

SOLAR COOLING

ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์



✍ เอกชาติ หัตถา

ทีมระบบไซเบอร์-กายภาพ (CPS)

กลุ่มวิจัยไอโอทีและระบบอัตโนมัติ

สำหรับงานอุตสาหกรรม (IIARG) เนคเทค สวทช.

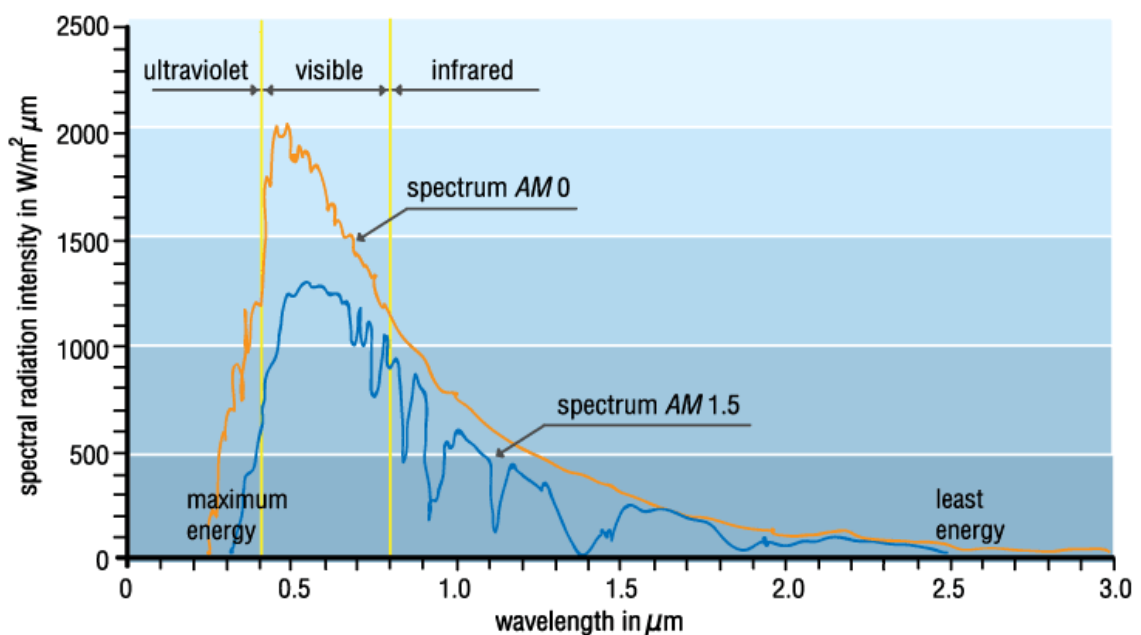
LEARN MORE

ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ที่มาและความสำคัญ

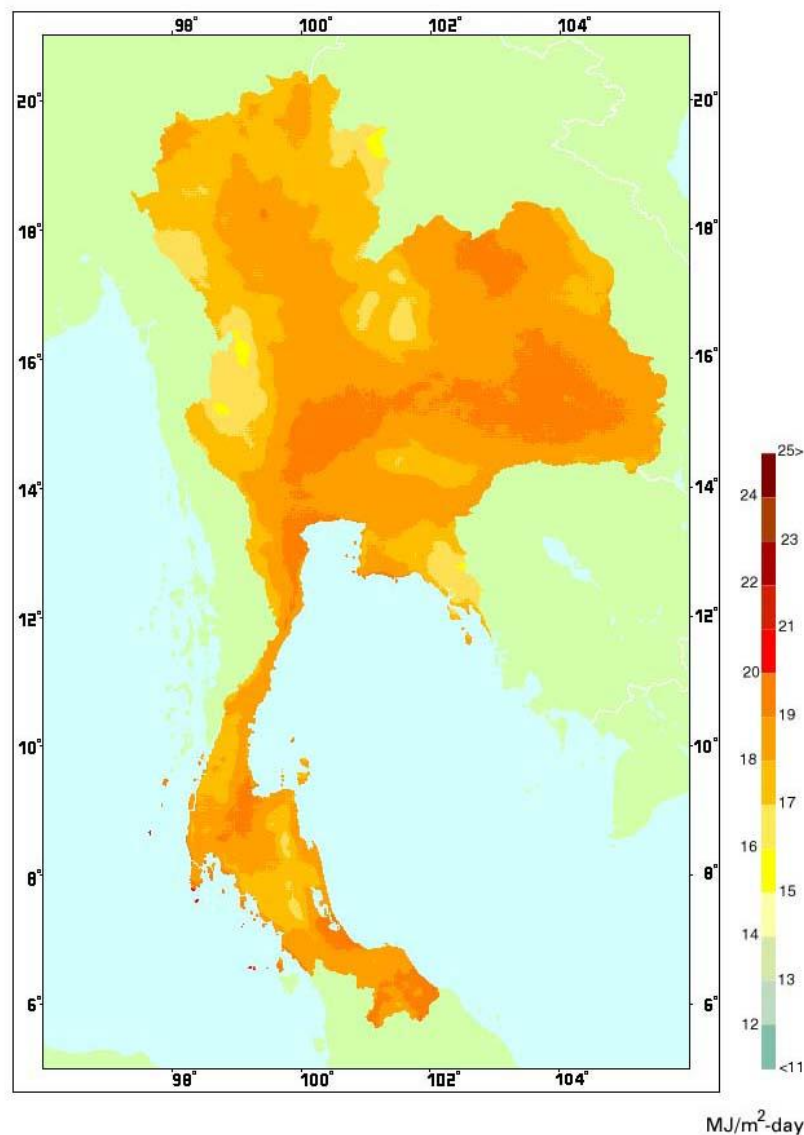
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดและเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม หากมีการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ย่อมจะสร้างความยั่งยืนทางด้านพลังงานให้กับประเทศในภาพรวม ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบซึ่งประกอบด้วย 1) พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) และ 2) พลังงานความร้อน (Thermal Energy) กล่าวคือ พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์จะได้อะจากการประยุกต์ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Panel) โดยอาศัยหลักการการทำงานของสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) และผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current) ออกมาเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ Ultraviolet ไปจนถึง Visible (รูปที่ 1) ขณะที่ พลังงานความร้อนจะได้อะจากการใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) โดยอาศัยหลักการดูดซับแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ Visible ไปจนถึง Infrared และเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน จากนั้นจึงใช้สารทำงาน (Working fluid) พาความร้อนออกมาจากแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ในรูปที่ 1 เมื่อประมาณค่าพื้นที่ใต้กราฟสีเขียว (ค่าพลังงานแสงอาทิตย์โดยรวม) ที่ค่า Air Mass (AM) 1.5 ระหว่างช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ Ultraviolet ไปจนถึง Infrared พบว่า ช่วง Ultraviolet ถึง Visible ซึ่งเป็นช่วงการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะมีค่าพื้นที่ใต้กราฟน้อยกว่าช่วง Visible ถึง Infrared ซึ่งเป็นช่วงการทำงานของแผงรับแสงอาทิตย์ ดังนั้น จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สัดส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะมีค่าเหมาะกับแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะสอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีค่าอยู่ประมาณ 20% และ 50% ตามลำดับ



