



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง ศึกษาความสามารถทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้พลังงาน
ความร้อนจากแสงอาทิตย์

The study of cooling capacity of absorption refrigerator powered by solar thermal
energy

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2557

จำนวน 50,000 บาท

หัวหน้าโครงการ

ดร.ชูพงษ์ ภาคภูมิ

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน

ศรีเชียงใหม่

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

29 /ศ.ค./2559

สารบัญ

หน้า

สารบัญภาพ	ข
สารบัญตาราง	ก
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนิยม	3
บทนำ	4
วัตถุประสงค์	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
การทบทวนวรรณกรรม	8
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	15
ผลการวิจัย	21
สรุปผลการวิจัย	26
ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1	7
รูปที่ 2	10
รูปที่ 3	10
รูปที่ 4	12
รูปที่ 5	12
รูปที่ 6	13
รูปที่ 7	15
รูปที่ 8	16
รูปที่ 9	16
รูปที่ 10	17
รูปที่ 11	18
รูปที่ 12	19
รูปที่ 13	20
รูปที่ 14	21

	ประกอบและเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว	
รูปที่ 15	แสดงเฉพาะส่วน Generator ที่มีท่อขาออกและท่อขาเข้าของสารทำความเย็นในความสูงที่ต่างกัน	21
รูปที่ 16	แสดงภายในห้องที่ต้องการทำความเย็น บรรจุส่วน Evaporator (มีลักษณะเป็นท่อขดรูปวงรี) และแสดงตำแหน่งของ expansion valve	22
รูปที่ 17	แสดงระบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนขนาดเล็ก	23
รูปที่ 18	แสดงการให้ความร้อนแก่ generator ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 171°C	23
รูปที่ 19	(ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก generator ติดกับ condenser และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก condenser ติดกับ expansion valve มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 7 psi (0.49 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C	24
รูปที่ 20	(ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก expansion valve ติดกับ evaporator มีค่าความดันเป็นศูนย์ และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออก evaporator ติดกับ generator มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 5 psi (0.35 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C	24
รูปที่ 21	แสดงการเพิ่มวาล์วที่ขาเข้า expansion valve ที่ทำการควบคุมแรงดัน เมื่อปิดวาล์วคาดว่าแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปิดวาล์วเพื่อลดทำการลดแรงดัน	25

	ประกอบและเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว	
รูปที่ 15	แสดงเฉพาะส่วน Generator ที่มีท่อขาออกและท่อขาเข้าของสารทำความเย็นในที่สูงที่ต่างกัน	21
รูปที่ 16	แสดงภายในห้องที่ต้องการทำความเย็น บรรจุส่วน Evaporator (มีลักษณะเป็นท่อขดรูปวงรี) และแสดงตำแหน่งของ expansion valve	22
รูปที่ 17	แสดงระบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนขนาดเล็ก	23
รูปที่ 18	แสดงการให้ความร้อนแก่ generator ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 171°C	23
รูปที่ 19	(ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก generator ติดกับ condenser และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก condenser ติดกับ expansion valve มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 7 psi (0.49 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C	24
รูปที่ 20	(ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก expansion valve ติดกับ evaporator มีค่าความดันเป็นศูนย์ และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออก evaporator ติดกับ generator มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 5 psi (0.35 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C	24
รูปที่ 21	แสดงการเพิ่มวาล์วที่ขาเข้า expansion valve ที่ทำการควบคุมแรงดัน เมื่อปิดวาล์วคาดว่าแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปิดวาล์วเพื่อลดทำการลดแรงดัน	25

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	8
ตารางที่ 2	11
ตารางที่ 3	14
ตารางที่ 4	19

ศึกษาความสามารถการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้พลังงานความร้อน จากแสงอาทิตย์

The study of cooling capacity of absorption refrigerator powered by solar
thermal energy

ชูพงษ์ ภาคภูมิ

Chupong Pakpum

สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการทำความเย็นของระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยมีเป้าหมายจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการให้ความร้อนแก่ระบบ ได้ทำการออกแบบระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่างง่ายซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญดังนี้ แหล่งรับความร้อน (generator) แหล่งเปลี่ยนไอให้เป็นของเหลว (condenser) แหล่งให้สารทำความเย็นเกิดการขยายตัว (expansion valve) เพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องที่ต้องการทำความเย็น และ บริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในห้องเย็น (evaporator) หลังจากการประกอบเครื่องตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ทำการทดสอบจ่ายความร้อนให้แก่ generator จนมีอุณหภูมิเท่ากับ 171°C พบว่าแรงดันที่ออกจาก generator และแรงดันที่เข้า expansion valve เป็น 7 psi ไม่เพียงพอที่จะทำให้ท่อหลัง expansion valve และบริเวณ evaporator มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องได้ นั่นคือ แรงดันที่ 7 psi ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์การขยายตัวแบบอะเดียแบติก (adiabatic process) ของสารทำความเย็นได้ โดยระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้สารทำความเย็นเป็นแอมโมเนียจำเป็นต้องสร้างแรงดันของสารทำความเย็นที่ออกจาก generator เป็นอย่างน้อยที่ 170 psi ดังนั้นการที่จะทำให้ได้แรงดันสูงขนาดนี้จำเป็นต้องใช้ปั๊มสารเคมี

คำสำคัญ: เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน, พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

Abstract

In this research, it was studied the ability of cooling of absorption refrigerator by using the heating from solar thermal energy. The simple absorption refrigerator was designed which have the main component that composed of; source to receive heating (generator), source to change vapor phase to liquid phase (condenser), the place where liquid phase to expand (expansion valve) for reduce the refrigerant temperature to lower than room temperature and the place where the heat exchange (evaporator) in the room that desired to cooling. After complete to construct the system as designed, heating was input to generator till reach to temperature at 171°C . It was found that the pressure of generator outlet and the pressure of expansion valve outlet have the value only of 7 psi that not enough to make the tube of expansion valve outlet and evaporator area to have temperature lower than room temperature, that is, the pressure 7 psi is not enough to drive the refrigerant in the system to have the expansion adiabatic process. It is necessary that the pressure of ammonia refrigerant at generator outlet should have the value of at least 170 psi for allowing adiabatic process. Therefore, to reach such a high pressure the system need to install chemical pump.

Key words: Absorption refrigerator, Solar thermal energy

คำนิยาม

โครงการวิจัยเรื่อง ศึกษาความสามารถการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (The study of cooling capacity of absorption refrigerator powered by solar thermal energy) สำเร็จดูล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองทุนวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2557 ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์



บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้พลังงานในอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม ปริมาณที่อยู่อาศัย และการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมด้านต่างๆ โดยพลังงานส่วนใหญ่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเชื้อเพลิง และถ่านหิน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ทำให้ปริมาณสำรองลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง และการใช้พลังงานเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนักน้อย รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมและเร่งรัดให้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน และสนับสนุนการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย นอกจากนี้รัฐบาลยังผลักดัน และสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนา วัสดุ อุปกรณ์ รวมถึงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อลดปริมาณวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตพลังงานแต่ยังคงให้ปริมาณพลังงานที่เท่าเดิม หรือมากกว่าเดิม การสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงาน จะช่วยลดต้นทุนในการจัดหาพลังงาน และค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงของกิจกรรมการผลิต ซึ่งจะส่งผลให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้

ประเทศไทยมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี โดยพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 17 MJ/(m².day) ซึ่งมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นประโยชน์ได้ พลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตน้ำร้อนได้โดยใช้ ตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar Collector) ปัจจุบันการใช้เครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก ทั้งในยุโรป อเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น และประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยยังมีการใช้งานในระดับที่ไม่สูงนัก ด้วยเหตุผลจากเรื่องราคารลงทุนเบื้องต้นที่สูง การใช้น้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานที่ได้เปล่า สะอาด และไม่ทำลายสภาพแวดล้อม

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน เป็นระบบที่ใช้ความร้อนในการขับเคลื่อน การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรี มาให้ความร้อนกับระบบ ทำให้ระบบนี้สามารถทำงานได้โดยปราศจากการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ก็มีข้อจำกัดที่ว่า เมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าในยามค่ำคืน ก็ไม่มีแหล่งความร้อนจ่ายเข้าระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน

ในงานวิจัยนี้ ทีมผู้วิจัยมีเป้าหมายที่จะสร้างเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน และทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็นดังกล่าว เพื่อประเมินศักยภาพของเครื่องทำความเย็นชนิดนี้ว่าจะสามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงในแนวทางใด แนวทางการประยุกต์ใช้งาน

ของสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้ที่พอเป็นไปได้คือ เป็นห้องเย็นสำหรับธุรกิจรีสอร์ต หรือในชุมชนที่อยู่ห่างไกลจากสายส่งไฟฟ้า เป็นห้องเย็นสำหรับเก็บ ผักสด ผลไม้ เนื้อสัตว์ ปลาสด จากการทำประมง หรือที่เก็บ(ชั่วคราว)หลังการเก็บเกี่ยวที่ดำเนินการบนพื้นที่โล่งแจ้งที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อการขนย้ายเมื่ออาทิตย์ตกดิน เป็นห้องเย็นสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ระบบปิด เพื่อการค้า เช่น ฟาร์มเลี้ยงหมู และฟาร์มเลี้ยงไก่ และเป็นชุดสาธิตพลังงานสะอาดของศูนย์การเรียนรู้ (Learning center) ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และทดสอบศักยภาพในการทำทำความเย็น

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พร้อมออกแบบและติดตั้งตัวรับและรวบรวมแสง (solar collector)
2. ทดสอบศักยภาพในการทำทำความเย็นในช่วงเดือนที่มีแสงแดด
3. ประเมินศักยภาพของเครื่องทำความเย็นชนิดนี้ว่าเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในทางใด

