแหน่งของการวางน้ำดื่ม		✓			
1.7	ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน			✓		
1.8	สามารถทำความเย็นได้ตามวัตถุประสงค์				✓	
1.9	สามารถนำน้ำไปใช้ได้จริง				✓	
2	ด้านความปลอดภัย					
2.1	การติดตั้งที่มีความมั่นคงแข็งแรง		✓			
2.2	อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำ		✓			
2.3	เย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้		✓			
	ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถเกิดการปนเปื้อนน้ำใช้ได้					
2.4	ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบน้ำเย็น		✓			

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

..... ตรงไปตรงมา ไม่เกรงใจกันในทุกๆ ประเด็น

ลายเซ็น

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ (นางสมใจ ใจดี ๗๐๐:๖๐๙.....)

ภาคผนวก ข

ส่วนการคำนวณระบบ

การคำนวณหาขนาดท่อเครื่องระเหย

คือความสามารถในการทำความเย็น 1,000 BTU/hr หรือ 1055.075 kJ/hr

1. ปริมาณความร้อนที่ดึงออกจากน้ำจาก 35 °C ให้เป็น 10 °C

จากสูตร $Q_1 = mc_p \Delta t$

แทนค่า $Q_1 = 5 \text{ kg} \times 4.186 \text{ KJ/kg.k} \times (308.15 - 283.15) \text{ K}$
 $= 523.25 \text{ KJ}$

2. ความร้อนจากอากาศข้างนอก

โดยที่ $Q_2 = (K A / L) \Delta t$
 $K =$ ค่าการนำความร้อนของ Styro foam 0.038 W/m.k
 $L =$ ความหนาของ Styro foam (m)
 $\Delta t =$ อุณหภูมิแตกต่างระหว่าง อากาศกับท่อทองแดง โดยผ่านตัวกลาง Styro foam = $(308.15 - 283.15) = 25 \text{ K}$
 $A =$ พื้นที่ผิวรอบนอกของ Styro foam
 แทนค่า $Q_2 = (0.038 \text{ W/m.k} \times A \times 25 \text{ K}) / 0.05$ ————— ①
 $= 19A \text{ watts}$

เนื่องจากใช้เวลาทำความเย็น 10 ชั่วโมง = 36,000 วินาที

$\therefore Q_2 = 19A \text{ watts} \times (36000/1000)$
 $= X \text{ KJ}$

3. ความร้อนที่ผ่านท่อทองแดง

โดยที่ $Q_3 = mc_p \Delta t$
 $c_p = 0.38 \text{ KJ/kg.k}$
 $\Delta t = (308.15 - 283.15) = 25 \text{ K}$
 $m = \rho V = \rho A t ; \rho = 8933 \text{ kg/m}^3$
 $t =$ ความหนาท่อทองแดง
 $= 1.22 \times 10^{-3}$
 แทนค่า $Q_3 = A(8933 \text{ kg/m}^3 \times 1.22 \times 10^{-3} \text{ m}) \times 0.38 \text{ KJ/kg.k} \times 25 \text{ K}$
 $= 103.53 A$ ————— ②

หมายเหตุ ความร้อนจากถังบรรจุ และอากาศภายในถังถือว่าน้อยมาก

$$Q_{\text{COOLING LOAD}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

เพราะฉะนั้น ขนาดท่อของเครื่องระเหย

$$Q_{\text{COOLING LOAD}} / \text{Time} = U A \Delta T$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 U &= 10 \text{ w/m.k} \\
 A &= \text{พื้นที่ผิวทำความเย็น} \\
 \Delta T &= (308.15 - 283.15) = 25 \text{ K} \\
 \text{Time} &= 36,000 \text{ วินาที} \\
 Q_{\text{COOLING LOAD}} / 36000 &= 250 \text{ A/10}^3 \text{ KJ} \\
 \therefore A &= 0.0708 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

แทนค่าลงใน ①, ②

$$\begin{aligned}
 \therefore Q_{\text{COOLING LOAD}} &= 523.25 + 48.4272 + 7.3278 \text{ KJ} \\
 &= 579.005 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

ใช้ท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว , $t = 0.048$ นิ้ว

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Diameter} &\approx 0.00873 \text{ m} \\
 A &= D L \\
 L &= 0.0708 / 0.00873 \\
 &= 8.1099 \text{ m}
 \end{aligned}$$

ใช้ท่อยาว 8.1099 เมตร พันรอบขอบภาชนะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร

$$\begin{aligned}
 \text{ความยาว 1 รอบ} &= 0.628 \text{ m} \\
 \text{ต้องใช้จำนวนรอบทั้งหมด} &= 8.1099 / 0.628 \\
 &= 12.913 \text{ รอบ}
 \end{aligned}$$

หาปริมาณของสารละลายลิเทียมคลอไรด์ในระบบ

ปริมาตรจากชุดทองแดง (V_1)

$$\begin{aligned}
 V_1 &= (\pi/4) D^2 L \\
 &= (3.1416/4) \times 0.00793^2 \times 13 \\
 &= 0.642 \times 10^{-3} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาตรรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง} &= 20 \text{ cm} \\
 \text{สูง} &= 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= (\pi/4) D^2 L \\
 &= (3.1416/4) \times 0.2^2 \times 0.2 \\
 &= 0.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

ปริมาตรรวมภาชนะที่ใช้บรรจุ ลิเทียมคลอไรด์

$$\begin{aligned}
 V_T &= V_1 + V_2 \\
 &= 0.642 + 0.785 = 1.427 \text{ ลิตร}
 \end{aligned}$$

หาปริมาณของลิเทียมคลอไรด์

$$\text{ความหนาแน่นของลิเทียมคลอไรด์} = 2070 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{กำหนดความเข้มข้นอยู่ที่ 43 \%} = (43 \times 1.427) / 100$$

ปริมาตรของลิเทียมคลอไรด์มีความจุ	=	0.6136	ลิตร
ดังนั้น ต้องใช้ลิเทียมคลอไรด์จำนวน	=	1.27	Kg

เครื่องดูดกลืน

ไอน้ำจากเครื่องระเหยจะถูกดูดกลืนโดยสารละลายเข้มข้น 43% ที่ 37 °C ปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1. ปริมาณความร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลาย

