วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ก.ย.–ธ.ค. 2559
The Journal of KMUTNB., Vol. 26, No. 3, Sep.–Dec. 2016

บทความวิชาการ

การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบดูดซึมในประเทศไทย

พัชรินทร์ แซ่จัน*
อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2587-0026 ต่อ 415 อีเมล: patcharin.s@eng.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.06.001
รับเมื่อ 14 มีนาคม 2559 ตอบรับเมื่อ 27 มิถุนายน 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 23 กันยายน 2559
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่มีความยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในระยะยาว เนื่องจากประเทศไทยมีภูมิประเทศตั้งอยู่ในบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ค่าเฉลี่ยต่อปีประมาณ 18.2 MJ/m^2/วัน แต่อย่างไรก็ตามการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นและปรับอากาศภายในอาคาร เนื่องจากความซับซ้อนของเทคโนโลยี ขาดแคลนผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจ และศึกษาเทคโนโลยีนี้อย่างจริงจัง ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้งานระบบทำความเย็นแบบดูดซึมแล้วก็ตาม แต่โดยส่วนใหญ่เป็นการใช้ร่วมกับพลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการในอุตสาหกรรม การประยุกต์ใช้ร่วมกับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นั้นจึงเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ท้าทายสำหรับการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่า ดังนั้นบทความนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยเติมเต็มความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีดังกล่าว ซึ่งเทคโนโลยีนี้ควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาต่อไป เพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน และตอบสนองต่อยุทธศาสตร์ด้านพลังงานของประเทศ

คำสำคัญ: ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานหมุนเวียน ประเทศไทย

การอ้างอิงบทความ: พัชรินทร์ แซ่จัน, "การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับขับเคลื่อนระบบทำความเย็นแบบดูดซึมในประเทศไทย," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 3, หน้า 533–541, ก.ย.–ธ.ค. 2559

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26 ฉบับที่ 3 ก.ย.–ธ.ค. 2559
The Journal of KMUTNB., Vol. 26, No. 3, Sep.–Dec. 2016

Academic Article

The Application of Solar Energy to Drive the Absorption Refrigeration in Thailand

Patcharin Saechan*
Lecturer, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0-2587-0026 Ext. 415, E-mail: patcharin.s@eng.kmutnb.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2016.06.001
Received 14 March 2016; Accepted 27 June 2016; Published online: 23 September 2016
© 2016 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Solar energy is a kind of renewable energy that is sustainable and environmentally friendly. It is appropriate to be applied in the long-term as a result of Thailand's regional potential for solar power generation. The annual average of solar energy potential in the country accounts for around 18.2 MJ/m^2/day. However, the utilization of solar energy as a heat source is not appropriately widespread, particularly in the refrigeration and air conditioning applications in buildings. This is due to its complexity of technology and lacks of those with extensive knowledge and in-depth understanding of this particular domain. Although the absorption refrigeration systems are now used commercially, the heat sources are mainly taken from waste heat of industrial processes. The application with solar energy to drive the absorption refrigeration is one of the challenging choices for the efficient energy usage. Therefore, this article aims to fulfill the knowledge related to the technology of solar absorption refrigeration. Such technology should be encouraged and further developed in order to inspire the use of sustainable energy and to respond to the country's energy policy.

Keywords: Absorption Refrigeration, Solar Energy, Renewable Energy, Thailand

Please cite this article as: P. Saechan, "The application of solar energy to drive the absorption refrigeration in thailand," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 26, no. 3, pp. 533–541, Sep.–Dec. 2016 (in Thai).

1. บทนำ

ในปัจจุบันวิกฤตการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานฟอสซิลได้ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งปัญหาในด้านความไม่เพียงพอต่อความต้องการ ความผันผวนของราคา รวมถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น วิกฤตการณ์โลกร้อน โดยภาพรวมวิกฤตการณ์เหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และการพัฒนาประเทศ ซึ่งจำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าและรณรงค์การประยุกต์ใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล จึงเข้ามามีบทบาทและความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิล และสร้างเสถียรภาพทางด้านพลังงานของประเทศได้

หนึ่งในพลังงานหมุนเวียนที่น่าสนใจก็คือ พลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นพลังงานสะอาดปราศจากมลพิษ หมุนเวียนเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ และเป็นแหล่งพลังงานที่มีความคุ้มค่าสำหรับการประยุกต์ใช้ในระยะยาว อีกทั้งยังเหมาะสมกับประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีค่อนข้างสูง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม มีค่า 20–24 MJ/m^2/วัน และค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์รายวันต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศมีค่าเท่ากับ 18.2 MJ/m^2/วัน [1]