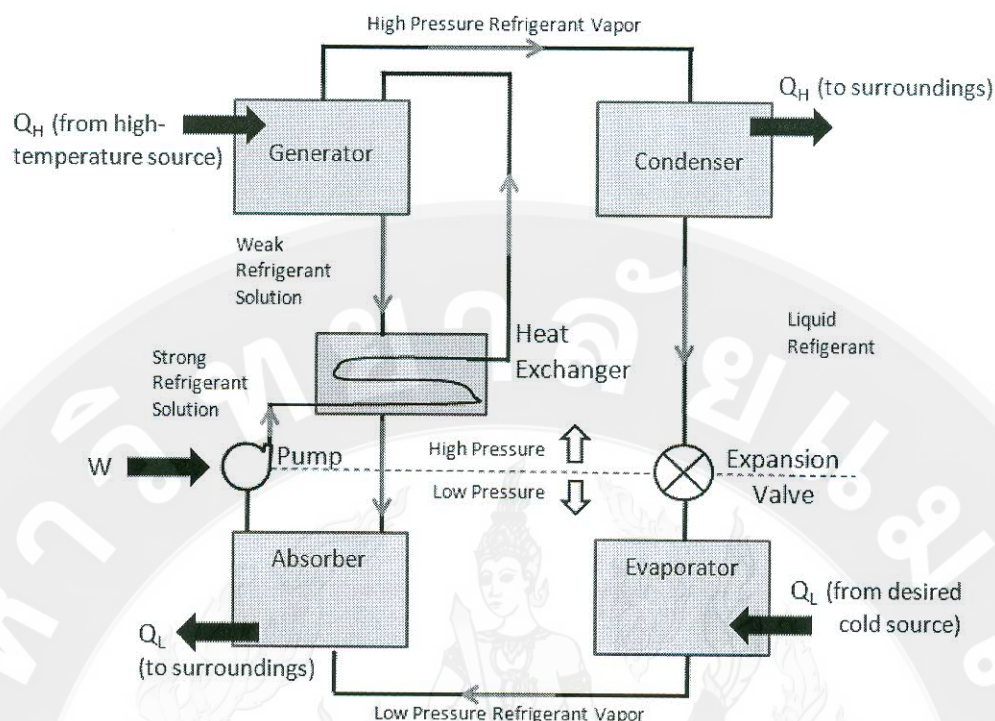
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เผยแพร่ผลงานการประดิษฐ์ในวารสารระดับชาติ
2. ให้นักศึกษาระดับปริญญาตรีได้มีส่วนร่วมในการทำวิจัยในวิชาคณควาอิสระ
3. ได้รู้ถึงข้อมูลเชิงลึก ศักยภาพและข้อจำกัดของสิ่งประดิษฐ์ หลังจากได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เนื่องจากในประเทศไทยแทบจะไม่มีการทำวิจัยในด้านนี้เลย
4. นำสิ่งประดิษฐ์ไปติดตั้ง ณ ที่ศูนย์การเรียนรู้ (Learning center) ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีแผนโครงการแล้วและกำลังดำเนินการอยู่

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Refrigeration)

วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืนมีการใช้คอนเดนเซอร์ และอีแวปเปอเรเตอร์ เหมือนกับวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ แต่จะแทนมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ด้วย แอบซอร์เบอร์ เจนเนอเรเตอร์ และปั๊มขนาดเล็ก เพื่อถ่ายเทพลังงานจากแหล่งอุณหภูมิต่ำไปยังแหล่งอุณหภูมิสูง วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืน สามารถใช้พลังงานความร้อนจากหลายแหล่งเช่น ก๊าซธรรมชาติ ความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ หรือพลังงานแสงอาทิตย์ ในการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนนั้น (พิจารณา รูปที่ 1 วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืน $H_2O-LiBr$) วัฏจักรทำความเย็นจะเริ่มที่อีแวปเปอเรเตอร์ โดยสารทำความเย็นจะฉีดผ่านท่อซึ่งภายในบรรจุน้ำเย็น โดยที่น้ำเย็นนี้จะไหลเวียนไปยังห้องที่ต้องการทำความเย็น อีแวปเปอเรเตอร์จะทำงานภายใต้ความดันสูญญากาศ ซึ่งสารทำความเย็น ที่อยู่ในอีแวปเปอเรเตอร์จะเดือดที่อุณหภูมิต่ำ และดึงความร้อนออกจากน้ำเย็น สารทำความเย็นในสภาวะไอจะเคลื่อนที่ไปยังแอบซอร์เบอร์ จากนั้นจะถูกดูดกลืนให้เป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นของลิเทียมโบรไมด์ หลังจากนั้นสารนี้และน้ำจะถูกปั๊มไปยังเจนเนอเรเตอร์ โดยจะมีการให้ความร้อนเพื่อให้สารทำความเย็นระเหยออกจากลิเทียมโบรไมด์ จากนั้นลิเทียมโบรไมด์ที่เข้มข้นจะไหลกลับไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และไหลกลับไปยังแอบซอร์เบอร์เพื่อทำงานเป็นวัฏจักร สารทำความเย็นจะไหลเข้าคอนเดนเซอร์ซึ่งจะถูกทำให้กลายเป็นของเหลวและไหลกลับไปยังอีแวปเปอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งข้อดีของระบบทำความเย็นแบบนี้คือ ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย โดยมีการใช้ปั๊มขนาดเล็ก



รูปที่ 1 วัฏจักรทำความเย็นแบบดูดกลืน [1]

วัฏจักรการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 6

ส่วน คือ

1. อีแวปอเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดึงความร้อนออกจากห้องเย็น
2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกสู่สภาวะภายนอก
3. เจนเนอเรเตอร์ (Generator) ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากแหล่งพลังงาน ความร้อนทำให้สารทำความเย็นกลายสถานะ เป็นไอ
4. แอ็บซอร์เบอร์ (Absorber) ทำหน้าที่ดูดซึมสารทำความเย็นในสถานะไอ ที่ไหล ออกจากอีแวปอเรเตอร์ให้กลายเป็นของเหลว ในรูปของสารละลาย
5. ปั๊มสารเคมี (Solution Pump) ทำหน้าที่หมุนเวียนสารทำความเย็น และสร้างความดัน ให้แก่ระบบ
6. วาล์วขยายตัว (Expansion valve) ทำหน้าที่ลดความดัน ทำให้สารทำความเย็นมีความดัน ลดต่ำลง

สำหรับสารทำความเย็นที่พบว่ามีการใช้งานในระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน มีดังนี้

สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ (Ammonia-Water) จะใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น และน้ำเป็นตัวดูดกลืน ระบบนี้เหมาะกับระบบทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C หรือ ใกล้เคียง -30°C ถึง 10°C

น้ำ-สารละลายลิเทียมโบรไมด์ (Water-Lithiumbromide) จะใช้น้ำเป็นสารทำความเย็น และลิเทียมโบรไมด์ (LiBr) เป็นตัวดูดกลืน ระบบนี้เหมาะกับระบบทำความเย็น เพื่อการปรับอากาศ โดยทั่วไปที่อุณหภูมิในช่วง 10°C ถึง 25°C

การทบทวนวรรณกรรม

ตารางที่ 1 แสดงงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ในประเทศไทย

ลำดับที่	ชื่อผลงาน	แหล่งพลังงานความร้อน	สารทำงานที่ใช้ในระบบ	จำนวนชั่วโมงที่ทำการเดินเครื่องได้	อุณหภูมิห้องเย็น (ขนาด TR)	ต้นทุนการสร้างระบบ	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP)
1	วิทยานิพนธ์ : การออกแบบและสร้างระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนที่ใช้ไอเสียจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ (นาย ชัยพร ไชยญาติ), ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2551	ไอเสียจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ	สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ	8 ชั่วโมง / วัน	ต่ำกว่า 4°C (4 TR = 14kW)	ไม่มีข้อมูล	0.25
2	รายงานฉบับสมบูรณ์ : โครงการพัฒนาแหล่งน้ำพร่อนแม่จัน จ.เชียงราย (สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน ม. เชียงใหม่, 2548)	น้ำพร่อน	สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ	24 ชั่วโมง / วัน	4°C (2.5TR=8.8kW)	ไม่มีข้อมูล	0.38
3	CPF เชียงใหม่	Use exhaust gas from diesel engine (waste)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	4°C (10 TR)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
4	Thai Bio Gas : TaChang	Hot water Generator Jacket	น้ำ-LiBr	ไม่มีข้อมูล	N/A $^{\circ}\text{C}$ (30 TR)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
5	สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ชั้น 13)	Solar energy (แผงรับรังสีแบบเรียบ)	น้ำ-LiBr	ไม่มีข้อมูล	N/A $^{\circ}\text{C}$ (6.5 TR)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
6	บริษัทไทยแทพิต้า จำกัด จ.ระยอง	ไอน้ำส่วนเกินเหลือจากกระบวนการผลิตร่วม (Cogeneration)	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	N/A $^{\circ}\text{C}$ (1x 450TR) + (3x 900TR)	21.5 ล้านบาท	ไม่มีข้อมูล
7	บริษัทเขาช่องอุตสาหกรรม จำกัด อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ	ไอน้ำส่วนเกินที่เหลือจากหม้อไอน้ำที่ใช้กาต้มน้ำเป็นเชื้อเพลิง	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	N/A $^{\circ}\text{C}$ (180TR)	4.036 ล้านบาท	ไม่มีข้อมูล
8	สวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร	Solar energy (10kW parabolic trough)+ Biomass steam boiler	น้ำ-LiBr	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	6.99 ล้านบาท	0.52 - 0.70
10	เสนอโดยงานวิจัยนี้	Solar energy (+ solar collector)	สารละลายแอมโมเนีย-น้ำ หรือ น้ำ-LiBr	8 ชั่วโมง / วัน	คาดว่า $< 20^{\circ}\text{C}$	50,000 บาท	0.3 - 0.7