(ENDOTHERMIC HEAT OF DILUTION THAT MUAT BE ADDED)

ในช่วงความเข้มข้น 32%-44% ความร้อนในการเจือจาง (HEAT OF DILUTION)

มีค่า 214.27 kJ/kg (H₂O)

$$\begin{aligned}\therefore \text{อัตราการถ่ายเทความร้อน } (Q'_1) &= 0.4462 \times 214.27 && \text{kJ/hr} \\ &= 95.6 && \text{kJ/hr}\end{aligned}$$

2. ปริมาณความต้องการให้ออกจากเครื่องดูดกลืน 65 °C

อัตราส่วน = มวลไอรระเหย / มวลสารละลายเจือจาง

$$= 0.4462 / 19.465$$

$$= 0.023$$

$$\begin{aligned}\text{อุณหภูมิเฉลี่ยเครื่องดูดกลืน} &= 0.023 \times 74 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 72.3 \text{ }^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q'_2 &= mc_p \Delta t \\ &= 19.465 \text{ kg/hr} \times 2.64 \text{ KJ/ks. }^{\circ}\text{C} (72.3-65)^{\circ}\text{C} \\ &= 375.13 \text{ KJ}\end{aligned}$$

$$Q_4 = Q'_1 + Q'_2 = 470.23 \text{ kJ/hr}$$

ใช้ระบบ Water Cooling

$$\text{จากสูตร } Q_4 = mc_p \Delta t ; m = 20 \text{ kg/hr}$$

$$\text{แทนค่า } 470.23 \text{ kJ/hr} = 20 \text{ kJ/hr} \times 4.186 \text{ kJ/kg} \times (T_2 - 303.15) \text{ K}$$

$$T_2 = 35.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$\therefore$ อัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิ 30 °C ผ่านเครื่องดูดกลืนด้วยอัตราไหล 20 kg/hr น้ำไหลออกที่อุณหภูมิ 35.6 °C

เครื่องผลิต

ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทในเครื่องผลิตมีดังนี้

- 1) ปริมาณความร้อนในการอุ่นสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจาง

(Heat Absorbed in Pre-heating of Weak Solution)

$$\text{สารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจางเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิ} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{จุดเดือดของสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจาง} = 74 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราการไหลของสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจาง} &= 19.465 \text{ kg/hr} \\ \text{ความร้อนจำเพาะของสารละลายลิเทียมคลอไรด์เจือจาง} &= 2.64 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{อัตราการถ่ายเทความร้อน } Q''_1 &= 19.465 \times 2.64 \times (74-65) \text{ kJ/hr} \\ &= 565.2636 \text{ kJ/hr}\end{aligned}$$

2) ปริมาณความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ (HEAT ABSORBED IN EVAPORATING)

$$\text{ความร้อนแฝงในการกลั่นตัวของน้ำที่อุณหภูมิ } 74^\circ\text{C} = 2320 \text{ KJ/kg}$$

$$\text{อัตราการไหลของน้ำ} = 0.4462 \text{ kg/hr}$$

$$\therefore \text{อัตราการถ่ายเทความร้อน } Q''_2 = 0.4462 \times 2320 \text{ kJ/hr}$$

$$= 1035.184 \text{ kJ/hr}$$

$$Q_5 = 1035.184 + 565.26$$

$$= 1597.44 \text{ kJ/hr}$$

$$\text{แสงแดดมีพลังงานเฉลี่ย} = 17 \times 10^3 \text{ kJ / DAY / m}^2$$

$$= 708 \text{ kJ / m}^2 \text{ / hr}$$

$$\therefore \text{จะต้องใช้พื้นที่รับแสง} = 1597.44/708 \text{ m}^2$$

$$= 2.256 \text{ m}^2$$

เครื่องควบแน่น

ไอน้ำที่ระเหยจากเครื่องผลิตจะมีอุณหภูมิประมาณ 72°C ความดัน 47 mmHg ซึ่งมีสถานะเป็นไอร้อนยวดยิ่ง (Superheated Vapour) จะถูกระบายความร้อนให้กลั่นตัวเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิ 37°C ปริมาณความร้อนที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

- 1) ปริมาณความร้อนที่ระบายออกจากการเปลี่ยนสถานะจากไอร้อนยวดยิ่ง 72°C ให้เป็นไอน้ำอิ่มตัว 37°C ที่ 47 mmHg (Desuperheat)

$$\text{เอนทาลปีของไอน้ำ } 72^\circ\text{C } 47 \text{ mmHg} = 2635.36 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{เอนทาลปีของไอน้ำ } 37^\circ\text{C } 47 \text{ mmHg} = 2568.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{อัตราการไหลของไอน้ำ (เท่ากับน้ำที่ผ่านเครื่องระเหย)} = 0.4462 \text{ kg/hr}$$

$$\therefore \text{อัตราการถ่ายเทความร้อน} = 0.4462 (2635.36 - 2568.3)$$

$$= 29.92 \text{ kJ/hr}$$

- 2) ปริมาณความร้อนแฝงที่ระบายออกเพื่อให้น้ำกลั่นตัวที่ 37°C (Latent Heat Rejected)

$$\text{ความร้อนแฝงของการกลั่นตัว (เท่ากับการกลายเป็นไอ) ที่ } 37^\circ\text{C} = 2413.4 \text{ kJ/kg}$$

$$\therefore \text{อัตราการถ่ายเทความร้อน} = 0.4462 \times 2413.4 \text{ kJ/hr}$$

$$= 1076.85 \text{ kJ/hr}$$

$$\text{รวมอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งในเครื่องควบแน่น} = 1106.77 \text{ kJ/hr}$$

ภาคผนวก ค

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

1.1 อาจารย์ ดร. ละเอียต รัชช์เผ่า ผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิจัย
ประสบการณ์ในการทำงาน 25 ปี
สถานที่ทำงาน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วุฒิการศึกษา กศ.ด.