จากสถิติการใช้พลังงานในอาคารโรงแรม โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้าและสถานศึกษาของประเทศไทย พบว่ากำลังไฟฟ้าส่วนใหญ่ถูกใช้ไปกับการทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 โดยประมาณ รองลงมาคือระบบผลิตน้ำร้อน ระบบไฟฟ้า และแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ตามลำดับ [2] ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานเพื่อการทำความเย็นเป็นต้นทุนที่สูงมาก หากมีการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในระบบทำความเย็นได้อย่างน้อยร้อยละ 10 จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานฟอสซิลได้อย่างมหาศาล

หลักการในการทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ คือ การนำแสงอาทิตย์ที่ได้รับในช่วงเวลากลางวันมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนหรือผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับป้อนให้กับระบบทำความเย็นภายในอาคาร โดยความสามารถในการทำความเย็นของระบบดังกล่าวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณหรือความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ โดยส่วนใหญ่ระบบทำความเย็นที่ใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นระบบทำความเย็นแบบดูดซึม (Absorption Refrigeration) หากเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapour Compression System) ที่ใช้กันอยู่แพร่หลาย ในปัจจุบันพบว่า การทำงานของทั้งสองระบบมีลักษณะคล้ายคลึงกันแม้ว่าระบบทำความเย็นแบบอัดไอจะมีสมรรถนะในการทำความเย็นสูงกว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึมก็ตาม แต่ก็จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า ในขณะที่ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมจะใช้พลังงานความร้อนเป็นแหล่งพลังงานหลัก จึงทำให้ต้องการพลังงานไฟฟ้าที่น้อยกว่า

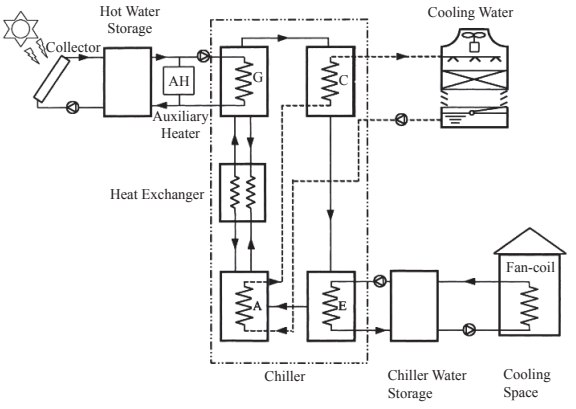
อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้กันโดยทั่วไปเป็นระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานความร้อนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้า หรือการเผาไหม้เชื้อเพลิง [3] การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนยังไม่เป็นที่แพร่หลายและปัญหาที่พบโดยส่วนใหญ่คือ ระบบมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง และการติดตั้งต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจทางด้านเทคนิคเป็นอย่างดี จึงจะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน สำหรับใช้งานในระบบปรับอากาศภายในอาคาร นอกจากนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีการทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความยั่งยืน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน และตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การอนุรักษ์พลังงานของประเทศอีกด้วย

2. ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม เป็นระบบที่ใช้ความร้อนขับเคลื่อนระบบ (Thermal Driven System) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ในระบบ ส่วนใหญ่เป็นพลังงานความร้อนที่มีคุณภาพต่ำ มีอุณหภูมิไม่สูงนัก (โดยทั่วไปไม่เกิน 150°C) ทำให้สามารถเลือกใช้แหล่งความร้อนได้หลากหลาย เช่น ความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ไอน้ำจากหม้อต้มไอน้ำ หรือแม้แต่พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น [3], [4]

ระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปี 1777 โดยใช้น้ำและกรดซัลฟูริกเป็นสารคู่ทำงาน ต่อมาในปี 1858 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส Ferdinand Carre ได้คิดค้นระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยสารละลายแอมโมเนียและน้ำ และได้ทำการจดสิทธิบัตรในปี 1860 [5] ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในปัจจุบันยังคงใช้หลักการเดียวกับในยุคเริ่มต้น โดยระบบมีส่วนประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน คือ เครื่องทำระเหย (Evaporator) เครื่องดูดซึมความร้อน (Absorber) อุปกรณ์ให้ความร้อน (Generator) และเครื่องควบแน่น (Condenser) ดังแสดงในรูปที่ 1

เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม อาจกล่าวได้ว่า ระบบนี้มีส่วนประกอบหลักคล้ายกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ นั่นคือ มีเครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย และวาล์วลดความดัน (Expansion Valve) แต่ในส่วนของเครื่องอัดไอ (Compressor) ที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ จะถูกแทนที่ด้วยเครื่องดูดซึมความร้อน และอุปกรณ์ให้ความร้อน ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ซึ่งจัดได้ว่าเป็นเครื่องอัดชนิดความร้อน (Thermal Compressor) โดยใช้พลังงานความร้อนในการขับเคลื่อนระบบแทนที่จะเป็นพลังงานไฟฟ้า จากรูปที่ 1 แม้ว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึมจะมีการใช้ปั๊มในการอัดสารทำงาน แต่งานที่ใช้ป้อนให้กับปั๊มก็มีปริมาณน้อยมาก เนื่องจากสารทำงานที่ถูกอัดอยู่ในสถานะของเหลวแทนที่จะเป็นไอ ดังนั้นงานส่วนนี้มักจะ



รูปที่ 1 แผนภาพอย่างง่ายแสดงระบบทำความเย็นแบบดูดซึม โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อน โดยที่ A คือเครื่องดูดซึมความร้อน G คืออุปกรณ์ให้ความร้อน E คือเครื่องทำระเหย และ C คือเครื่องควบแน่น [6]

ไม่พิจารณาเมื่อทำการวิเคราะห์ระบบโดยรวม [7]

หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ซึ่งทำงานเป็นวัฏจักรดังนี้

1. กระบวนการระเหย (Evaporation) หรือกระบวนการทำความเย็น โดยเครื่องทำระเหยจะดูดความร้อนภายใต้ความดันสุญญากาศ ในกรณีที่ใช้น้ำเป็นสารทำความเย็น (Refrigerant) ที่ความดัน 0.798 kPa น้ำจะมีจุดเดือดที่ 3.7°C สารทำความเย็น (น้ำ) จะดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลกลับ (Chilled Water Return, CWR) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 12–14°C ทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอและไหลต่อไปยังกระบวนการดูดซึม โดยน้ำเย็น (Chilled Water, CW) เมื่อผ่านกระบวนการนี้ จะมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 5–7°C และจะถูกส่งกลับไปยังบริเวณที่ต้องการทำความเย็น (Cooling Space) เพื่อทำหน้าที่รับความร้อนจากภาระต่างๆ ต่อไป

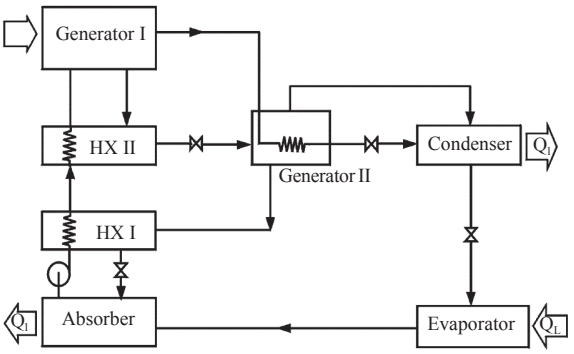
2. กระบวนการดูดซึม (Absorption) ในกระบวนการนี้สารดูดซึมเข้มข้น (Strong Solution) จากวาล์ว 1 จะถูกฉีดให้กระจายลงบนผิวของท่อน้ำหล่อเย็น เพื่อดูดซับไอของสารทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการระเหยให้

กลายสภาพเป็นของเหลวผสมกับสารดูดซึม ซึ่งเป็นผลให้ความดันสุญญากาศภายในเครื่องทำระเหยคงที่เท่ากับ 0.798 kPa จึงทำให้กระบวนการระเหยเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา กระบวนการนี้จะทำให้ความเข้มข้นของสารดูดซึมเจือจางลง เนื่องจากผสมกับสารทำความเย็นในสภาพของเหลว หลังจากนั้น สารดูดซึมเจือจาง (Weak Solution) นี้จะถูกกักเก็บในถังพักสารดูดซึม (Absorber Store) ก่อนจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตสารทำความเย็นต่อไปโดยอาศัยปั๊ม