หมายเหตุ :

1. N/A คือ ไม่มีข้อมูล

2. หน่วยต้นความเย็น คือ TR (ton of refrigeration) โดยที่ 1 TR = 12,000 Btu/h = 3,516 W

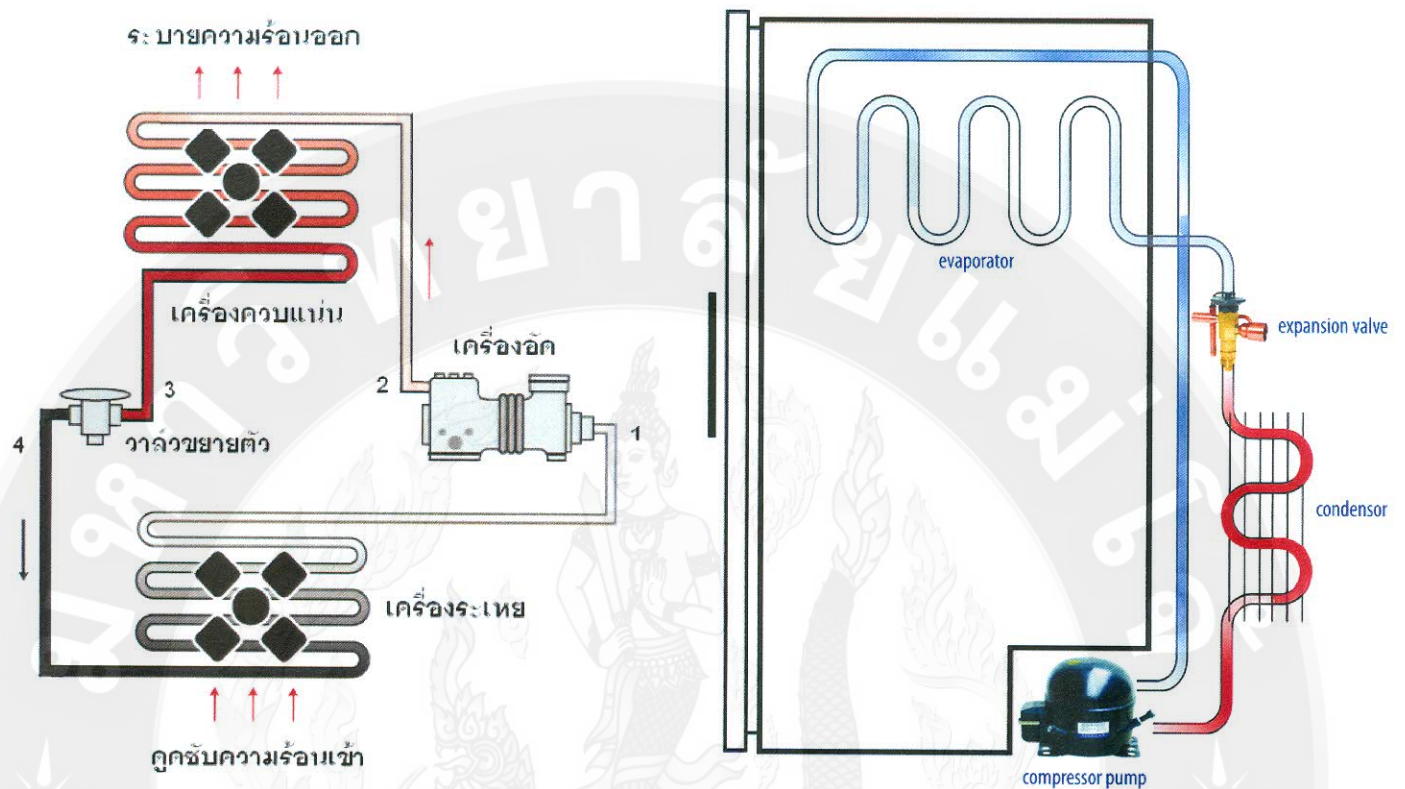
การออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน

ในหัวข้อนี้ จะอธิบายถึงหลักการทำงานของ การทำความเย็นแบบอัดไอ (ตู้เย็น) และ การทำความเย็นแบบดูดกลืน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการทำความเย็นทั้งสองแบบ และนำไปสู่แนวคิดของการออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนของงานวิจัยนี้

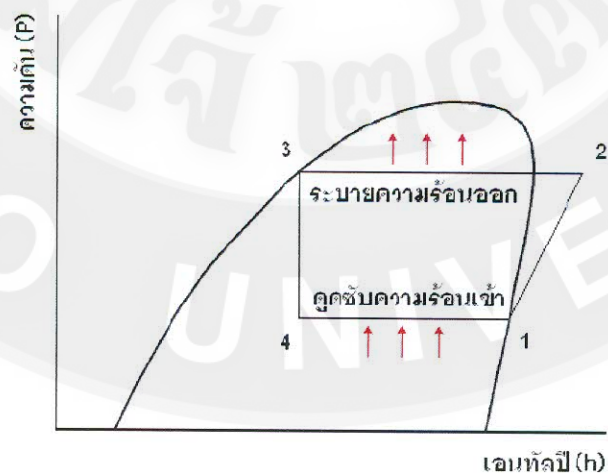
ตู้เย็น เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อาศัยหลักการทำงานแบบอัดไอ ซึ่งมีกระบวนการพื้นฐานในการทำงานอยู่ 4 ประการ คือ

- 1.) กระบวนการอัดสารทำความเย็น (สารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน) ในสถานะก๊าซให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงด้วยเครื่องอัด (Compressor)
- 2.) กระบวนการคายความร้อนจากสารทำความเย็นให้บรรยากาศภายนอกในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะก๊าซเป็นสถานะของเหลว กระบวนการเกิดขึ้นผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องควบแน่น (Condenser)
- 3.) กระบวนการลดความดันที่ทำให้สารทำความเย็นมีความดันลดต่ำลงด้วยอุปกรณ์ลดความดัน (Pressure reducer) หรือที่มักเรียกว่า วาล์วขยายตัว (Expansion valve) หรือ วาล์วควบคุมสารทำความเย็น
- 4.) กระบวนการดูดซับความร้อนออกจากตู้เย็นหรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็นสู่สารทำความเย็น ในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากสถานะของเหลวเป็นสถานะก๊าซกระบวนการเกิดขึ้นผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องระเหย (Evaporator)

นอกจากนี้เพื่อให้มีสารทำความเย็นเพียงพอ ในระบบขนาดใหญ่ที่ต้องใช้สารทำความเย็นจำนวนมากจะออกแบบให้มีถังพักสารทำความเย็น (Liquid receiver) อยู่ระหว่างเครื่องควบแน่นกับวาล์วขยายตัวเพื่อทำการสะสมสารทำความเย็นเหลวที่กลั่นตัวเก็บไว้เมื่อจำเป็น สำหรับในระบบขนาดเล็กเช่น ตู้เย็น ไม่จำเป็นต้องมี แต่จะมีกระเปาะสะสมสารทำความเย็นในสถานะก๊าซ (Accumulator) ระหว่างเครื่องระเหยกับเครื่องอัดเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2 แผนภาพอุปกรณ์การทำความเย็นพื้นฐานของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (ซ้ายมือ)
และแผนภาพแสดงตำแหน่งอุปกรณ์การทำความเย็นของตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือน (ขวามือ)



รูปที่ 3 แผนภาพ ความดัน (P) – เอนทัลปี (h) ของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการทำงาน อุณหภูมิ ความดัน สถานะของสารทำความเย็น และอุปกรณ์การทำงาน

ลักษณะขั้นตอนการทำงาน	อุณหภูมิ	ความดัน	สถานะของสารทำความเย็น	อุปกรณ์
1 → 2 อัดสารทำความเย็นให้มีความดันสูง	ต่ำ → สูง	ต่ำ → สูง	ไอ	เครื่องอัด (compressor)
2 → 3 คายความร้อนสู่บรรยากาศ	สูง	สูง	ไอ → ของเหลว	เครื่องควบแน่น (condenser)
3 → 4 ลดความดันสารทำความเย็น	สูง → ต่ำ	สูง → ต่ำ	ของเหลว → (ของเหลว+ไอ)	วาล์วขยายตัว (expansion valve)
4 → 1 ดูดซับความร้อนเข้าสู่ระบบ	ต่ำ	ต่ำ	ของเหลว+ไอ	เครื่องระเหย (evaporator)

จะเห็นได้ชัดว่า เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอของผู้เย็น จะมีอุปกรณ์ที่สำคัญ จำเป็นต่อการทำความเย็น อยู่ 4 ส่วน คือ เครื่องอัด, เครื่องควบแน่น, วาล์วขยายตัว และเครื่องระเหย

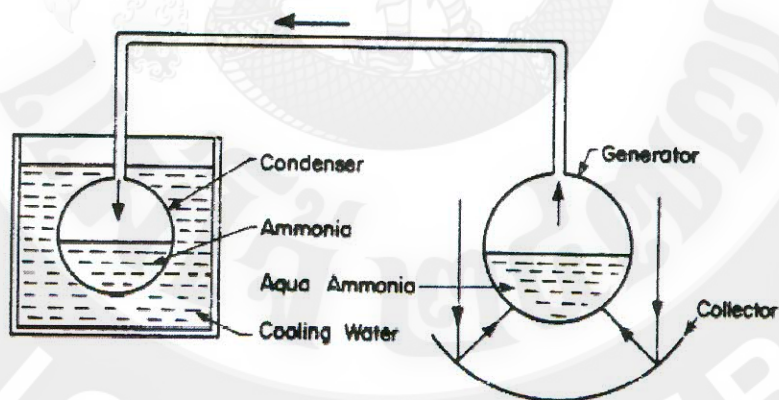
สำหรับหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน ได้ให้รายละเอียดไปแล้วในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งหลักการทำงานจะคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอของผู้เย็น แต่อุปกรณ์ที่ใช้ จะมีถึง 6 ส่วนด้วยกัน คือ เจนเนอเรเตอร์, ปัมสารเคมี, เครื่องควบแน่น, วาล์วขยายตัว, เครื่องระเหย และ แอบซอร์เบอร์ ซึ่งระบบแบบนี้ สามารถทำงานให้ความเย็นได้ ตลอด 24 ชั่วโมงในหนึ่งวัน เนื่องจาก มีการใช้ปัมสารเคมี (ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน) เพื่อให้สารทำงาน ทำงานเป็นวัฏจักรได้อย่างต่อเนื่อง และในส่วนของเจนเนอเรเตอร์สามารถใช้ความร้อนได้จากหลายแหล่ง เช่น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ ความร้อนจากการเผาไหม้โดยใช้ LPG หรือเชื้อเพลิงชีวมวล ความร้อนที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม และถ่านหิน