รูปที่ 1: สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่น Ultraviolet, Visible, และ Infrared [1]

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี และด้วยการสนับสนุนจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยศิลปากร ทำโครงการติดตั้งเครื่องมือวัด ศึกษา และรวบรวมค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากสถานีตรวจวัดหลายแห่งทั่วประเทศเป็นเวลานานต่อเนื่องกันหลายปี จึงทำให้ประเทศไทยมีแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปีที่สามารถใช้ในการประเมินศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ ทั่วประเทศ และนอกจากนี้ ยังพบอีกด้วยว่า ประเทศไทยมีความระดับความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ (รูปที่ 2) สูงมาก เฉลี่ยประมาณ 18 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$) หรือเทียบเท่ากับพลังงาน 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{day}$) ซึ่งเป็นค่าที่มากและอยู่ใน 5 อันดับแรกของโลก



ที่มา: <http://www2.dede.go.th/solarmap/fullmapyear.html>

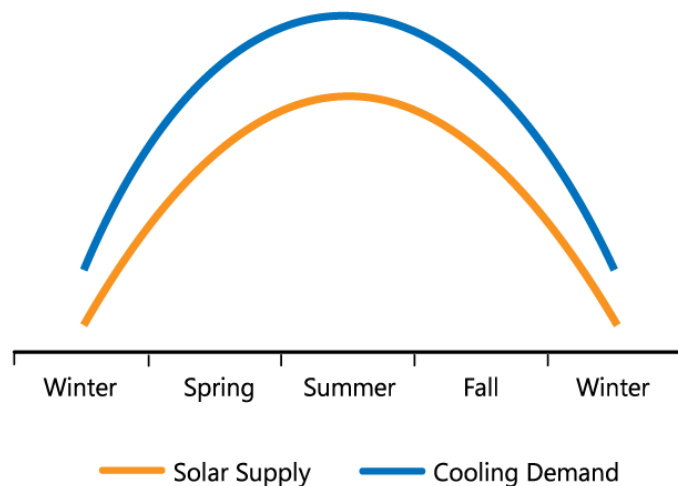
รูปที่ 2: แผนที่แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีค่าอยู่ประมาณ 50 % และค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีค่าอยู่ประมาณ 5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน จึงมี

เหตุผลสำคัญที่ควรจะศึกษาและให้ความสำคัญกับระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ไปทำความเย็นภายในอาคารด้วยเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึม

1.2 ภาพรวมของระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Air Conditioning)

ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะมุ่งเน้นการประยุกต์และผสมผสานการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศแบบฮีทไปป์ (Evacuated Tube with Heat Pipe Solar Collector) ที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนด้วยการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานความร้อน ร่วมกับเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมไอแบบ 1 ชั้น (Single Effect Absorption Chiller) ที่เป็นแหล่งรับพลังงานความร้อนจากแผงฯ และเปลี่ยนเป็นความเย็นโดยอาศัยหลักการของวัฏจักรเทอร์โมไดนามิกส์ และท้ายที่สุดกระบวนการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจะเหมือนกับระบบปรับอากาศชนิดอัดไอ (Vapor Compression Chiller) ทั่วไปตรงที่ น้ำเย็นที่ผลิตได้จากเครื่องทำความเย็น จะไหลผ่านหัวจ่ายอากาศเย็น (Fan Coil Unit; FCU) ไปยังบริเวณที่ต้องการทำความเย็น (Cooling Space) และไหลเวียนกลับมายังเครื่องฯ เพื่อสร้างความเย็นเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง

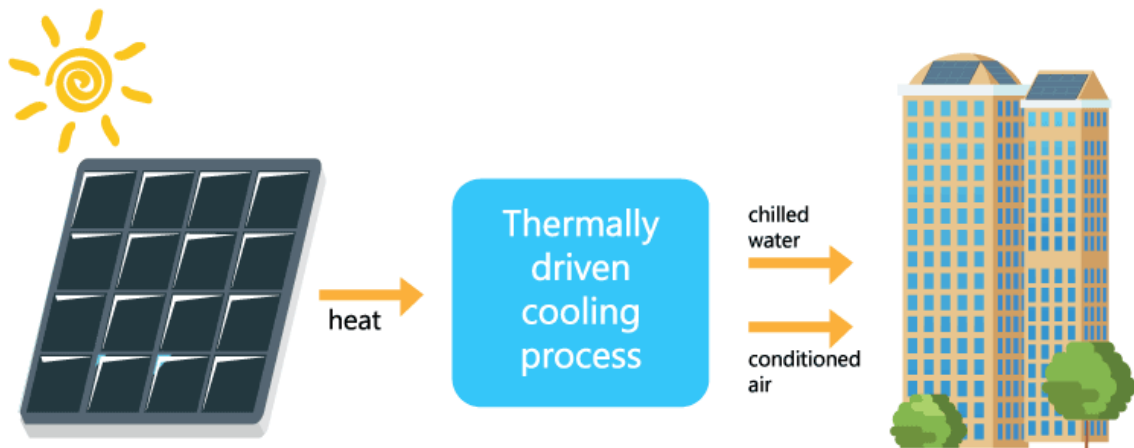


รูปที่ 3: ความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการความเย็นภายในอาคารกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการความเย็นภายในอาคารกับปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่อาคารได้รับจากแสงอาทิตย์ผ่านผนังอาคาร (Building Envelope) ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ยิ่งแสงอาทิตย์ตกกระทบกับตัวอาคารมากเท่าไร ยิ่งทำให้อาคารต้องการทำความเย็นมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ซึ่งเรียกได้ว่าเป็นสถานะที่ตรงกันในช่วงเวลา (In Phase) ดังนั้นเมื่อเกิดสถานะการรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อการทำความเย็นภายในอาคาร การประยุกต์ใช้งานเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมโดยอาศัยพลังงานความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ ย่อมสามารถใช้งานได้อย่างสอดคล้องในสถานะเงื่อนไขเป็นอย่างดี กล่าวคือ ถ้ามีพลังงานแสงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารมากขึ้นเท่าไร พร้อมๆ กับถ้าหากสามารถเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวไปเป็นความเย็นผ่านเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมได้ ย่อมจะช่วยลดภาระการทำความเย็นของอาคารจากเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอซึ่งเป็นอุปกรณ์ทำความเย็นหลักภายในอาคารซึ่งกินพลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมากถึงประมาณ 50-60% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร [4] ดังนั้นรูปแบบการ