3. กระบวนการผลิตสารทำความเย็น (Generation) การที่จะทำให้สารทำความเย็นและสารดูดซึมกลับมาใช้ได้อีกครั้งในกระบวนการต่าง ๆ จำเป็นต้องแยกสารทำความเย็นและสารดูดซึมออกจากกัน (ซึ่งสารทั้งสองได้ผสมกันในกระบวนการดูดซึม) โดยอาศัยพลังงานความร้อนในการระเหยสารทำความเย็นออกจากสารดูดซึมเจือจาง โดยความร้อนที่นำมาใช้ สามารถนำมาได้จากหลายแหล่ง เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ความร้อนเหลือทิ้งในกระบวนการต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้แหล่งพลังงานความร้อนเป็นข้อได้เปรียบของเครื่องทำความเย็นประเภทนี้ ภายหลังกระบวนการนี้จะได้สารดูดซึมที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น (ในสถานะของเหลว) ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการที่ 2 และสารทำความเย็น (ในสถานะไอ) ซึ่งจะถูกส่งไปยังกระบวนการควบแน่นเพื่อทำให้กลายเป็นของเหลวและสามารถนำไปใช้งานในวัฏจักรต่อไป

4. กระบวนการควบแน่น (Condensation) ไอระเหยของสารทำความเย็นที่ได้จากกระบวนการที่ 3 จะถูกควบแน่นโดยใช้น้ำหล่อเย็นมาถ่ายเทความร้อนออกจากไอระเหยของสารทำความเย็น หลังจากนั้นสารทำความเย็นที่ควบแน่นเป็นของเหลวจะถูกส่งไปเก็บที่ถังพักสารทำความเย็น (Refrigerant Store) ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการระเหยต่อไป สำหรับน้ำหล่อเย็นจะทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยจะนำความร้อนที่รับมาจากสารทำความเย็นไประบายออกที่หอผึ่งเย็น (Cooling Tower) โดยกระบวนการทั้งหมดจะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา

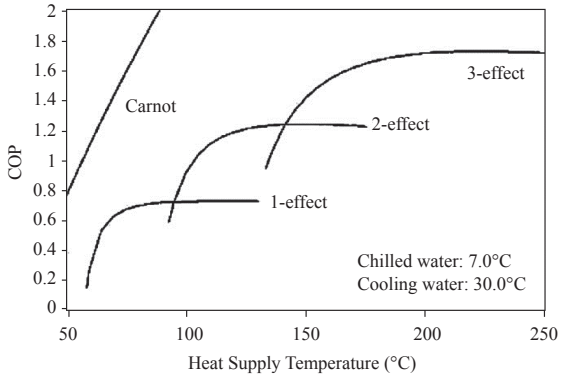
ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมนับว่าเป็นระบบทำความเย็นทางเลือกที่มีความคุ้มค่าในด้านการใช้พลังงานเหลือทิ้ง จากที่กล่าวมาข้างต้นถึงแม้ว่าประสิทธิภาพโดยรวมจะต่ำกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดไอ แต่ด้วยการพัฒนาอย่างต่อเนื่องประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบทำความเย็นแบบนี้จึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตัวอย่าง เช่น ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสองชั้น (Double Effect Absorption Chiller) ซึ่งได้รับการคิดค้นและพัฒนาขึ้นในปี 1956 [8] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพอย่างง่ายแสดงระบบทำความเย็นแบบดูดสองชั้น [9]

ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสองชั้นจะมีอุปกรณ์ให้ความร้อน 2 ชุด และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HX) 2 ชุด ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบนี้จึงสูงขึ้นประมาณ 65% เมื่อเทียบกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมชั้นเดียว นอกจากนี้ระบบแบบดูดซึม 2 ชั้นยังต้องการปริมาณสารทำความเย็นที่ควบแน่นในเครื่องควบแน่นน้อยกว่า ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ระบายให้กับน้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่นจึงลดลง ทำให้สามารถใช้อุปกรณ์หล่อเย็นขนาดเล็กลงได้

ปัจจุบันระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีทั้งระบบที่เป็นแบบชั้นเดียว สองชั้นหรือมากกว่านั้น โดยระบบแบบหลายชั้นจะมีค่า COP (Coefficience of Performance) สูงขึ้น แต่ก็ต้องการความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งส่งผลให้ระบบมีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นด้วย [10]



รูปที่ 3 ค่า COP ของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ โดยใช้ H_2O-LiBr เป็นสารทำงาน [10]