แต่ในอดีต เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน มีระบบที่ไม่ซับซ้อน เรียกว่า Crosley IcyBall [2] มีใช้กันอย่างแพร่หลายในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ ดังแสดงในรูปที่ 4 แต่มีข้อจำกัดในการทำความเย็น คือ สามารถทำความเย็นได้เพียง 1 ครั้งใน 24 ชั่วโมง หากใช้เฉพาะความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อน พิจารณา รูปที่ 5 ด้านขวามือ ภาพชนรูปทรงกลม (Generator) บรรจุสารละลายแอมโมเนีย (Aqua ammonia) ในช่วงเวลากลางวัน จะใช้แสงจากดวงอาทิตย์ที่ถูกรวบรวมรังสีผ่านตัวรวบรวมแสง (Collector) ให้รังสีมาตกรวมกันเพื่อให้ความร้อนแก่ตัว Generator ณ ตำแหน่งนี้ สารละลายแอมโมเนียจะมีความร้อนสูงและความดันสูง แอมโมเนียส่วนที่

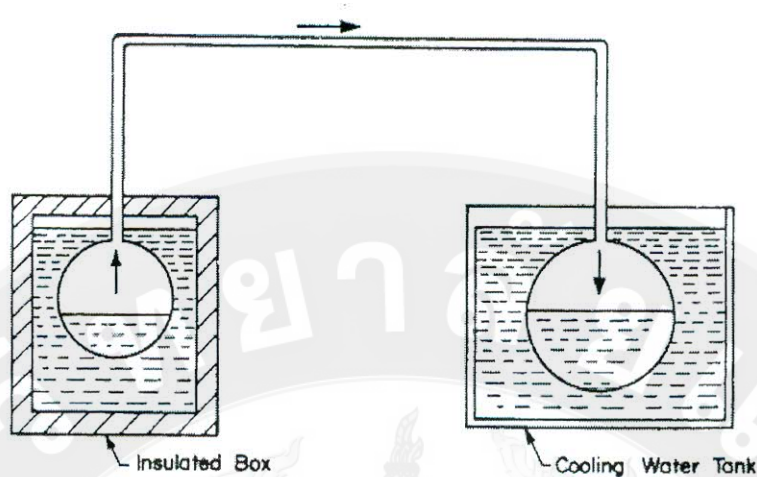
เป็นของเหลวจะถูกเปลี่ยนเป็นไอ และเคลื่อนตัวไปยัง (ตามทิศทางของลูกศร) ด้านซ้ายมือคือ Condenser บริเวณนี้ ไอของแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียเหลว (Ammonia) โดยน้ำหล่อเย็น (Cooling water)



รูปที่ 4 แสดงเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่างง่าย (แบบเก่า) โปรดเปรียบเทียบกับรูปที่ 4 กับรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการทำงานในช่วงกลางวัน กรณีใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน (operation of the regeneration phase)



รูปที่ 6 แสดงการทำงานในช่วงเวลากลางคืน เป็นขั้นตอนของการสร้างความเย็นของภาชนะด้านซ้ายมือ (Operation of the refrigeration phase) [4]

ส่วนในเวลากลางคืน เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์จะทำให้ภาชนะด้านขวามือ (Generator) มีอุณหภูมิลดต่ำลงและความดันลดลง ความดันภาชนะด้านขวามือจะต่ำกว่าความดันในภาชนะด้านซ้ายมือ ทำให้แอมโมเนียที่อยู่ในสถานะของเหลวในตอนกลางวัน เกิดการขยายตัว เมื่อแอมโมเนียเหลวขยายตัวจะมีอุณหภูมิ (ติดลบ, ต่ำกว่า 0°C) ต่ำกว่าของเหลวที่อยู่ล้อมรอบ ในรูปที่ 6 (ในภาพด้านซ้ายมือ) เป็นการนำภาชนะที่มีของเหลวที่ต้องการทำเป็นน้ำแข็ง ซึ่งภาชนะดังกล่าวมีฉนวนหุ้มมาแทนที่ภาชนะที่นำมาใช้ทำความเย็น cooling water ในตอนกลางวัน ในรูปที่ 5) ทำให้ความร้อนจากของเหลวถูกถ่ายโอนให้แอมโมเนียจนน้ำในภาชนะที่มีฉนวนหุ้มกลายเป็นน้ำแข็ง

จะเห็นได้ว่าเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลั่นในอดีต จำเป็นที่จะต้องใช้กำลังงานคนในการเปลี่ยนภาชนะที่ใช้สำหรับระบายความร้อน (cooling water box) ในรูปที่ 5 (กล่องซ้ายมือ) กับภาชนะที่ใช้สำหรับทำความเย็น (Insulated box) ในรูปที่ 6 (กล่องด้านซ้ายมือ)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบ องค์ประกอบ, ความต่อเนื่องในการทำความเย็น, พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนระบบและการประยุกต์ใช้งานในปัจจุบัน ของ ตู้เย็น, เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนทั่วไป, เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนแบบเก่า (Crosley IcyBall) และ เครื่องทำความเย็นในงานวิจัยนี้

หัวข้อ	รายละเอียด	การทำความเย็นแบบอัดไอ	การทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Refrigerator, AR)		
		ตู้เย็น	AR- ทั่วไป	AR -แบบเก่า (Crosley IcyBall)	AR- ในงานวิจัยนี้
องค์ประกอบ	อัดสารทำความเย็นให้มีความดันสูง	compressor	generator	generator	generator
		-	Solution pump	-	-
	คายความร้อนสู่บรรยากาศ	condenser	condenser	condenser	condenser
	ลดความดันของสารทำความเย็น	Expansion valve	Expansion valve	-	Expansion valve
	ดูดซับความร้อนเข้าสู่ระบบ	evaporator	evaporator	condenser*	evaporator
	รวบรวมไอสารทำความเย็นให้อยู่ในสถานะของเหลว	-	absorber	-	-
ความต่อเนื่องในการทำความเย็น	ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง	ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ไม่ต่อเนื่อง – ช่วงเวลาที่ทำ ความเย็นคือช่วง เวลา กลางคืน	เป้าหมาย คือ ต่อเนื่อง 9 ชั่วโมง เมื่อมีแสงแดด (8:30-16:30 น.)
พลังงานใช้ขับเคลื่อนระบบ		ไฟฟ้า	ไฟฟ้า (pump) + ความร้อนจาก แสงอาทิตย์ หรือ อื่นๆ	ความร้อนจาก แสงอาทิตย์	ความร้อนจาก แสงอาทิตย์
การประยุกต์ใช้งานปัจจุบัน		ใช้สดอาหารสด ผลิด น้ำแข็ง	ใช้ทำห้องเย็น ใน โรงงาน อุตสาหกรรม ซึ่ง เป็นระบบ Co-generation	ใช้ผลิตน้ำแข็ง เพื่อ ขีดอาหารคั้นรักษา โรคในพื้นที่ไม่มี ไฟฟ้าใช้	อยู่ระหว่าง การศึกษาเพื่อ ประเมินการ ประยุกต์ใช้