ประยุกต์ใช้ระบบปรับอากาศชนิดนี้ จึงเป็นระบบเสริม (Auxiliary system) ที่ทำงานควบคู่กับแหล่งสร้างความเย็นจากระบบปรับอากาศชนิดอัดไอ ซึ่งเป็นระบบหลักของอาคาร และสามารถนำไปสู่การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในภาพรวม

กล่าวโดยสรุป ระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (รูปที่ 4) จะเป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของพลังงานความร้อนป้อนเข้าสู่กระบวนการทำความเย็นโดยความร้อน (Thermally-Driven Cooling Process) ด้วยเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึม และได้น้ำเย็น (Chilled water) ออกมาใช้ในการทำความเย็นภายในอาคาร ตามลำดับ



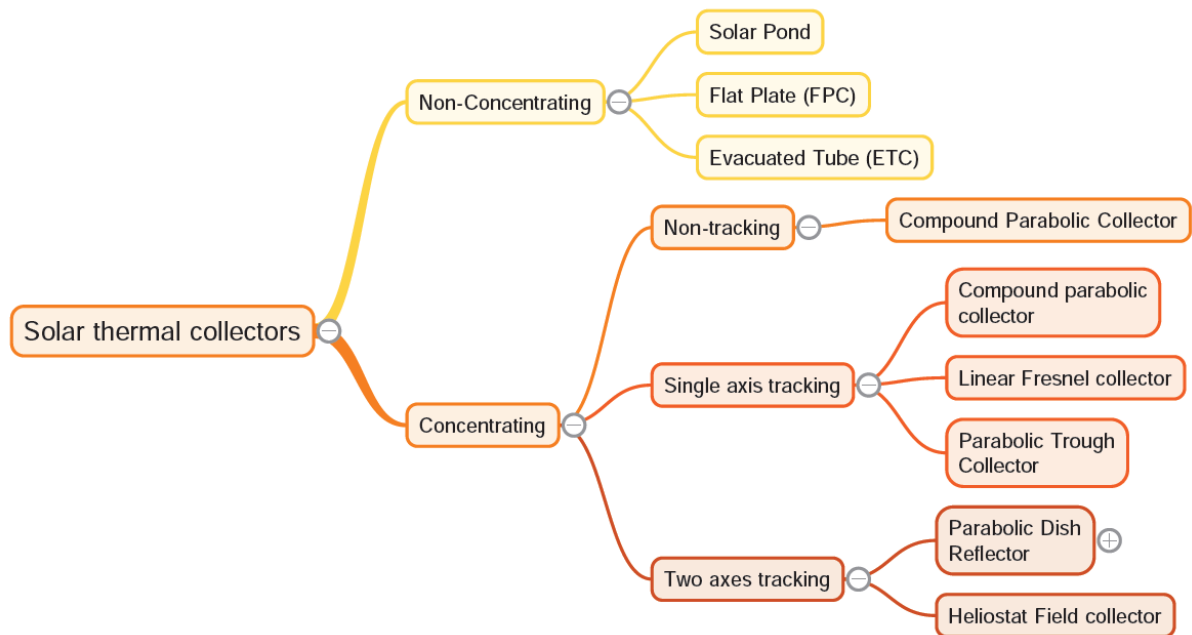
ที่มา: <https://www.solarserver.com/solar-magazine/solar-energy-system-of-the-month/solar-energy-for-heating-and-cooling.html>

รูปที่ 4: ไคอะแกรมของระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Collector)

ในปัจจุบัน มีการประยุกต์ใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Collector) ที่ใช้งานด้านความร้อนหลายชนิด โดยส่วนใหญ่จะเน้นที่ระดับอุณหภูมิที่ใช้งานที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ อุณหภูมิไม่สูง (ประมาณ 40 องศาเซลเซียส), อุณหภูมิปานกลาง (ประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส) ไปจนถึงอุณหภูมิสูงมาก (ตั้งแต่ 100–500 องศาเซลเซียส) การทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีระดับอุณหภูมิที่ต่างกันจะขึ้นกับโครงสร้างของแผง ซึ่งถ้าเป็นแผงรับแสงอาทิตย์ที่สามารถทำระดับอุณหภูมิไม่สูงจนถึงปานกลาง จะมีโครงสร้างที่เป็นชนิดไม่รวมแสง (Nonconcentrating) ขณะที่ ถ้าเป็นแผงรับแสงที่ทำระดับอุณหภูมิสูงมาก จะมีโครงสร้างที่ต้องมีการรวมแสง (Concentrating) และต้องมีการเคลื่อนที่ (Tracking) แผงตลอดทั้งวันทั้งในรูปแบบ 1 แกน หรือ 2 แกน เพื่อให้แผงสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้สูงสุดตลอดทั้งวันตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ รูปที่ 5 เป็นโครงสร้างที่อธิบายแผงรับแสงอาทิตย์ได้อย่างชัดเจนว่า ในแต่ละโครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์ จะมีโครงสร้างอะไรบ้าง ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นแผงชนิดไม่รวมแสง (Nonconcentrating) ที่สามารถทำอุณหภูมิไม่สูงจนถึงปานกลาง จะประกอบด้วย Solar Pond, แผงชนิดแผ่นเรียบ (Flat Plate) และแผงชนิดหลอดสุญญากาศ (Evacuated Tube) แต่ถ้าเป็นแผงชนิดรวมแสง (Concentrating) ที่สามารถทำอุณหภูมิสูงมาก จะมีตั้งแต่กลุ่มที่แผงไม่มีการเคลื่อนที่ (Non tracking) เช่น Compound Parabolic Collector ไปจนถึงกลุ่ม

ที่มีการเคลื่อนที่ 1 แกน (One-Axis Tracking) เช่น Compound Parabolic Collector หรือ Parabolic trough และการเคลื่อนที่ 2 แกน (Two-Axis Tracking) เช่น Parabolic Dish ตามลำดับ



ที่มา: <http://prashantkarhade.com/introduction-to-solar-thermal-technology/>

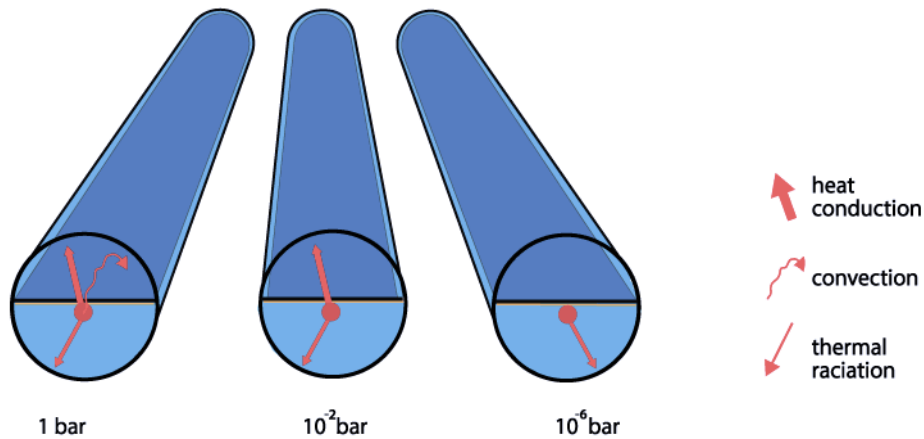
รูปที่ 5: โครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์สำหรับงานด้านความร้อน

ในการศึกษาระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศแบบฮีทไปป์ (Evacuated Tube with Heat Pipe Solar Collector) มาใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึม โดยที่ แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดนี้สามารถทำระดับอุณหภูมิได้สูงถึง 180-200 องศาเซลเซียส และเหตุผลสำคัญที่ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดนี้สามารถทำระดับอุณหภูมิได้สูงเกิดจากเหตุผลสำคัญ 2 ประการดังนี้

1. การใช้หลอดแก้วสุญญากาศเพื่อลดการสูญเสียความร้อนกับสภาพแวดล้อม
2. การใช้ฮีทไปป์ที่สามารถสร้างอุณหภูมิด้วยการใช้หลักการเปลี่ยนสถานะ (Phase change)

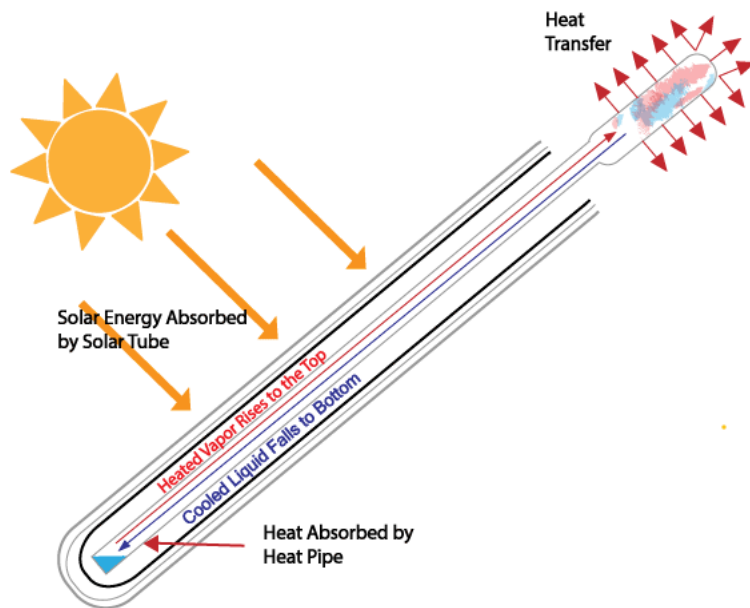
รูปที่ 6 เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ของการสูญเสียความร้อน (Heat Loss) ซึ่งประกอบด้วย 3 รูปแบบคือ การนำความร้อน (Conduction), การพาความร้อน (Convection), และการแผ่รังสี (Radiation) ที่ความดันภายในของหลอดแก้วในระดับต่างๆ กัน โดยที่ถ้าหากแผงรับแสงอาทิตย์อยู่ในหลอดแก้วที่สถานะความดันปรกติ (1 Bar)(รูปซ้าย) จะพบว่า เมื่อแผงรับแสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในย่านความถี่ต่างๆ จะมีความร้อนสะสมภายในแผง และทำให้แผงมีอุณหภูมิสูงขึ้นเทียบกับสภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 รูปแบบ ย้อนกลับไปยังสภาพแวดล้อมเนื่องจากผลของความต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น แต่ถ้าหากมีการดึงความดันภายในหลอดแก้วให้มีสภาพที่เป็นสุญญากาศเล็กน้อย (10^{-2} Bar)(รูปกลาง) จะทำให้การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อนเริ่มหายไป และการสูญเสียจากการนำความร้อน

ร้อนเริ่มจะมีค่าลดลงด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากอิทธิพลของตัวกลาง (อากาศ) ภายในหลอดแก้วที่มีปริมาณลดลง เพราะอยู่ในสภาวะสุญญากาศเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อมีการลดระดับความดันภายในหลอดแก้วต่อไป จนถึงระดับที่เกือบเป็นสุญญากาศ (10^{-6} Bar)(รูปขวา) จะทำให้รูปแบบการสูญเสียความร้อนเหลือเพียงการแผ่รังสีเท่านั้น และทำให้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถเก็บพลังงานความร้อนไว้ภายในหลอดแก้วมากยิ่งขึ้น และเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศมีความสามารถในการสร้างอุณหภูมิน้ำร้อนให้สูงได้



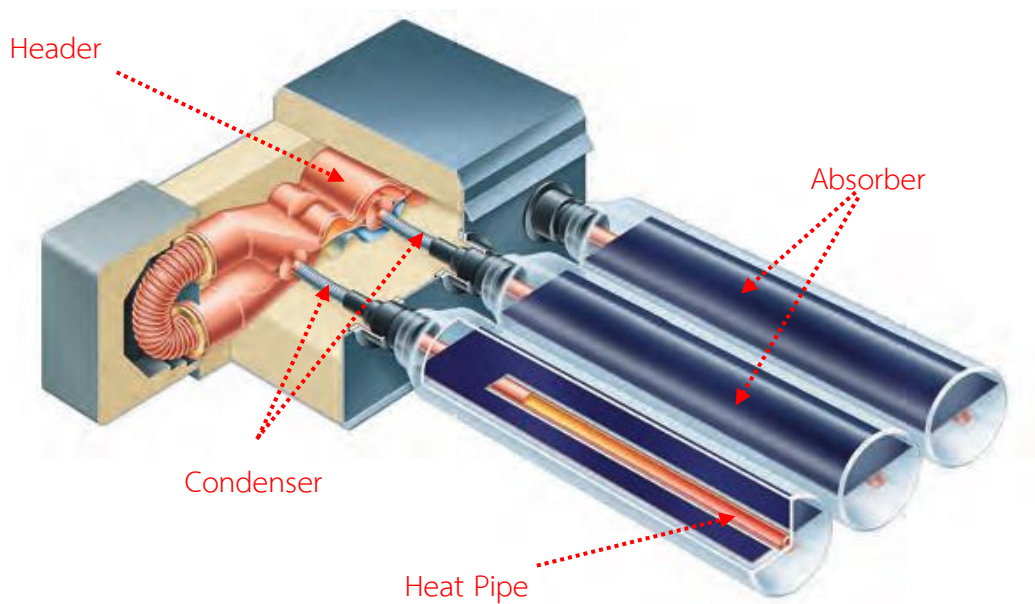
รูปที่ 6: การสูญเสียความร้อนเนื่องจากความดันภายในหลอดแก้วสุญญากาศ [1]