3. สารทำงานที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

โดยทั่วไปสารทำงานที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึมจะมี 2 ส่วนคือ สารทำความเย็นและสารดูดซึม ซึ่งสมรรถนะในการทำความเย็นของระบบทำจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีและทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงานทั้งสองนี้ โดยสารทำความเย็นมากกว่า 40 ชนิด และสารดูดซึมประมาณ 200 ชนิด ได้รับการคิดค้นเพื่อใช้งานในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม อย่างไรก็ตามสารทำงานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ แอมโมเนีย-น้ำ และลิเธียมโบรไมด์-น้ำ [9] ซึ่งการใช้งานโดยทั่วไปจะพิจารณาจากอุณหภูมิใช้งานเป็นหลัก โดยระบบที่ใช้สารทำงานทั้งสองคู่นี้ สามารถใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดี

1. แอมโมเนีย-น้ำ (NH_3/H_2O) คู่สารทำงานนี้มักใช้กับระบบที่ต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C เช่น ตู้เย็น ตู้แช่แข็ง โดยใช้น้ำเป็นสารดูดซึม และใช้แอมโมเนียเป็นสารทำความเย็น สำหรับระบบที่ใช้สารทำงานคู่นี้จะต้องมีหน่วยแยกน้ำ (Rectifying หรือ Distillation Column) เพิ่มขึ้นเพื่อแยกน้ำออกจากสารดูดซึม ก่อนที่แอมโมเนียบริสุทธิ์จะไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่น นอกจากนี้ระบบนี้ยังทำงานที่ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งมีผลทำให้สามารถตรวจหารอยรั่วได้ง่าย โดยค่า COP จะอยู่ที่ประมาณ 1.2

2. ลิเธียมโบรไมด์-น้ำ ($LiBr/H_2O$) คู่สารทำงานนี้มักใช้กับระบบที่ต้องการอุณหภูมิไม่ต่ำมากนัก เช่น ระบบปรับอากาศในอาคาร ซึ่งต้องการอุณหภูมิใช้งานสูงกว่า 0°C ระบบนี้จะใช้น้ำเป็นสารทำความเย็น และใช้ลิเธียมโบรไมด์เป็นสารดูดซึม โดยทำงานที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระมัดระวังเรื่องการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้าสู่ระบบ โดย COP มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.8

4. การประยุกต์ใช้งานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ในระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ส่วนของระบบทำความเย็นจะมีหลักการทำงานเหมือนในหัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่จะใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการให้ความร้อนกับอุปกรณ์ให้ความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 1 เมื่อนำระบบนี้ไปใช้งานจริงจะต้องคำนึงด้วยว่า ความเข้มของแสงอาทิตย์อาจจะไม่เพียงพอในบางช่วง เช่น ในช่วงเช้า ช่วงเย็น หรือช่วงที่มีเมฆ ดังนั้นในการออกแบบจึงจำเป็นต้องมีถังพักน้ำร้อน (Hot Water Storage) พร้อมกับอุปกรณ์ให้ความร้อนเสริม (Auxiliary Heater) เพื่อให้สามารถป้อนน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงเพียงพอให้กับระบบได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งอุปกรณ์เสริมนี้ควรมีการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อควบคุมให้น้ำร้อนอยู่ภายในช่วงอุณหภูมิใช้งาน โดยอุปกรณ์ให้ความร้อนเสริมอาจเป็นขดลวดไฟฟ้า หัวเผา หรือพลังงานความร้อนเหลือทิ้ง เช่น น้ำคอนเดนเซท หรือไอเสีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนเสริมนี้มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบเพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงความสมดุลของเสถียรภาพและค่าใช้จ่ายของระบบ

ส่วนประกอบสำคัญของระบบนอกเหนือจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมแล้วก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการรับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำความร้อนไปใช้งาน ในปัจจุบันรูปแบบที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 แบบ คือ แผ่นรับแสงแบบ

รูปที่ 4 แผ่นรวมแสงแบบรางพาราโบลา [11]

รูปที่ 5 แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ [12]

รางพาราโบลา แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ และแผ่นรับแสงแบบหลอดแก้วสุญญากาศ

1. แผ่นรับแสงแบบรางพาราโบลา (Parabolic Trough Reflector) เป็นอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูง โดยอาศัยหลักการรวมรังสีจากดวงอาทิตย์ด้วยการสะท้อน ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