หมายเหตุ *condenser ใน AR แบบเก่า ทำหน้าที่ทั้ง condenser และ evaporator

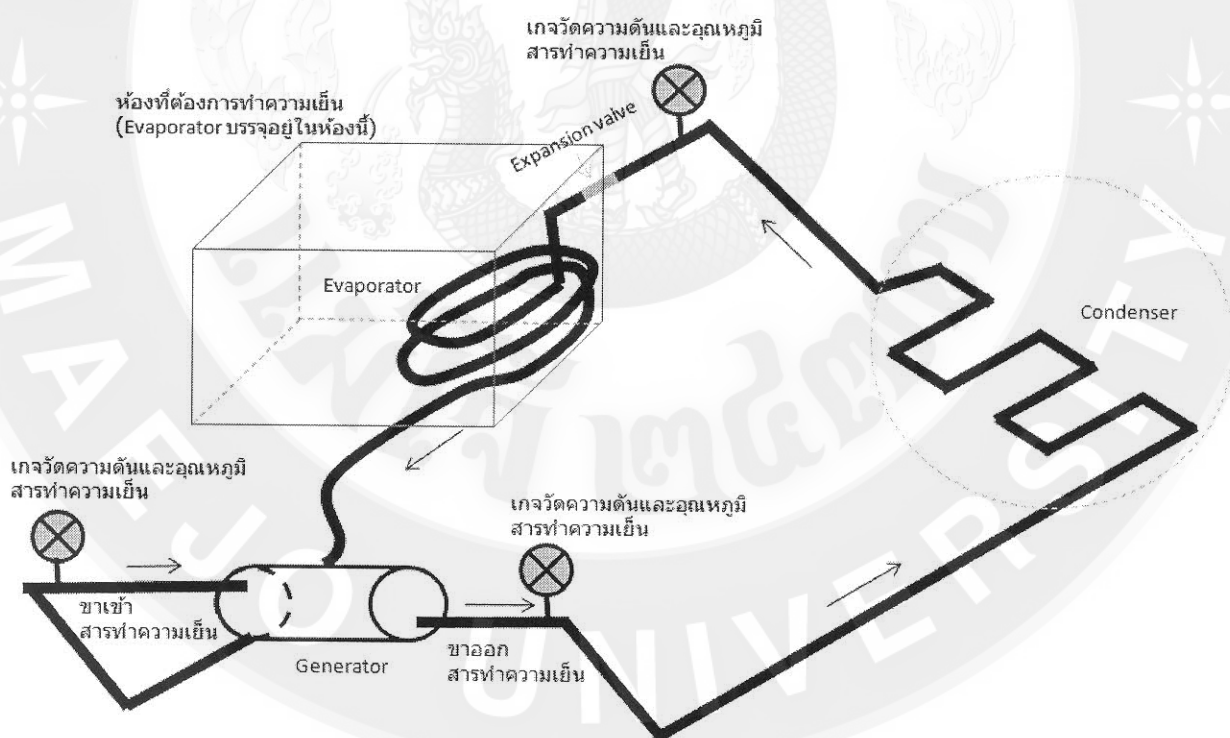
จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ชัดว่า งานวิจัยนี้ มุ่งเป้าที่จะลดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็นจาก AR-ทั่วไป ที่ใช้ถึง 6 ส่วน ให้เหลือเพียง 4 ส่วนซึ่งใกล้เคียงกับของตู้เย็น และพยายามที่จะให้เครื่องทำความเย็นสามารถทำความเย็นได้อย่างต่อเนื่อง ภายใต้การใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว เป็นการปรับปรุงให้ดีขึ้นจาก AR-แบบเก่า (Crosley IcyBall) ซึ่งมีข้อจำกัดในการทำความเย็นได้เพียง 1 ครั้งใน 24 ชั่วโมง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำความเย็นของระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนซึ่งจะต้องทำการออกแบบระบบอย่างง่าย มีการสร้างตามทีออกแบบไว้และทดสอบระบบ

การออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน

ปัญหาในการออกแบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนในงานวิจัยนี้คือ จะทำอย่างไรหากไม่ใช้ปั๊มสารเคมี (solution pump) ที่บังคับให้สารทำความเย็น หมุนวนไปในทิศทางเดียวให้เกิดกระบวนการเป็นวัฏจักร เพื่อให้ระบบไม่ต้องมีการใช้ไฟฟ้า (เช่นเดียวกับตู้เย็น ที่มี compressor เป็นตัวบังคับให้สารทำความเย็นไหลไปในทิศทางเดียว) แนวทางในการแก้ปัญหานี้คือ การให้ท่อขาออกและขาเข้าตรงบริเวณรับความร้อน (generator) จากแสงอาทิตย์มีความสูงที่แตกต่างกัน ซึ่งอาศัยหลักการ การแตกต่างของความดันของเหลวที่มีความสูงที่ต่างกัน จากรูปที่ 8 โดยการให้ท่อขาออกอยู่ต่ำกว่าท่อขาเข้าของตัว generator และให้ตัว generator อยู่สูงกว่าตัว condenser จะทำให้ของเหลวไหลในทิศเดียว

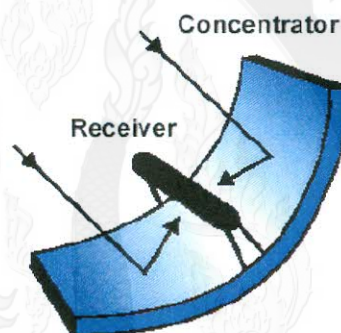


รูปที่ 7 ภาพวาดแสดงส่วนประกอบ และตำแหน่งอุปกรณ์ของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนของงานวิจัยนี้ โดยถูกสรในภาพแสดงทิศการไหลของสารทำความเย็น

การออกแบบตัวรับแสงดวงอาทิตย์

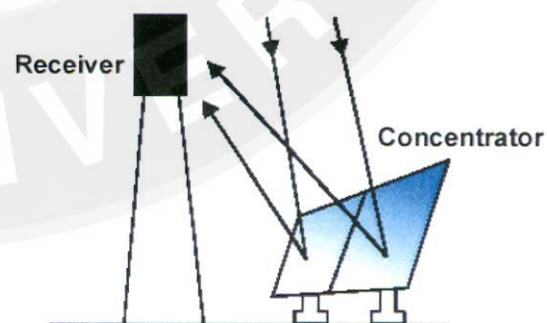
ตัวรับแสงดวงอาทิตย์มีหน้าที่รวบรวมแสงดวงอาทิตย์มาไว้ที่ตำแหน่งเดียวเพื่อให้เกิดการรวบรวมพลังงานความร้อนให้ได้มากที่สุดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ปัจจุบันมีวิธีการรวบรวมแสงดวงอาทิตย์อยู่หลายวิธี ดังนี้

- 1.) แบบ Parabolic troughs ประกอบด้วยตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นรางยาวโค้งแบบมิติเดียวที่ติดตั้งไว้บนระบบหมุนตามดวงอาทิตย์แกนเดียว (single-axis tracking system) ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์สะท้อนไปยังท่อที่ตั้งขนานกับแนวรางรวมแสงเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวที่ไหลหมุนเวียนผ่านท่อ โดยการแลกเปลี่ยนความร้อน



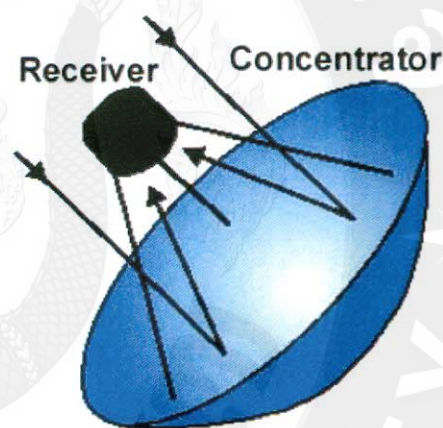
รูปที่ 8 แสดงภาพถ่ายจริงของตัวรับแสงแบบ Parabolic troughs (ซ้าย) และ แผนภาพแสดงหลักการ ทำงานของตัวรับแสงนี้ (ขวา)

- 2.) แบบ Central Receivers หรือ Power Tower ประกอบด้วยตัวรับความร้อนที่ติดตั้งอยู่กับที่ตั้งอยู่บนหอคอยที่ล้อมรอบด้วยแผงกระจกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากที่เรียกกันว่า เฮลิโอสแตท เฮลิโอสแตทจะหมุนตามดวงอาทิตย์และสะท้อนรังสีไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งภายในบรรจุของเหลวทำงานทำหน้าที่ดูดซับพลังงานความร้อนไว้



รูปที่ 9 แสดงภาพถ่ายจริงของ Power tower (ซ้าย) และหลักการ ทำงาน (ขวา)

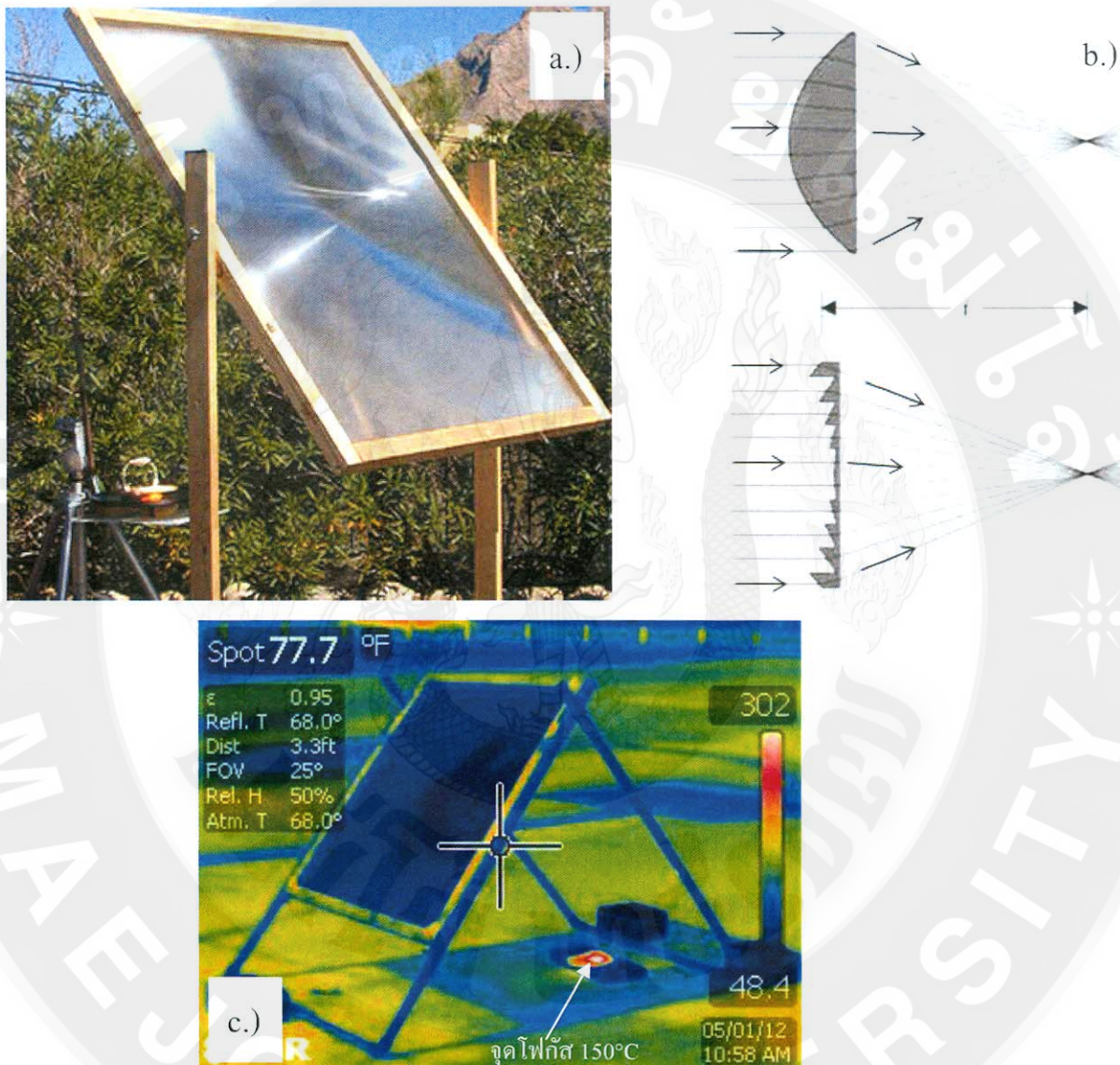
- 3.) แบบ Parabolic Dishes ประกอบด้วยตัวรวมแสงลักษณะเป็นจานรูปทรง parabolic ที่มีจุดศูนย์รวมแสงเพื่อสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับความร้อนที่ตั้งอยู่บนจุดศูนย์รวมแสง Parabolic Dishes จะใช้แผงสะท้อนที่มีลักษณะโค้งเป็นจำนวนมากซึ่งทำด้วยกระจกหรือฟิล์มบาง (laminated film) ตัวรวมแสงเหล่านี้จะตั้งอยู่บนโครงสร้างซึ่งใช้ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์สองแกน (two-axis tracking system) เพื่อรวมแสงให้เป็นจุดเดียวไปรวมอยู่บนตัวรับความร้อน ความร้อนที่ได้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรงกับ cycle heat engine ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวรับความร้อน หรือนำความร้อนที่ได้ไปทำให้ของเหลวร้อนก่อนแล้วนำไปใช้กับ central engine ระบบตัวรวมความร้อนแบบเน้นเป็นจุดศูนย์กลาง (parabolic dishes) มีประสิทธิภาพการแปลงเป็นความร้อนได้สูงกว่าชนิดตัวรวมแบบราง (parabolic troughs) เนื่องจากสามารถผลิตความร้อนได้อุณหภูมิที่สูงกว่า



รูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายจริงของ Parabolic dishes (ซ้าย) และหลักการทำงาน (ขวา)

- 4.) แบบเลนส์เฟรสเนล (Fresnel lens) ถือว่าเป็นเลนส์นูน หรือแว่นขยาย ที่ตั้งชื่อตามนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อ Augustin-Jean Fresnel ซึ่งศึกษาถึงการหักเหของแสง เดิมทีเลนส์เฟรสเนลออกแบบมาเพื่อใช้ส่องไฟจากประภาคาร ซึ่งในสมัยที่ยังไม่มีไฟฟ้า ต้นกำเนิดของแสงเป็นเพียงโคมตะเกียง จึงต้องนำแสงจากจุดโฟกัสของโคม ส่องออกไปเป็นระยะทางไกลหลายๆ ไมล์ หากใช้เลนส์นูนตามปกติ ก็จะต้องสิ้นเปลืองเนื้อแก้วมาก แลมน้ำหนักให้กับกรอบแก้วหมุนอีก ซึ่งการออกแบบเป็นเลนส์เฟรสเนลทำให้เกิดการประหยัดวัสดุและมีน้ำหนักเบาและมีหน้าที่การทำงานเหมือนกับเลนส์ทั่วไป เลนส์เฟรสเนล กระจายแสงจากจุดโฟกัสด้านหนึ่งให้เป็นลำแสงขนานออกไปในระยะไกลได้ และรวมแสงขนาน(เช่นแสงอาทิตย์) เข้าสู่จุด

โฟกัสได้เช่นกัน แล้วแต่ว่าแหล่งกำเนิดของแสง จะอยู่ด้านไหนของเลนส์ เมื่อนำเลนส์เฟรสเนลมาใช้กับแสงแดด จะมีอนุภาพมาก จะสามารถรวบรวมพลังงานแสงที่ตกกระทบหน้าเลนส์ทั้งหมด ให้รวมที่จุดโฟกัส จนสามารถจุดไฟได้อย่างง่ายดาย เฟรสเนลเลนส์ไม่ต้องสร้างด้วยแก้ว สามารถใช้พลาสติกใส หรือ วัสดุใสที่รู้ดัชนีการหักเหของแสงแน่นอนมาสร้างได้

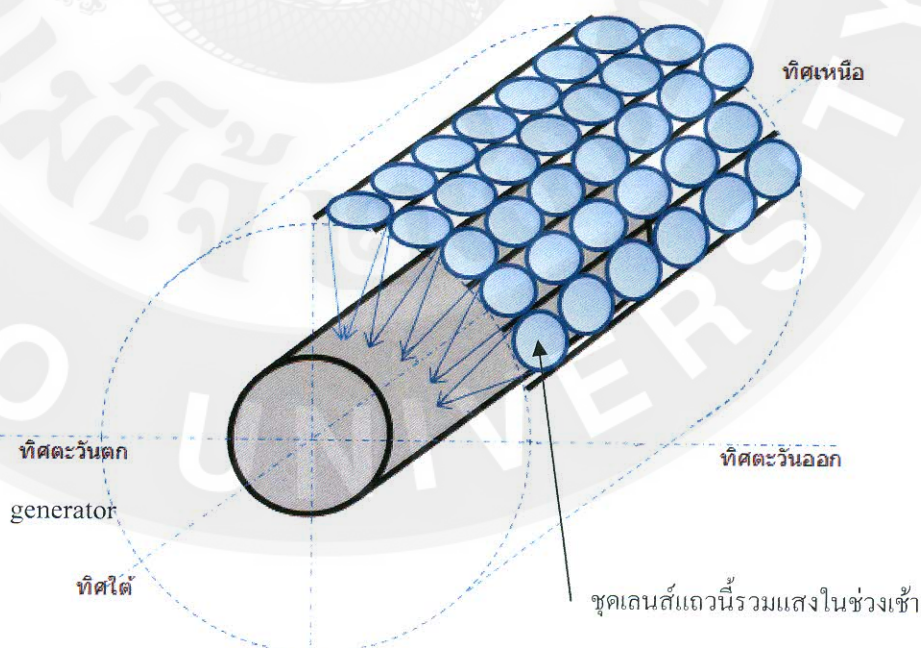


รูปที่ 11 แสดงภาพถ่ายจริงของ Fresnel lens (a), หลักการทำงาน (b) และ ภาพถ่ายอินฟราเรด แสดงการโฟกัสแสงดวงอาทิตย์ไปยังก้อนอิฐ จุดโฟกัสบนก้อนอิฐมีอุณหภูมิสูงถึง 302°F (150°C)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบ หัวข้อพิจารณา (ขนาดพื้นที่ๆใช้ติดตั้ง, ความร้อนที่ผลิตได้, พลังงานรูปแบบอื่นที่ต้องใช้ในระบบ) ของวิธีการรวมแสงแบบต่างๆ

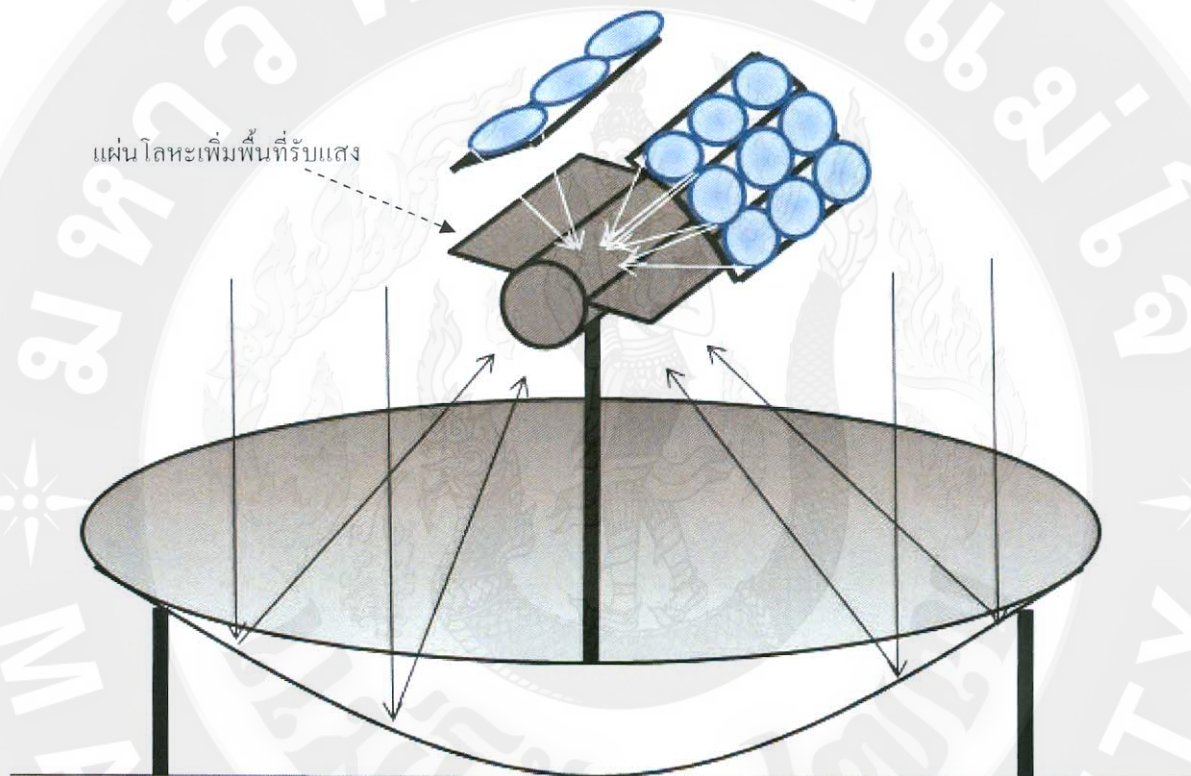
หัวข้อพิจารณา	วิธีการรวมแสง			
	Parabolic Troughs	Central Receivers หรือ Power Tower	Parabolic Dishes	Fresnel lens
ขนาดพื้นที่ๆใช้ติดตั้ง	ใหญ่	ใหญ่	เล็ก ถึง ใหญ่	ใหญ่
ความร้อนที่ผลิตได้บนวัตถุรับแสง	มากกว่า 130°C	มากกว่า 130°C	มากกว่า 130°C	มากกว่า 130°C
พลังงานรูปแบบอื่นที่ต้องใช้ในระบบ	ไฟฟ้า ขับเคลื่อน มอเตอร์ติดตามดวงอาทิตย์	ไฟฟ้า ขับเคลื่อน มอเตอร์ติดตามดวงอาทิตย์	ไฟฟ้า ขับเคลื่อน มอเตอร์ติดตามดวงอาทิตย์	พลังงานคน คอย ปรับตำแหน่ง โฟกัส