1.2 อาจารย์สุดใจ เห่งสีไพร ผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิจัย
ประสบการณ์ในการทำงาน 33 ปี
สถานที่ทำงาน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วุฒิการศึกษา คม.(โสตทัศนศึกษา)

1.3 อาจารย์รุจพงศ์ ฉลนุวัฒน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิชาการเครื่องเย็น
ประสบการณ์ในการทำงาน 12 ปี
สถานที่ทำงาน สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
วุฒิการศึกษา วท.บ.ไฟฟ้ากำลัง

2. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.1 อาจารย์บริบูรณ์ เจียมโชติรัตน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านงานทำความเย็น
ประสบการณ์ในการทำงาน 30 ปี
ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
วุฒิการศึกษา วท.บ.ฟิสิกส์
กศ.ม. อดุลยธรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กศ.ม. บริหารการศึกษา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปม.วส. ไฟฟ้า

2.2 อาจารย์สมเกียรติ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา ผู้เชี่ยวชาญด้านความเย็น
ประสบการณ์ในการทำงาน 20 ปี
สถานที่ทำงาน แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
วุฒิการศึกษา วท.บ. ช่างไฟฟ้ากำลัง

2.3 อาจารย์นเรศ สว่างจันทร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านความเย็น
ประสบการณ์ในการทำงาน 11 ปี
ตำแหน่งเจ้าหน้าที่งานวิจัยและพัฒนา
สถานที่ทำงาน แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
วุฒิการศึกษา
ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อ
เพื่อการพัฒนาทรัพยากร

ภาคผนวก ง

หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ทม 1012/1445



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

12 มีนาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการสถาบันเทคโนโลยี ปทุมวัน

เนื่องด้วย นายฉรินทร์ ลัทธิยาพร นิติระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างฐานเ็นระบบคูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์ไธมาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์บริบูรณ์ เจริญโชติรัตน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจฐานเ็นระบบคูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจฐานเ็นระบบคูดกลืนแบบต่อเนื่องๆ ให้ นายฉรินทร์ ลัทธิยาพร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง น โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภภรณ์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท 02-2525528 มือถือ 01-3150435



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ทม 1012/2846

วันที่ 12 มีนาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายณรินทร์ ลัทธยาพร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างตู้น้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวกันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ละเอียด รักษ์เผ่า และ อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินตู้น้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินฯ ให้ นายณรินทร์ ลัทธยาพร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1012/2847



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๒ มีนาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคจะเข้

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินฯ

เนื่องด้วย นายณรินทร์ ลัทธยาพร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์รุ่งพงศ์ ฉลาณวัฒน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และ อาจารย์สมเกียรติ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินฐานน้ำเย็นฯ ให้ นายณรินทร์ ลัทธยาพร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-2525528 มือถือ 01-3150435



ที่ ทม 1012/ 1446

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

12 มีนาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสระบุรี

เนื่องด้วย นายฉรินทร์ ลัทธิยาพร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง "การสร้างฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" โดยมี อาจารย์อุปวิทย์ สุวคันธกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในกรณีนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ณรงค์ สว่างจันทร์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจฐานน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องฯ ให้ นายฉรินทร์ ลัทธิยาพร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
น โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

นางงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-2525528 มือถือ 01-3150435

ที่ ทม 1012/ ๒๕53



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

/2 มีนาคม 2546

เรื่อง ขอให้สถานที่สร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

เนื่องด้วย นายฉรินทร์ ลัทธยาพร นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การสร้างตู้น้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" โดยมี อาจารย์อุพิทย์ สุวคันทรกุล และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความประสงค์ขอให้สถานที่ห้องปฏิบัติงานของวิชาเครื่องปรับอากาศในการสร้างเครื่องมือ และประกอบชิ้นส่วนตู้น้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และขอให้อุปกรณ์เครื่องมือ คือ เครื่องเชื่อมท่อทองแดงด้วยแก๊ส เครื่องมือตัด คัดบานท่อทองแดง และเครื่องเชื่อมไฟฟ้าสำหรับเชื่อมเหล็ก

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นายฉรินทร์ ลัทธยาพร ได้ใช้สถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-2525528 มือถือ 01-3150435

ภาคผนวก จ

ตารางวิเคราะห์ข้อมูลหาสมรรถนะ

ตาราง 8 วิเคราะห์สมรรถนะด้านคุณภาพและด้านความปลอดภัยของการศึกษาการให้น้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบท่อเส้นแบบต่อเนื่อง โดยให้สารละลายกลีเซอรีนคลอไรด์-น้ำ

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				ΣX	X̄	N	ΣX ²	NΣX ²	(ΣX) ²	NΣX ² -(ΣX) ²	NΣX ² -(ΣX) ²	$\frac{N\Sigma X^2-(\Sigma X)^2}{N(N-1)}$	SD
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง										
ด้านกายภาพ															
1	ขนาดโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น		4	4	3	11	3.67	3	41	123	121	2	2	0.33	0.58
2	ขนาดรูปทรงและอุปกรณ์ภายใน		4	4	3	10	3.33	3	34	102	100	2	2	0.33	0.58
3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ภายใน		4	4	3	10	3.33	3	34	102	100	2	2	0.33	0.58
4	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
5	สามารถจัดหาอุปกรณ์ในการประกอบได้ง่าย		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
6	ตำแหน่งของกรรน้ำที่ใช้ดื่ม		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
7	ความสะดวกในการจัดวางแผงรับพลังงาน		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
8	สามารถทำความสะอาดได้ตามวัตถุประสงค์				3	8	2.67	3	22	66	64	2	2	0.33	0.58
9	สามารถนำน้ำไปใช้ได้จริง				3	8	2.67	3	22	66	64	2	2	0.33	0.58
						10.56	3.52	3	38.33	115.00	113.89	1.11	1.11	0.19	0.43
ด้านความปลอดภัย															
1	การติดตั้งมีความมั่นคงแข็งแรง	5	4	4		13	4.33	3	57	171	169	2	2	0.33	0.58
2	อุปกรณ์ประกอบภายในไม่สามารถสัมผัสระบบท่อน้ำเย็นได้มีความมั่นใจในการบริโภคได้		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
3	ระบบท่อสารเคมีไม่สามารถเกิดการปนเปื้อนน้ำให้ได้		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
4	ความมั่นใจต่อความปลอดภัยของระบบ		4	4	4	12	4.00	3	48	144	144	0	0	0.00	0.00
						12.25	4.08	3.00	50.25	150.75	150.25	0.50	0.50	0.08	0.29