นอกจากผลของความดันภายในหลอดแก้วสุญญากาศแล้ว การใช้ฮีทไปป์ยังเป็นการช่วยเสริมให้แผงรับแสงอาทิตย์ชนิดหลอดสุญญากาศนี้ มีความสามารถในการทำอุณหภูมิให้สูงได้ หลักการทำงานของฮีทไปป์ (รูปที่ 7) จะอาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะ (Phase) ของสารทำงาน (Working Fluid) ภายในหลอดฮีทไปป์ที่จะทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนจากแผ่นครีบริบแสงอาทิตย์ (Absorber) ที่ติดตั้งอยู่ภายในหลอดแก้วสุญญากาศ จนกระทั่งสารทำงานกลายสถานะเป็นไอ (Vapor) ภายในหลอดฮีทไปป์ และลอยขึ้นไปสู่บริเวณที่จะระบายความร้อนออก ที่เรียกว่า Condenser เมื่อสารทำงานระบายความร้อนด้วยการถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำงานอื่นแล้ว สารทำงานจะมีอุณหภูมิลดลง และควบแน่นกลับมาอยู่ในสถานะของเหลว (Liquid) อีกครั้ง และไหลลงสู่บริเวณด้านล่าง เพื่อที่จะไปรับความร้อนเป็นวัฏจักรไปอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการรับความร้อนผ่านแผ่นครีบริบและมีการดึงความร้อนออกจาก Condenser ดังนั้นหลักการทำงานของฮีทไปป์จึงมีรูปแบบเป็น Passive Heat Transfer ที่ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานใดๆ ทำให้ระบบทำงาน มีเพียงแค่ผลต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างบริเวณที่รับความร้อนและบริเวณ Condenser เท่านั้นในการขับเคลื่อนวัฏจักรของหลอดฮีทไปป์

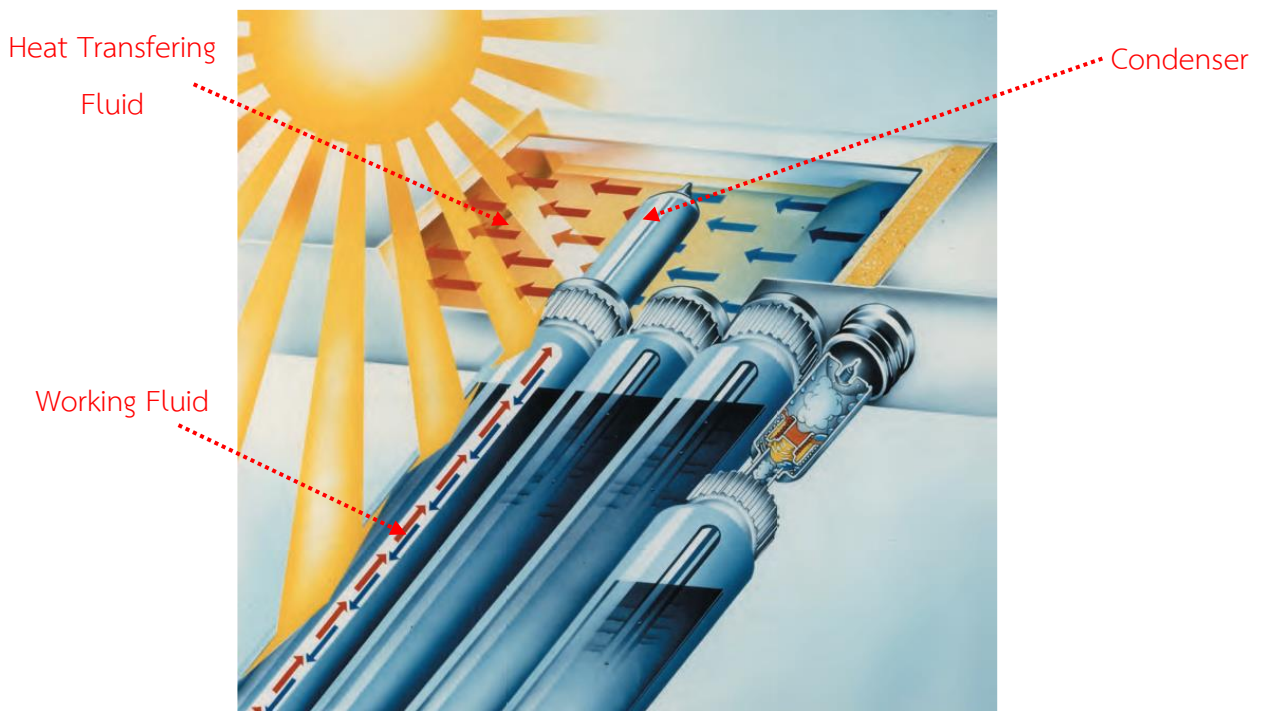


ที่มา: <http://www.solarpanelsplus.com/evacuated-tube-collectors>

รูปที่ 7: โครงสร้างของหลอดฮีทไปป์



รูปที่ 8: ลักษณะการติดตั้งหลอดแก้วกับฮีทไปป์บนท่อ Header [1]



รูปที่ 9: ลักษณะการทำงานของหลอดแก้วสุญญากาศชนิดฮีทไปป์ [1]

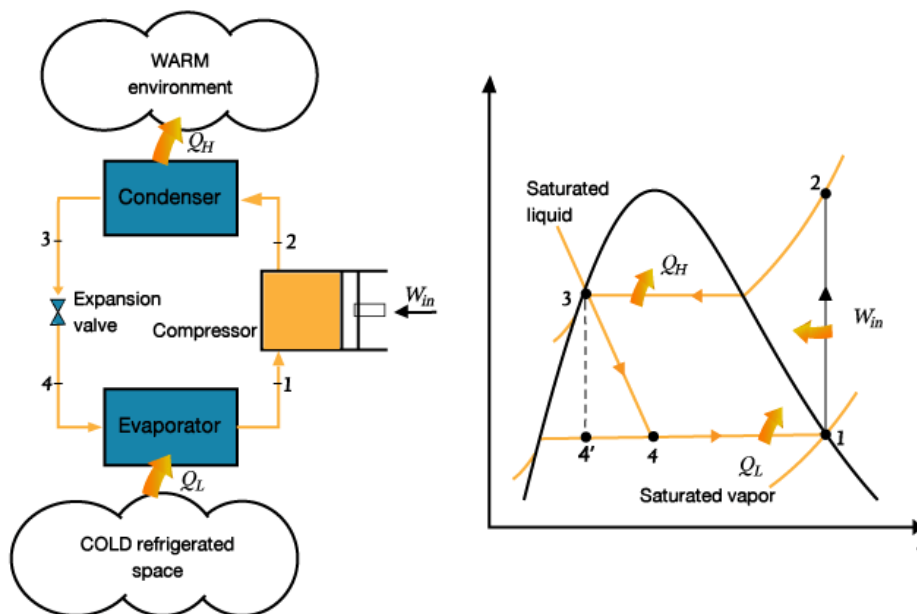
รูปที่ 8 เป็นลักษณะการติดตั้งหลอดแก้วสุญญากาศกับฮีทไปป์บนท่อ Header ที่มีโครงสร้างการจัดเรียงของหลอดแก้วสุญญากาศเป็นชุด ซึ่งในแต่ละชนิดของแผงรับแสงอาทิตย์จะมีการออกแบบให้มีขนาดแตกต่างกัน โดยจะใช้จำนวนหลอดแก้วเป็นตัวกำหนดขนาดของแผง เช่น แผงชนิด 8 หลอด หรือไปจนถึง 32 หลอด ขึ้นอยู่กับลักษณะและระดับอุณหภูมิที่จะใช้งาน นอกจากนี้ เพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้นถึงลักษณะการทำงานของสารทำงานภายในแผงรับแสงอาทิตย์ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศแบบฮีทไปป์และการถ่ายเทความร้อนไปยังสภาพแวดล้อม รูปที่ 9 จะแสดงให้เห็นถึงการไหลของทั้งฮีทไปป์ที่สารทำงานจะมีลักษณะการไหลไปมาระหว่าง Condenser และบริเวณที่รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ในขณะที่ บริเวณ Condenser จะมีการไหลอีกชนิดที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการพาความร้อนที่บริเวณท่อ Header