เนื่องจากงานวิจัยนี้ จะเน้นการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว โดยที่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างอื่นช่วยเลย ดังแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า วิธีการรวมแสงแบบ Parabolic Troughs, Central Receivers และ Parabolic Dishes จำเป็นที่จะต้องมียพลังงานไฟฟ้า (อาจมาจากการใช้แบตเตอรี่) ใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์คอยติดตามดวงอาทิตย์เพื่อให้แสงอาทิตย์มารวมกันที่จุดโฟกัสได้ตลอดเวลา ดังนั้น ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบตัวรับแสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 12 และรูปที่ 13



รูปที่ 12 Sectional lens (เลนส์รวมแสงแบบแบ่งส่วน)

จากรูปที่ 12 เมื่อสร้างชุดรวมแสงเป็นแถว และเอียงชุดเลนส์ให้ได้มุมตามที่ต้องการเพื่อโฟกัสแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาให้มาตกที่ตัว generator เมื่อสร้างชุดเลนส์หลายๆแถว และเอียงเป็นมุมที่ค่าต่างๆ การออกแบบในลักษณะนี้จะสามารถให้ความร้อนแก่ตัว generator ได้ตลอดเวลา โดยที่ไม่ต้องใช้มอเตอร์ติดตามดวงอาทิตย์ ทั้งนี้การออกแบบในลักษณะนี้อาจมีข้อด้อยอยู่บ้างตรงที่ พลังงานความร้อนที่ได้จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธี parabolic dish ที่มีมอเตอร์ติดตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลา



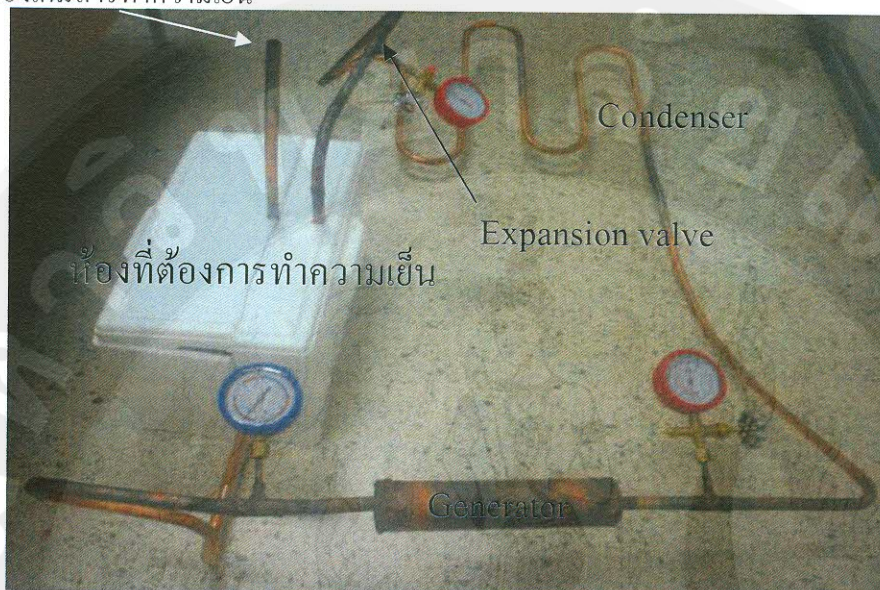
รูปที่ 13 Sectional lens combine with parabolic dish (เลนส์รวมแสงแบบแบ่งส่วนร่วมกับจานสะท้อนแสงแบบพาราโบลา)

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความร้อน สามารถนำจานสะท้อนแสงแบบพาราโบลามาใช้ร่วมกับเลนส์รวมแสงแบบแบ่งส่วนได้ โดยการติดตั้งจานสะท้อนแสงแบบพาราโบลาให้ประจำอยู่กับที่ ดังแสดงในรูปที่ 13 จานพาราโบลาจะให้ความร้อนสูงในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 13:00 น. ส่วนในช่วงเวลาอื่นเป็นหน้าที่ของเลนส์รวมแสงแบบแบ่งส่วน

ผลการวิจัย

ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ดังแสดงในรูปที่ 14 รูปที่ 15 และรูปที่ 16 หลังทำการเชื่อมและต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน ตามที่ได้ออกแบบไว้ในรูปที่ 7

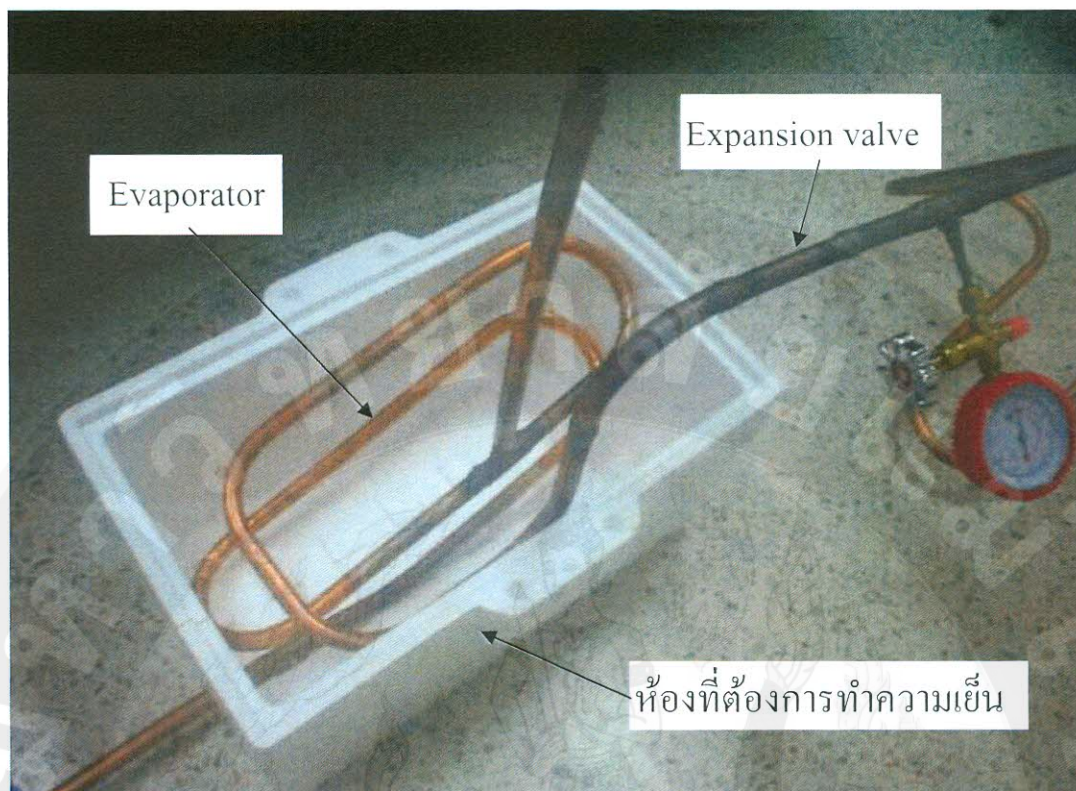
ช่องเติมสารทำความเย็น



รูปที่ 14 แสดงเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนของงานวิจัยนี้ที่ได้ทำการประกอบและเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้ว