ตาราง 9 บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

วัน เดือน ปี 3/2/2546											
เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิสารละลาย		เครื่องระเหย		อุณหภูมิ ภายนอก	ความเร็วลม		ความชื้น	ความเข้มแสง หน่วยเป็น(Lux)
	ผิวหน้ากระจก	ภายในแผง	เข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก		m/s			
08.00 น.	31	38	38	42	27	25	30.4	0.5	64.5	51,600	
09.00 น.	35	51	51	54	28.5	24	32.3	1.4	63.4	70,900	
10.00 น.	49	72	54	75	29	23	35.6	0.6	45.3	87,500	
11.00 น.	50	88	55	89	30	20.6	36.4	1.2	52.4	98,700	
12.00 น.	65	92	56	94	30.5	20.4	37.3	0.7	50.7	106,000	
13.00 น.	64	90	57	93	30	19.5	37.6	0.7	42.3	104,500	
14.00 น.	65	94	55	94	29	19.3	36.3	0.8	44.8	97,900	
15.00 น.	60	87	49	87	29.5	19	36.6	0.6	48.6	81,100	
16.00 น.	52	74	55	74	30	21	35.4	1.1	47.5	50,800	
17.00 น.	43	64	56	64	31	22	33	1.6	55.4	2,800	
18.00 น.	32	43	38	47	29	25	31.4	2.1	57.6	500	
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อวัน											
			56.4	81.3	32.35	23.88					

วัน เดือน ปี 3/2/2546

ตาราง 10 บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

วัน เดือน ปี 3/3/2546										
เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิสารละลาย		เครื่องระเหย		อุณหภูมิ ภายนอก	ความเร็วลม m/s	ความชื้น	ความเข้มแสง หน่วยเป็น(Lux)
	ผิวหน้ากระจก	ภายในแผง	เข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก				
08.00 น.	33	39	30	41	29	24	31.3	0.6	45.3	65400
09.00 น.	40	55	45	57.5	29	21.3	34.6	0.7	46.7	78500
10.00 น.	57	87	42	88.7	29	19.4	34.5	0.6	54.5	92500
11.00 น.	60	99	50	100	29	18.5	35.4	0.4	49.1	112200
12.00 น.	66	100	51	102	29	17.6	36.7	0.5	45.3	107500
13.00 น.	68	87	51	90	29	19.5	37.6	0.5	42.7	105100
14.00 น.	65	94	52	97	29	19.3	37.7	1.4	42.5	105300
15.00 น.	61	87	53	96	29	19.2	37.8	0.6	43.6	101500
16.00 น.	59	77	54	79	29	22.5	34.5	1.2	64.8	87300
17.00 น.	55	67	51	70	29	23.4	33.4	0.7	54.8	54500
18.00 น.	33	42	42	43	29	26.3	32.5	0.7	55.6	1900
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อวัน										
			52.1	86.42	31.9	23.1				

ตาราง 11 บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

3/4/2546											
วัน เดือน ปี											
เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิสารละลาย		เครื่องระเหย		อุณหภูมิภายนอก	ความเร็วลม		ความชื้น	ความเข้มแสง หน่วยเป็น(Lux)
	ผิวหน้ากระจก	ภายในแผง	เข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก		m/s			
08.00 น.	31	38	36	45	27	25	30.4	0.5	63.7	25900	
09.00 น.	47	52	48	55	28.5	24	32.3	1.4	54.6	56700	
10.00 น.	55	77	52	76	29	23	35.6	0.6	55.4	86500	
11.00 น.	51	88	54	89	30	20.6	36.4	0.8	53.6	102600	
12.00 น.	60	93	50	87	30.5	21.7	37.3	1.7	58.7	97500	
13.00 น.											
14.00 น.											
15.00 น.					ฝนตกไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้						
16.00 น.					ข้อมูลได้						
17.00 น.											
18.00 น.											
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อวัน											
			24	35.2	29	22.86					

ตาราง 12 บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

วัน เดือน ปี 3/5/2546											
เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิสารละลาย		เครื่องระเหย		อุณหภูมิ ภายนอก	ความเร็วลม		ความชื้น	ความเข้มแสง หน่วยเป็น(Lux)
	ผิวหน้ากระจก	ภายในแผง	เข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก		m/s			
08.00 น.	32.3	38.4	31	40	30	25.4	32.3	0.8	54.3	52900	
09.00 น.	41.7	54.6	45	55	30	23	34.6	0.6	57.1	76300	
10.00 น.	45.4	88	42	89	29	20	34.5	0.6	49.2	88500	
11.00 น.	59.8	93.7	50	96	29	19.5	35.4	0.5	57.8	94600	
12.00 น.	65.7	98.5	51	99	29	22	36.7	1.2	56.4	114400	
13.00 น.	66	88	51	90	29	23	37.6	0.8	64.3	105500	
14.00 น.	67.8	92.6	54	94	29	21.4	36.3	0.7	45.3	106900	
15.00 น.	61.7	82	55	86	29	20	36.6	0.6	47.6	104600	
16.00 น.	53.4	71.6	52	73	30	23	35.4	1.1	42.8	89600	
17.00 น.	44.6	64.5	51	66	31	24	33	0.9	52.3	2100	
18.00 น.	34.5	43	43	45	29	26	31.4	2.1	58.9	800	
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อวัน											
			52.5	83.3	32.4	24.73					

ตาราง 13 บันทึกการทดลองหาสมรรถนะของการศึกษาการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์