- ตัวสะท้อนรังสีรางพาราโบลา (Parabolic Reflector) เป็นแผ่นโลหะขัดเงาหรือกระจกผิวโค้งรูปพาราโบลาที่มีลักษณะเป็นรางยาว โดยทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ไปยังอุปกรณ์รับแสง

- อุปกรณ์รับแสง (Receiver) เป็นอุปกรณ์ที่รับพลังงานความร้อนที่เกิดจากการรวมแสง โดยปกติจะใช้หลอดแก้วสุญญากาศซึ่งภายในมีท่อบรรจุสารทำงาน เมื่อสารทำงานรับพลังงานความร้อนจะระเหยและเคลื่อนที่ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหรืออาจจะใช้น้ำเป็นสารทำงาน เมื่อน้ำเดือดกลายเป็นไอและส่งไปใช้งานต่อไป ในกรณีที่ใช้กับระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ไอน้ำก็จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ให้ความร้อน เพื่อให้ระบบทำความเย็นทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

- อุปกรณ์ติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracker) เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมให้ตัวสะท้อนรังสีเคลื่อนที่ตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งทำให้อุปกรณ์รับแสงสามารถรับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ตลอดเวลา โดยจะช่วยให้อุปกรณ์รับแสงสามารถทำความร้อนได้ถึง 300–400°C ซึ่งในการประยุกต์ใช้งานจริงร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึม อุปกรณ์รับแสงชนิดนี้อาจจะไม่เหมาะสมในแง่ของการลงทุนนัก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์สูง และอุณหภูมิที่ทำได้ก็สูงเกินไปที่จะนำไปใช้ในการทำความเย็น จึงไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

2. แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector) เป็นอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ที่สามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุดประมาณ 100°C ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทั่วไปมี 2 แบบ ได้แก่ แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส (Single Glazed) และแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดไม่มีแผ่นปิด (Unglazed) อุปกรณ์รับแสงประเภทนี้สามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมแบบชั้นเดียวที่ใช้ลิเธียมโบรไมด์-น้ำ เป็นสารทำงานได้ เนื่องจากต้องการอุณหภูมิอยู่ในช่วง 70–100°C แต่ก็จะได้สมรรถนะในการทำความเย็นก็ไม่สูงนัก ($0.6<COP<0.8$)

3. แผ่นรับแสงแบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector) เป็นอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้น ระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ ภายในเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสี โดยสามารถทำความร้อนสูงสุดประมาณ 200°C ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งมีความเหมาะสม

รูปที่ 6 แผ่นรับแสงแบบหลอดแก้วสุญญากาศ [11]

ในการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบดูดซึมได้หลากหลาย เช่น ระบบทำความเย็นที่เป็นแบบชั้นเดียว สองชั้น หรือสามชั้น ซึ่งใช้สารทำงานเป็นลิเธียมโบรไมด์-น้ำ หรือแอมโมเนีย-น้ำ

ในการประเมินศักยภาพของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น สภาวะอากาศของแต่ละช่วงเวลา ค่ารังสีความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาและภูมิภาค อุณหภูมิทำงานของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละผู้ผลิต ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ รวมถึงภาระความเย็นของอาคารหรือบ้านเรือนที่ใช้ความเย็นในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงการจ่ายพลังงานความร้อนให้คงที่และเหมาะสมกับโหลดความเย็นให้มากที่สุด แต่เนื่องจากความไม่แน่นอนและความไม่คงที่ของแสงอาทิตย์ ทำให้ความร้อนที่ได้ไม่คงที่ตามไปด้วย เพื่อลดปัญหาดังกล่าว การใช้ระบบสะสมความร้อนเพิ่มเข้าไปในระบบจะช่วยลดปัญหาได้ กล่าวคือในช่วงเวลาที่พลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากเกินความจำเป็นของระบบ พลังงานความร้อนก็จะถูกเก็บสะสมไว้ในระบบสะสมความร้อน และจะจ่ายออกมาเมื่อความร้อนในระบบไม่เพียงพอ หรือแสงอาทิตย์มีปริมาณน้อยกว่าความต้องการของภาระความเย็น เป็นต้น [13] ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นข้อด้อยของระบบนี้ แต่ถ้าหากมีการจัดการที่ดี ก็จะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากต้นทุนของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าสูง จึงทำให้ราคาต่อหน่วยทำความเย็น (บาท/Btu) ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก กล่าวคือ ยังไม่มีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ [14] ดังนั้นหากสามารถจัดการปัญหาต้นทุนดังกล่าวข้างต้นของแหล่งพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์แล้ว ก็สามารถที่จะทำให้ความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ของระบบนี้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสิ่งนี้เป็นงานที่ท้าทายสำหรับนักวิจัย