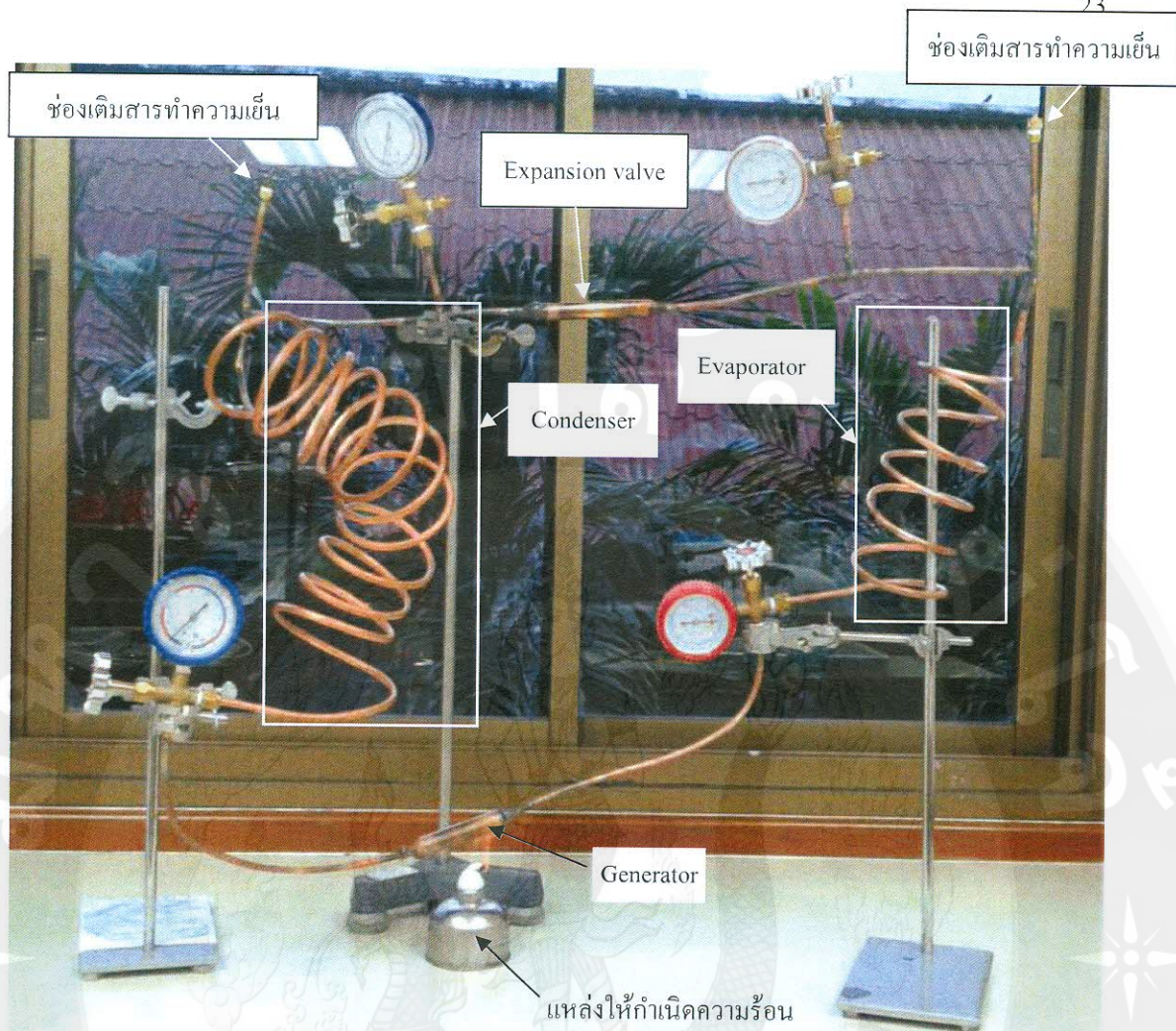
รูปที่ 15 แสดงเฉพาะส่วน Generator ที่มีท่อขาออกและท่อขาเข้าของสารทำความเย็นในความสูงที่ต่างกัน



รูปที่ 16 แสดงภายในห้องที่ต้องการทำความเย็น บรรจุส่วน Evaporator (มีลักษณะเป็นท่อขดรูปวงรี) และแสดงตำแหน่งของ expansion valve

สารทำความเย็นที่ใช้เติมคือ สารละลายแอมโมเนีย (NH_4OH) ความเข้มข้น 27% ซึ่งปริมาณของระบบมีขนาดใหญ่จึงต้องใช้แอมโมเนียในปริมาณเกือบ 2 ลิตร พบว่ามีปัญหาในการเติมสารละลายแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ เนื่องจากแอมโมเนียมีความดันไอค่อนข้างสูงและมีกลิ่นฉุน

ผู้วิจัยจึงทำการแก้ปัญหาด้วยการลดขนาดของระบบลงมาเพื่อให้ใช้ปริมาณสารละลายแอมโมเนียที่น้อยลงสู่ระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) ดังแสดงในรูปที่ 17 ทำการเติมแอมโมเนียปริมาณ 100 มิลลิลิตร โดยการใช้ปั๊มสุญญากาศดึงอากาศออกจากระบบก่อนแล้วจึงเติมแอมโมเนียเข้าระบบ เมื่อทำการจ่ายความร้อนให้แก่ generator ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สามารถทำความร้อนที่ generator สูงสุดที่ 171°C ดังแสดงในรูปที่ 18 พบว่าความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก generator ติดกับ condenser (รูปที่ 19 ด้านซ้ายมือ) และ ความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก condenser ติดกับ expansion valve (รูปที่ 19 ด้านขวามือ) มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 7 psi (0.49 kg/cm^2) ส่วนความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก expansion valve ติดกับ evaporator (รูปที่ 20 ด้านซ้ายมือ) มีค่าความดันเป็นศูนย์ และความดันของสารทำความเย็นขาออก evaporator ติดกับ generator (รูปที่ 20 ด้านขวามือ) มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 5 psi (0.35 kg/cm^2)



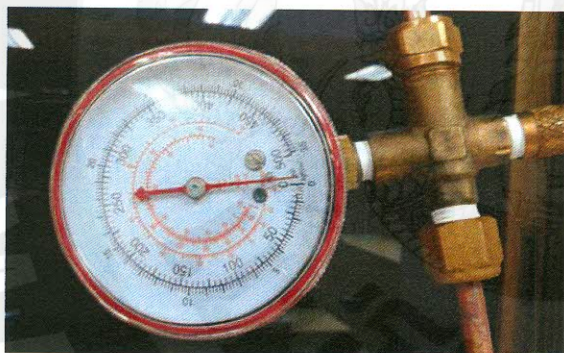
รูปที่ 17 แสดงระบบระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนขนาดเล็ก



รูปที่ 18 แสดงการให้ความร้อนแก่ generator ด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงถึง 171°C



รูปที่ 19 (ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก generator ติดกับ condenser และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก condenser ติดกับ expansion valve มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 7 psi (0.49 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C



รูปที่ 20 (ภาพซ้ายมือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออกจาก expansion valve ติดกับ evaporator มีค่าความดันเป็นศูนย์ และ (ภาพขวามือ) แสดงความดันของสารทำความเย็นขาออก evaporator ติดกับ generator มีค่าความดันเท่ากับ เท่ากับ 5 psi (0.35 kg/cm^2) เมื่ออุณหภูมิที่ generator อยู่ที่ 171°C

ผลการทดสอบพบว่า แรงดันที่เข้า expansion valve ที่ 7 psi (รูปที่ 19 ขวามือ) ณ อุณหภูมิที่ generator เท่ากับ 171°C ไม่เพียงพอที่จะทำให้ท่อหลัง expansion valve และบริเวณ evaporator มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องได้ นั่นคือ แรงดันที่ 7 psi ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์การขยายตัวแบบอะเดียแบติก (adiabatic process) ของสารทำความเย็นได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการเพิ่มวาล์วอีกหนึ่งตัวที่เข้า expansion valve คาดว่าจะสามารถเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นได้

ก่อนที่สารทำความเย็นจะไหลผ่าน expansion valve ดังแสดงในรูปที่ 21 เมื่อทำการทดสอบโดยการจ่ายความร้อนที่ generator โดยใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ พบว่าการเพิ่มวาล์วไม่ช่วยทำให้ความดันขาเข้า expansion valve เพิ่มขึ้นเลย



รูปที่ 21 แสดงการเพิ่มวาล์วที่ขาเข้า expansion valve ที่ทำการควบคุมแรงดัน เมื่อปิดวาล์วคาดว่าแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปิดวาล์วเพื่อลดทำการลดแรงดัน

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการทำความเย็นของระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืน โดยมีเป้าหมายจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวในการให้ความร้อนแก่ระบบ แต่ในขั้นต้นได้ใช้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ในการจ่ายความร้อนให้กับระบบเพื่อทำการทดสอบระบบที่ได้สร้างขึ้น ได้ทำการออกแบบระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนอย่างง่ายซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญดังนี้ แหล่งรับความร้อน (generator) แหล่งเปลี่ยนไอให้เป็นของเหลว (condenser) แหล่งให้สารทำความเย็นเกิดการขยายตัว (expansion valve) เพื่อลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องที่ต้องการทำความเย็น และ บริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในห้องเย็น (evaporator)

เมื่อทำการทดสอบจ่ายความร้อนให้แก่ generator จนมีอุณหภูมิเท่ากับ 171°C พบว่าแรงดันที่ออกจาก generator และแรงดันที่เข้า expansion valve เป็น 7 psi ไม่เพียงพอที่จะทำให้ท่อหลัง expansion valve และบริเวณ evaporator มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องได้ นั่นคือ แรงดันที่ 7 psi ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปรากฏการณ์การขยายตัวแบบอะเดียแบติก (adiabatic process) ของสารทำความเย็นได้ โดยระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้สารทำความเย็นเป็นแอมโมเนีย จำเป็นต้องสร้างแรงดันของสารทำความเย็นที่ออกจาก generator เป็นอย่างน้อยที่ 170 psi [5] ดังนั้นการที่จะทำให้ได้แรงดันสูงขนาดนี้จำเป็นจะต้องใช้ปั๊มสารเคมี

ข้อเสนอแนะ

ระบบการทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็นจำเป็นที่จะต้องใส่ปั๊มสารเคมีติดตั้งเข้าไปในระบบเพื่อใช้ปั๊มเป็นตัวสร้างแรงดันแก่สารทำความเย็น และสามารถเกิดกระบวนการขยายตัวแบบอะเดียแบติกได้เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่าน expansion valve

เอกสารอ้างอิง

- [1] สงขลา กาพสินธุ์ , จันทกานต์ ทวีกุล, ชูเกียรติ คุปตานนท์, ปัญญารักษ์ งามศรีตระกูล และ กิตตินันท์ มลิวรรณ , “ออกแบบระบบทำความเย็นแบบดูดซึมโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” การประชุมเสนอผลงานการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 4 31 มีนาคม 2549 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [2] http://crosleyautoclub.com/IcyBall/IB_Manual/operations_manual.html
- [3] <http://lionheart.net/fridge/descript.htm>
- [4]https://ia601007.us.archive.org/16/items/fe_The_Design_and_Development_of_a_Solar_Powered_Fridge/The_Design_and_Development_of_a_Solar_Powered_Fridge.pdf
- [5] <http://contractingbusiness.com/refrigeration/High-temp-ammonia-heat-pump-Sam-Gladis-0815>