1.4 เครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึม (Absorption Chiller)

เครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ (Vapor Compression) และเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมไอ (Vapor Absorption) โดยทั่วไประบบปรับอากาศชนิดอัดไอจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 4 อุปกรณ์ด้วยกัน คือ 1) เครื่องต้มระเหย (Evaporator) 2) เครื่องอัดไอ (Compressor) 3) เครื่องควบแน่น (Condenser) และ 4) อุปกรณ์ควบคุมสารทำความเย็น (Expansion Valve) ลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดนี้จะเริ่มเป็นวัฏจักร (Cycle) ดังนี้ เริ่มจากที่ Evaporator สารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอเมื่อได้รับความร้อน เนื่องจากความดันในอุปกรณ์นี้มีค่าต่ำ เมื่อความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น (Cooled Space) มาสัมผัสกับสารทำความเย็นภายใน Evaporator จะมีอุณหภูมิลดต่ำ ซึ่งเป็นสภาวะในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และเมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นไอแล้วจะเข้าสู่ Compressor เพื่ออัดให้ไอของสารทำความเย็นนี้มีความดันเพิ่มขึ้น

และเคลื่อนที่ไปยัง Condenser เพื่อที่จะควบแน่นสารทำความเย็นให้กลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง และเป็น การถ่ายเทความร้อนจาก Evaporator ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เพื่อให้สารทำความเย็นได้ควบแน่น กลับมาเป็นสถานะของเหลวอีกครั้ง จากนั้นสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวจะไหลผ่าน Expansion Valve เพื่อลดความดันและทำให้อุณหภูมิลดลง เพื่อที่จะสามารถกลับมารับความร้อนที่ Evaporator เป็นวัฏจักรได้อย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 10 แสดงแผนภาพอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบทำความเย็นและแผนภาพของอุณหภูมิและเอนโทรปี (T-S Diagram) ที่แสดงถึงสถานะการรับความร้อนของสารทำความเย็นจาก Evaporator (Q_L) และการคาย ความร้อน (Q_H) ที่เครื่องควบแน่น (Condenser) โดยใช้พลังงานไฟฟ้า (W_{in}) ในการขับเคลื่อนเครื่อง Compressor เพื่อให้ระบบทำความเย็นนี้สามารถทำงานได้เป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง โดยมีทิศทางการทำงาน ของสารทำความเย็นจะไหลในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตามแผนภาพ

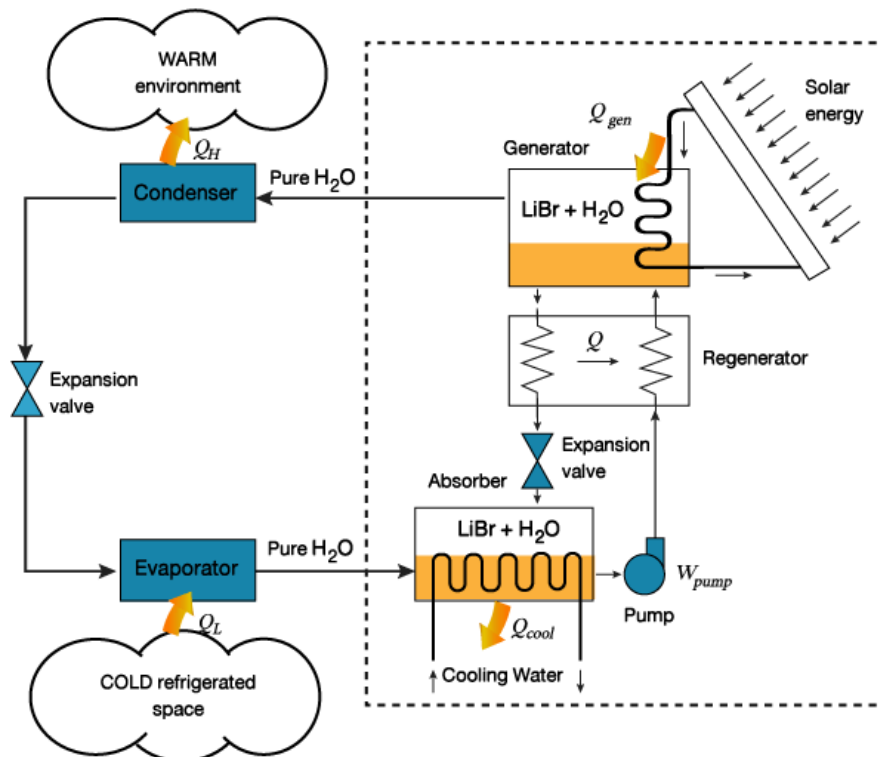


รูปที่ 10: แผนภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ [7]

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในระบบทำความเย็นด้วยการอัดไอ Compressor จะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ พลังงานในการเปลี่ยนแปลงสถานะสารทำความเย็นให้มีการควบแน่นที่ความดันสูง จึงสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เป็นอย่างมากในการขับเคลื่อนวัฏจักรขณะที่ต้องทำงานอย่างต่อเนื่องในการทำความเย็นให้กับตัวอาคาร ในขณะที่เครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมจะอาศัยวิธีการทางความร้อนในการขับเคลื่อนสารทำความเย็นแทน จึง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า โดยหลักการแล้วเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมจะใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อ จ่ายให้กับปั๊มในการขับเคลื่อนสารทำความเย็น (น้ำ) และสารละลาย (ลิเทียมโบรไมด์) ดังนั้นจึงใช้พลังงาน ไฟฟ้าเพียง 3-5% เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ [3][4]

รูปที่ 11 แสดงตัวอย่างของเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมโดยใช้ Generator, Absorber และ Regenerator ทำหน้าที่แทนคอมเพรสเซอร์ในระบบอัดไอ (ตามที่แสดงในเส้นประ) ในขณะที่อุปกรณ์ในการ