5. สรุป

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึมด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้พลังงานความร้อนในการทำความเย็นที่สะอาดและไม่มีวันหมด อีกทั้งยังเหมาะสมกับประเทศไทยซึ่งมีที่ตั้งอยู่บริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์สูง แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ ระบบนี้ยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและต้องการเงินลงทุนสูง [3] นอกจากนี้ยังมีความแน่นอนของแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นระบบโดยส่วนใหญ่จึงยังอยู่ในขั้นวิจัยและพัฒนา [15], [16] เพื่อให้ระบบนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้ จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญและพัฒนาอย่างจริงจัง โดยการสนับสนุนทั้งจากภาครัฐและเอกชนเพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างยั่งยืน ลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมและมีความมั่นคงทางด้านพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] K. Buranasajjawaraporn. *Thailand solar energy overview*. Italian innovative and best practices [Online]. Available: http://aretusa.ice.it/SchemaSite/images/UserImageDir/177/EN/Presentations/Thailand%20Solar%20Energy%20Overview%20.pdf

[2] T. Fongsamootr. Conquer strategy aims to reduce energy consumption by 10–15% [Online]. Available: http://www.e-report.energy.go.th/cabinet_files/ESaving55p2.pptx.cabinet_files/ESaving55p2.pptx.

[3] T. Jaruwongwittaya and G. Chen, "A review: Renewable energy with absorption chillers in Thailand," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 1437–1444, 2010.

[4] J. C. B. Jerko M. LABUS, and Alberto CORONAS, "Review on absorption technology with emphasis on small capacity absorption machines," *THERMAL SCIENCE*, vol. 7, pp. 739–762, 2013.

[5] Z. Y. Xu and R. Z. Wang, "Absorption refrigeration cycles: Categorized based on the cycle construction," *International Journal of Refrigeration*, vol. 62, pp. 114–136, 2016.

[6] B. M. R. Rupesh V. Ramani, Anjana D. Saparia, "Solar refrigeration technologies: A key review on current status and recent developments," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 2, pp. 248-253, 2012.

[7] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8 ed. New York, USA: McGrawHill, 2015.

[8] K. R. Ullah, R. Saidur, H. W. Ping, R. K. Akikur, and N. H. Shuvo, "A review of solar thermal refrigeration and cooling methods," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, pp. 499–513, 2013.

[9] P. Srikhirin, S. Aphornratana, and S. Chungpaibulpatana, "A review of absorption refrigeration technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 5, pp. 343–372, 2001.

[10] Y. Fan, L. Luo, and B. Souyri, "Review of solar sorption refrigeration technologies: Development and applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 11, pp. 1758–1775, 2007.

[11] ENERGY GREEN & TECHNOLOGY CO. Solar Energy Technology [Online].Available: http://www.energy-techno.com

[12] SOLARpowerPB. WATER HEATING SOLUTIONS [Online].Available: http://www.solarpowerpb.co.za/products/

[13] X. Zhang, H. Li, and C. Yang, "A novel solar absorption refrigeration system using the multi-stage heat storage method," *Energy and Buildings*, vol. 102, pp. 157–162, 2015.

[14] A. Shirazi, R. A. Taylor, S. D. White, and G. L. Morrison, "Transient simulation and parametric study of solar-assisted heating and cooling absorption systems: An energetic, economic and environmental (3E) assessment," *Renewable Energy*, vol. 86, pp. 955–971, 2016.

[15] A. Pongtornkulpanich, S. Thepa, M. Amornkitbamrung, and C. Butcher, "Experience with fully operational solar-driven 10-ton LiBr/H2O single-effect absorption cooling system in Thailand," *Renewable Energy*, vol. 33, pp. 943–949, 2008.

[16] N. Ketjoy, R. yongphayoon, and K. Mansiri, "Performance Evaluation of 35 kW LiBr–H2O Solar Absorption Cooling System in Thailand," *Energy Procedia*, vol. 34, pp. 198–210, 2013.