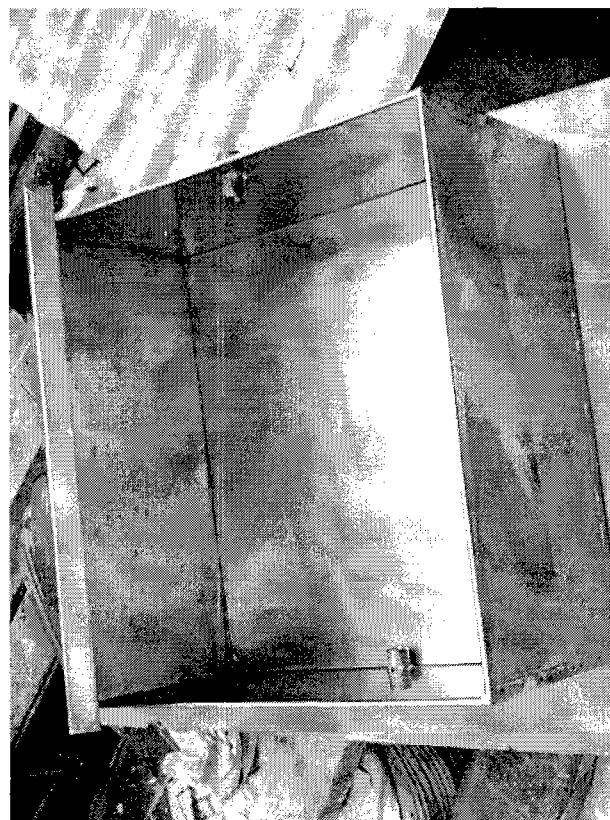
วัน เดือน ปี 3/6/2546										
เวลา	อุณหภูมิ		อุณหภูมิสารละลาย		เครื่องระเหย		อุณหภูมิ ภายนอก	ความเร็วลม m/s	ความชื้น	ความเข้มแสง หน่วยเป็น(Lux)
	ผิวหน้ากระจก	ภายในแผง	เข้า	ออก	น้ำเข้า	น้ำออก				
08.00 น.	30.5	37	38	42	27	25	30.4	0.5	64.5	54300
09.00 น.	33	51	51	54	28.5	24	32.3	1.4	63.4	64800
10.00 น.	50.5	72	52	75	29	23	35.6	0.6	45.3	88500
11.00 น.	55	87	53	89	30	20.6	36.4	1.2	52.4	102000
12.00 น.	60	93	55	94	30.5	20.4	37.3	0.7	50.7	116000
13.00 น.	61.5	95	50	93	30	19.5	37.6	0.7	42.3	113500
14.00 น.	61	94	51	94	29	19.3	36.3	0.5	44.8	109800
15.00 น.	60	87	52	87	29.5	19	36.6	0.5	48.6	113600
16.00 น.	53	74	54	74	30	21	35.4	1.4	47.5	87500
17.00 น.	42	64	53	64	31	22	33	0.6	55.4	8500
18.00 น.	35	43	40	43	29	25	31.4	1.2	57.6	900
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่เกิดขึ้นต่อวัน										
			54.9	80.9	32.35	23.88				

ภาคผนวก ฉ

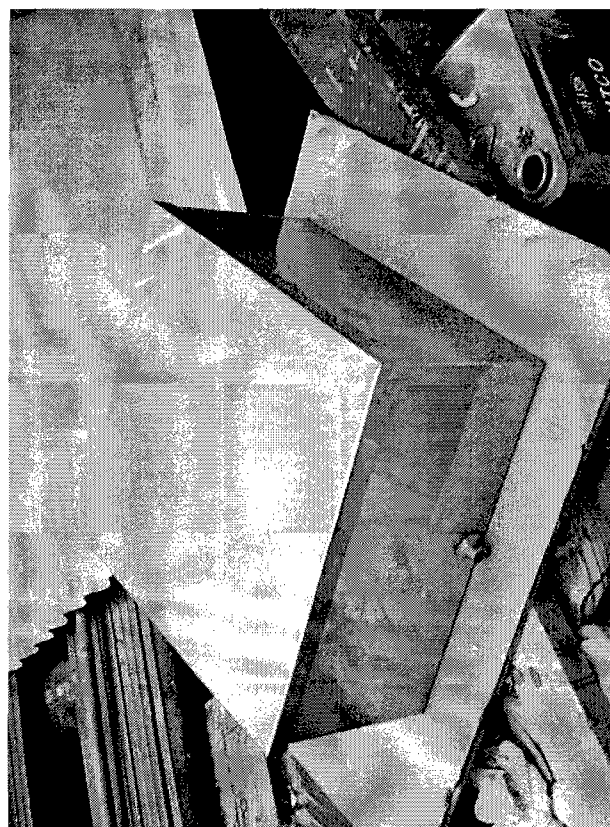
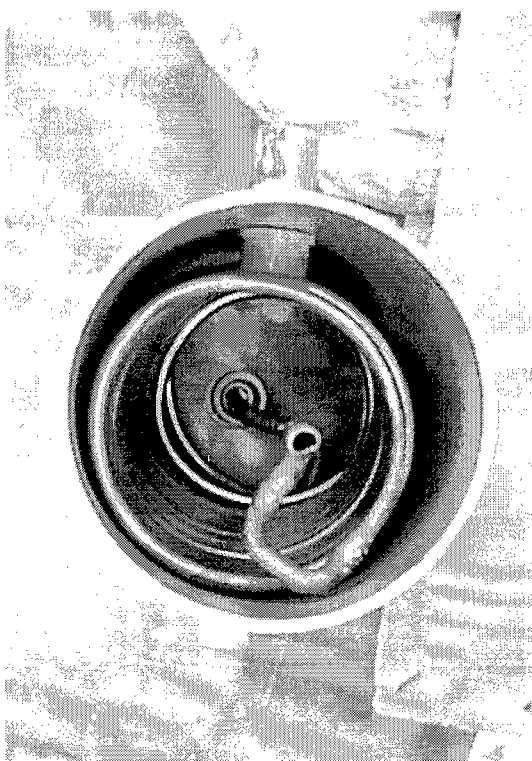
ภาพโครงสร้างระบบทำน้ำเย็นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