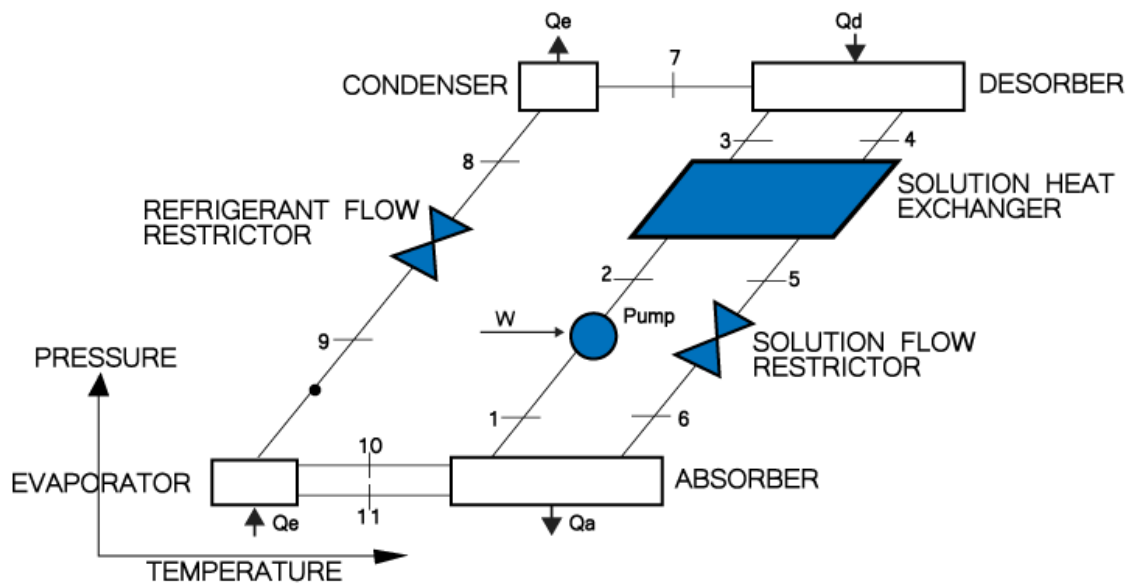
ทำความเย็น (เทียบกับรูปที่ 10) ซึ่งประกอบด้วย Evaporator, Condenser และ Expansion Valve จะยังคงเหมือนเดิม



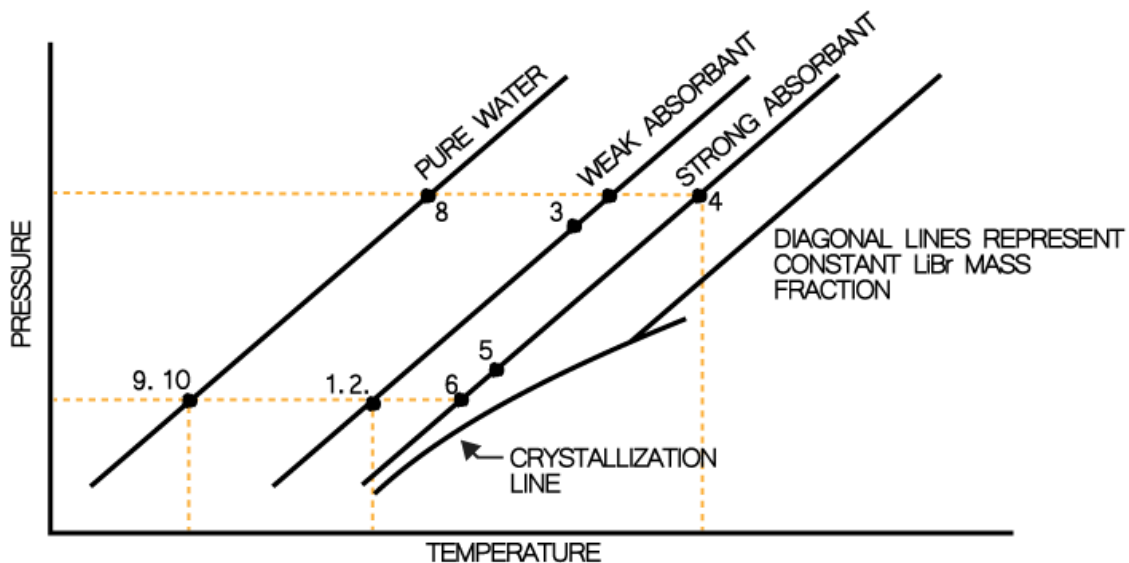
รูปที่ 11: แผนภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึม [7]

หลักการการทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึมจะสามารถอธิบายโดยใช้แผนภาพ P-T-x (ความดัน-อุณหภูมิ-องค์ประกอบของสาร) ในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ได้ดังนี้ เริ่มจากที่จุด 4 (บริเวณทางออกของ Generator หรือเรียกอีกชื่อว่า Desorber) องค์ประกอบของสารละลายระหว่างสารดูดซึม (Absorbent) คือ ลิเทียมโบรไมด์ และสารทำความเย็น (Refrigerant) โดยที่สารละลาย (น้ำและเกลือ) ที่มีความเข้มข้นของ ลิเทียมโบรไมด์สูง (Strong Solution) จะไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ที่อยู่ระหว่างจุดที่ 4 และจุดที่ 5 ไปยัง Absorber และที่บริเวณ Absorber ที่อยู่ระหว่างจุดที่ 6 และจุดที่ 1 สารดูดซึมลิเทียมโบรไมด์ที่มีความเข้มข้นสูงจะทำหน้าที่ดูดซึมน้ำที่เป็นไอระเหยออกมาจาก Evaporator และที่ Absorber นี้จะต้องมีการถ่ายเทความร้อนออกไปยังสภาวะแวดล้อมโดยใช้น้ำหล่อเย็น (Cooling Water) เพื่อให้สารละลายใน Absorber มีความสามารถในการดูดซึมไอน้ำได้อย่างต่อเนื่องโดยความเข้มข้นของสารละลายลิเทียมโบรไมด์จะลดต่ำจนกลายเป็นสารละลายเจือจาง (Weak Solution) เนื่องจากสารละลายลิเทียมโบรไมด์ใน Absorber มีน้ำที่มาจากไอน้ำระเหยและละลายปนอยู่มาก จากนั้นสารละลายเจือจางของลิเทียมโบรไมด์จะถูกดูดโดยปั๊มผ่าน Heat Exchanger ไปยัง Generator อีกครั้งเพื่อที่จะทำการระเหยน้ำออกไปและทำให้ลิเทียมโบรไมด์กลับมาเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงสำหรับการดูดซึมไอน้ำในวัฏจักรต่อไป ขณะเดียวกัน น้ำที่ได้รับความร้อนจาก Generator จะกลายเป็นไอน้ำและไหลไปยัง Condenser เพื่อลดอุณหภูมิโดยถ่ายเทความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมและควบแน่นกลายเป็นน้ำและไหลผ่าน Expansion