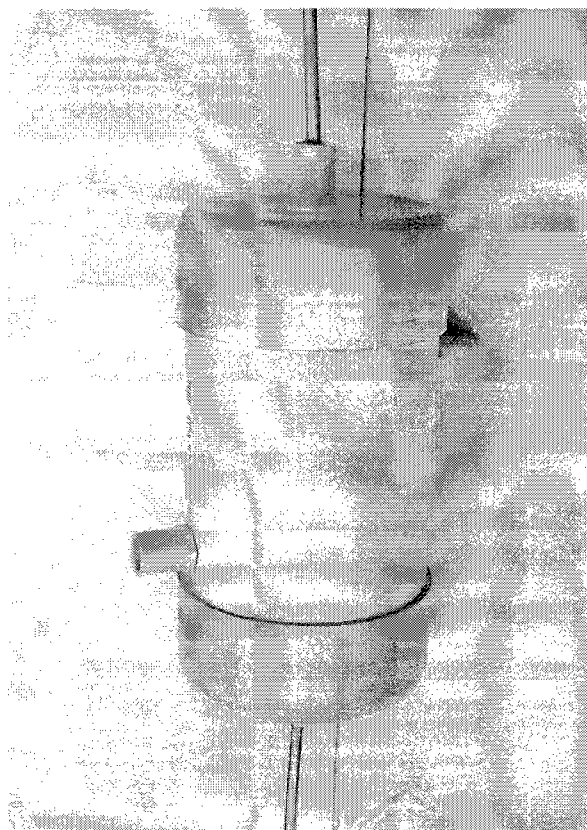


อุปกรณ์คอนเทนเนอร์

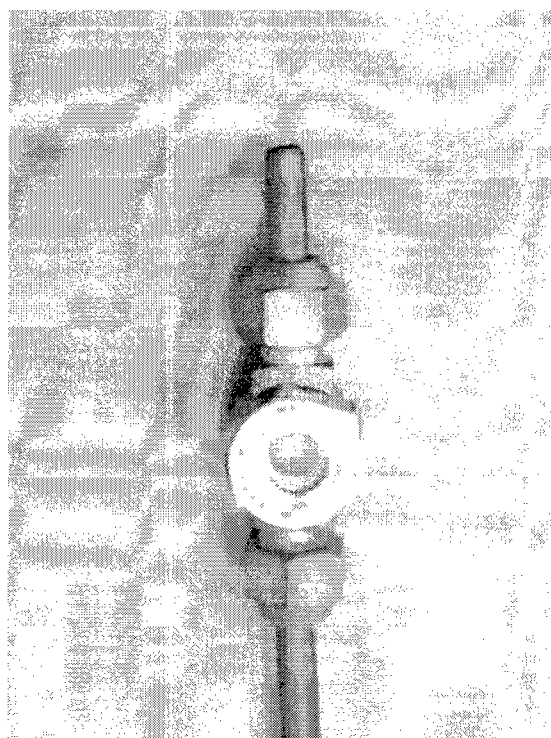
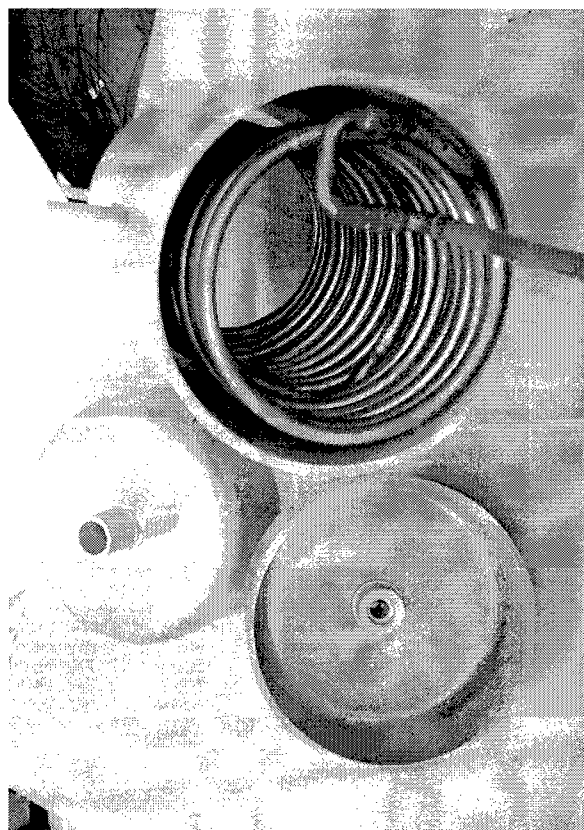


ถังเก็บน้ำยา

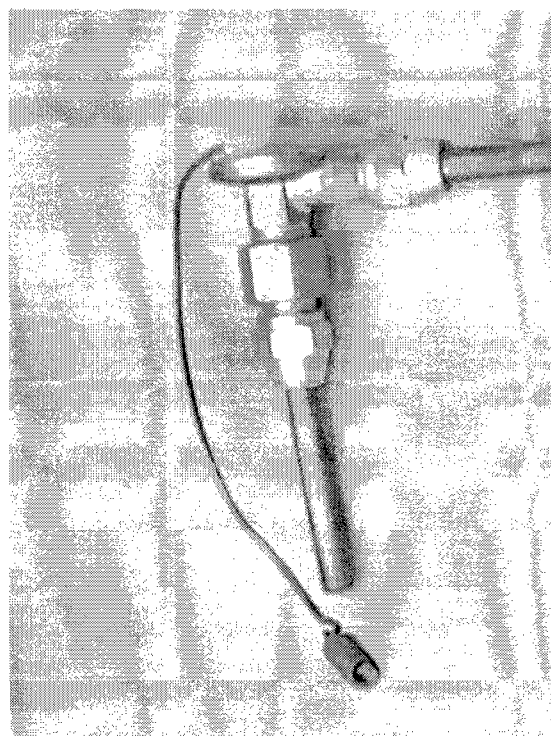




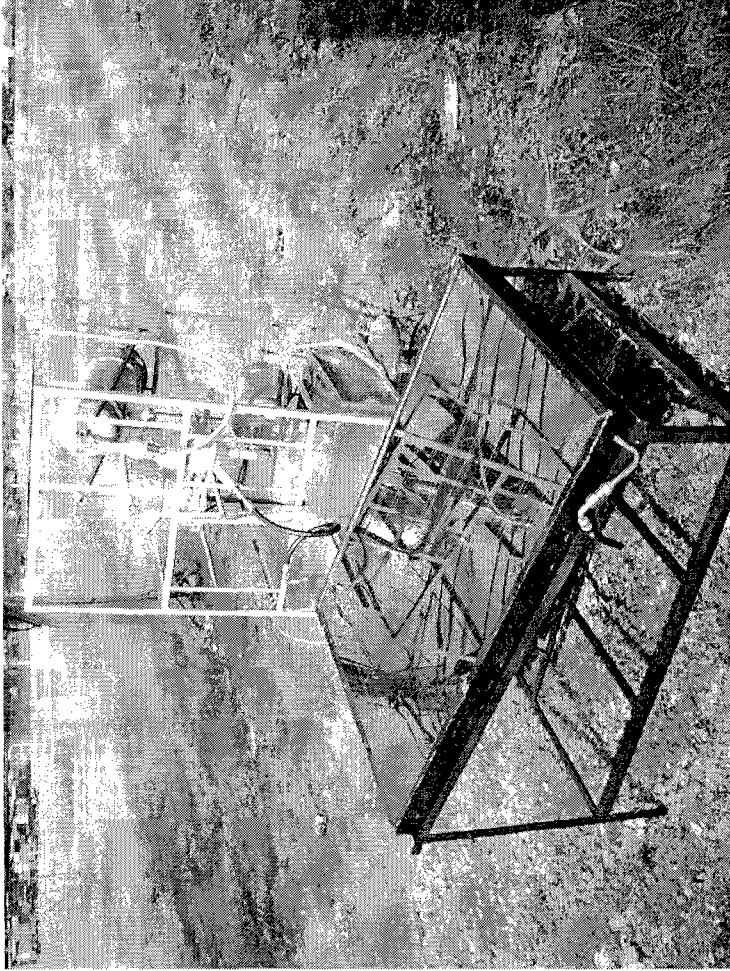
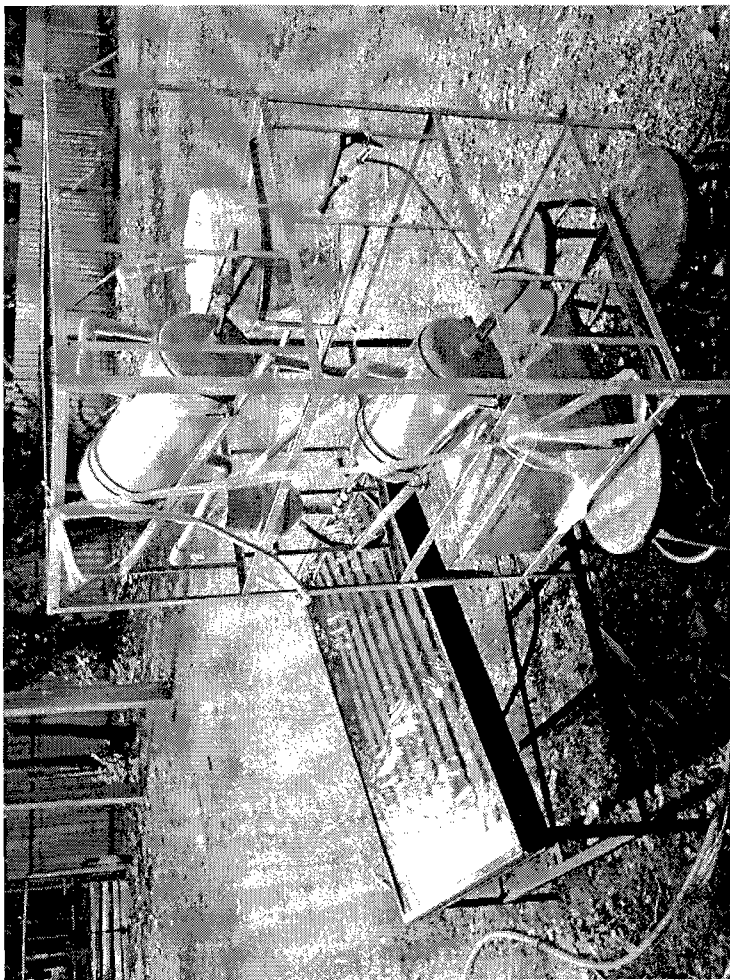
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน



การจกมองน้ำยา



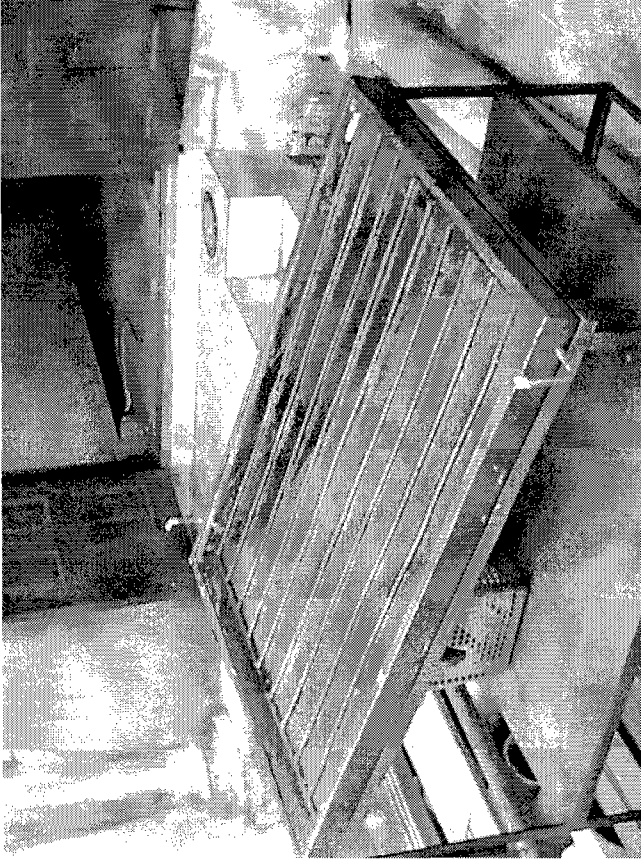
เอ็กเพนชั่นวาล์ว



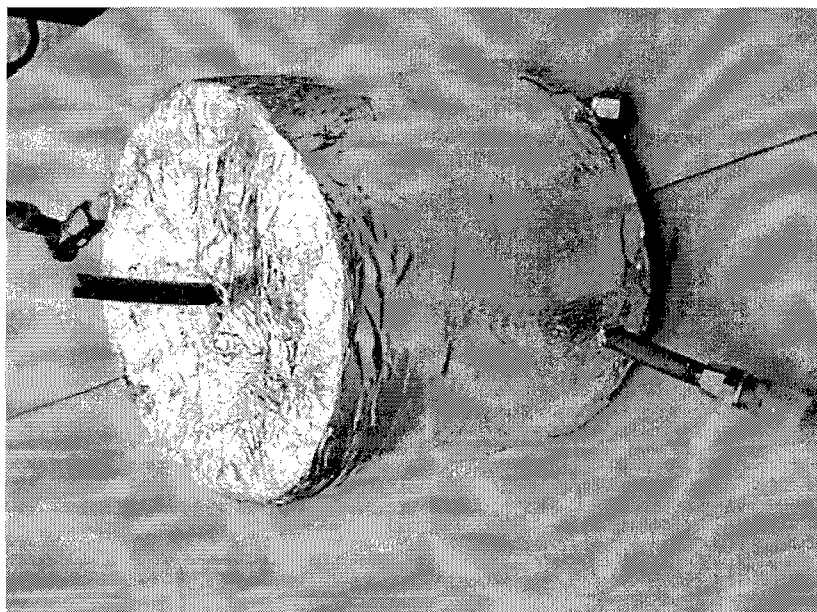
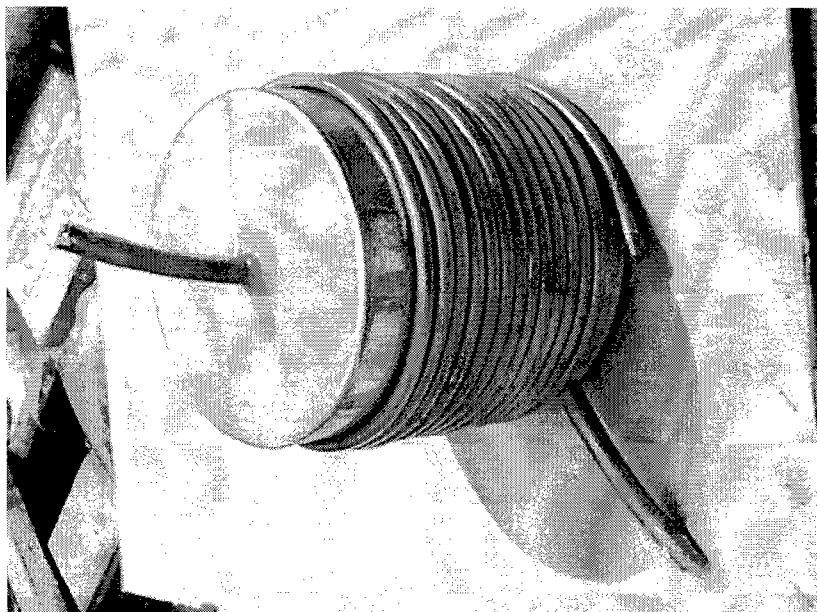
เครื่องทำน้ำเย็นระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่องด้วยพลังงานแสงอาทิตย์



อุปกรณ์แยกก๊าซและของเหลว (Separator)



เครื่องผลิต (แผงรับความร้อน)



เครื่องระเหย (Evaporator)

ภาคผนวก ข

ตารางวัสดุ – อุปกรณ์ของ
ระบบการทำน้ำเย็นจากพลังงานแสงอาทิตย์
ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง
โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ตาราง 14 แสดงการสรุปจำนวนและราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ใน ระบบการทำน้ำเย็นจาก พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบดูดกลืนแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายลิเทียมคลอไรด์-น้ำ

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคา/หน่วย	รวม(บาท)
1	ท่อทองแดงขนาด 3/8 นิ้ว	3	240	720
2	โครงตู้เหล็กฉาก 1/2 นิ้ว	1	1,000	1,000
3	โครงฐานวางแผงรับพลังงาน	1	800	800
4	ข้อต่อทองแดง 3 ทาง 3/8 นิ้ว	22	45	990
5	ข้อต่อ 90 องศา 3/8 นิ้ว	6	8	48
6	ท่อแคปพิทารี ขนาด 2 mm.	1	30	30
7	ข้อต่อทองเหลือง 2 ทาง 3/8 นิ้ว	3	30	90
8	ข้อต่อทองเหลือง 3 ทาง 3/8 นิ้ว	1	80	80
9	ข้อต่อทองเหลืองชั้นแฟร์ 3/8 นิ้ว	5	15	75
10	ข้อต่อทองเหลือง 2 ทาง 1/2 นิ้ว	2	50	100
11	วาล์วลูกศร	3	15	45
12	ข้อลดทองเหลือง 1/2 นิ้วลง 3/8 นิ้ว	3	150	450
13	สังกะสีพร้อมบุฉนวน	1	1,000	1,000
14	กระจกทนความร้อนขนาด 1 m ²	1	800	800
15	ถังน้ำดีมีสแตนเลส	1	500	500
16	ถังดูดกลืนสแตนเลส	1	1,000	1,000
17	ท่อพีวีซี 1/2 นิ้ว	1	200	200
18	ข้อต่อพีวีซีชนิดต่างๆ	1	300	300
19	ท่อพีวีซี 6 นิ้ว	1	500	500
20	ลูกลอย	1	150	150
21	ฝาครอบพีวีซี 6 นิ้ว	4	80	320
22	ท่ออ่อนสำหรับต่อตัวตู้กับแผง	2	300	600
23	ก๊อคน้ำดีมี	1	220	220
24	สารละลายลิเทียมคลอไรด์ 500 g	1	1,800	1,800
25	ฉนวนหุ้มกันความร้อนหนา 2 นิ้ว	1	100	100
26	จุกยางอุดท่อ	4	15	60
27	ลวดเชื่อมเงิน	5	8	40
จำนวนเงินรวมทั้งหมด				12,018

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายณรินทร์ ลัทธิยาพร
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2515
สถานที่เกิด	อำเภอป้อมปราบ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	308 ซอยอ่อนนุช 25 ถนนสุขุมวิท 77 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ ประจำสาขา ถนนวิฑู
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สมาคมสร้างคุณค่าในประเทศไทย (สาขาถนนวิฑู)
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2532	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนวัดราชบพิธ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2537	บธ.บ. (การจัดการอุตสาหกรรม) ศูนย์กลางเทคโนโลยี ราชมงคล วิทยาเขตคลองหก จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2546	กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