Valve (Refrigerant Flow Restrictor) ที่อยู่ระหว่างจุดที่ 8 และจุดที่ 9 ไปยัง Evaporator สำหรับใช้ในการรับความร้อนจาก Evaporator ได้อย่างต่อเนื่องในวัฏจักรต่อไป



รูปที่ 12: แผนภาพการทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึม [9]



รูปที่ 13: แผนภาพความดัน-อุณหภูมิ-องค์ประกอบ (P-T-X) ของเครื่องทำความเย็นชนิดดูดซึม [9]

ดังนั้นโครงสร้างเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมจะใช้ความร้อนเป็นตัวขับเคลื่อนระบบทำความเย็นในการระเหยน้ำออกจากสารละลายเกลือ เพื่อให้สารละลายเกลือสามารถกลับไปดูดซึมไอน้ำได้ใหม่ที่ห้อง Absorber และเพื่อเปรียบเทียบกับระบบอัดไอจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำร้อนในเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมนี้ จะใช้พลังงานน้อยกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน Compressor ในระบบอัดไอเป็นอย่างมาก และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ระบบปรับอากาศชนิดดูดซึมมีการใช้

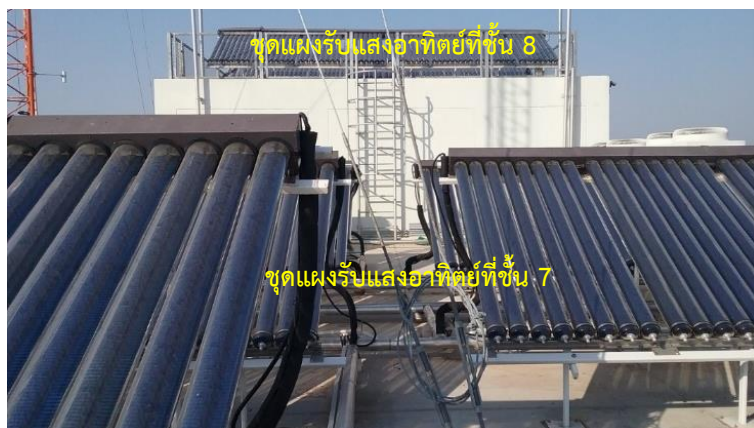
พลังงานไฟฟ้าต่ำ และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากใช้น้ำเย็นเป็นสารทำความเย็นโดยใช้น้ำเกลือเป็นตัวกลางในการขับเคลื่อน ซึ่งไม่เหมือนกับระบบอัดไอซึ่งใช้สารทำความเย็นชนิดสาร Chlorofluorocarbons (CFC) ที่เป็นสารทำลายชั้นโอโซนอีกด้วย

1.5 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานในอาคารเนคเทค

ปัจจุบันศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค สวทช.) ได้ติดตั้งและทดสอบระบบปรับอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่บริเวณดาดฟ้าอาคาร โดยติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมที่บริเวณชั้น 6 และติดตั้งชุดแผงรับแสงอาทิตย์ที่บริเวณชั้น 7 และชั้น 8 เครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึมมีขนาด 10 ตันความเย็นหรือเทียบเท่ากับ 120,000 บีทียู (BTU) และมีจำนวนแผงรับแสงอาทิตย์ทั้งหมดจำนวน 96 แผง โดยต่อเป็น 2 ชุดชุดละ 48 แผงซึ่งมีรูปแบบการต่ออนุกรมของชุดแผงที่ต่างกันเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างระดับอุณหภูมิของชุดแผงฯ ที่อัตราการไหลผ่านของน้ำร้อนที่ต่างกัน



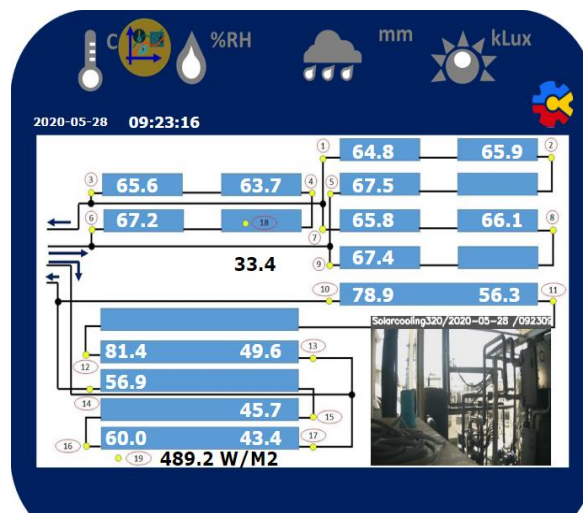
รูปที่ 14: ลักษณะการวางของหลอดรับแสงอาทิตย์บน Header



รูปที่ 15: ชุดแผงรับแสงอาทิตย์จำนวน 96 แผง



รูปที่ 16: เครื่อง Absorption Chiller (รูปซ้าย) และถังน้ำร้อน (รูปขวา)



รูปที่ 17: หน้าจอรระบบ WiMarc ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิของชุดแผงรับแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบริเวณชั้น 7 และชั้น 8



รูปที่ 18: Grafana หน้าหลัก

รูปที่ 14 และรูปที่ 15 เป็นลักษณะการติดตั้งจัดวางของชุดแผงรับแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งที่บริเวณดาดฟ้าอาคารเนคเทค รูปที่ 16 เป็นเครื่อง Absorption Chiller และชุดถังน้ำร้อนที่ติดตั้งบริเวณชั้น 6 โดยจะมีการติดตั้งปั๊มน้ำร้อนจำนวน 2 ตัว ที่ทำหน้าที่ดูดน้ำร้อนจากถังน้ำร้อนไหลเวียนขึ้นไปสู่ชุดแผงฯ ทั้งหมด เพื่อเพิ่มระดับอุณหภูมิไปจนถึง 70 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่เครื่อง Absorption Chiller เริ่มทำงาน

รูปที่ 17 และรูปที่ 18 เป็นรูปหน้าจอที่แสดงระดับอุณหภูมิของชุดแผงทั้งหมด และรูปหน้าจอ (Dashboard) ของ โปรแกรม Grafana ที่ใช้ในการติดตามสถานะการทำงานของระบบทั้งหมด ตามลำดับ

1.6 สรุปภาพรวมของระบบ

กล่าวโดยสรุปจะเห็นว่า รูปแบบการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ประเทศไทยมีศักยภาพสูง มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อนระบบปรับอากาศภายในอาคารเพื่อแบ่งเบาภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวม ซึ่งในปัจจุบันอาคารสำนักงานในประเทศไทย มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบปรับอากาศแทบทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนระบบปรับอากาศมีการทำลายสถิติการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้น ถ้าหากให้ความสำคัญในการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศชนิดดูดซึม ย่อมที่จะเป็นการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ในการแบ่งเบาภาระการใช้พลังงานและช่วยส่งเสริมให้เกิดความตระหนักในการใช้พลังงานสีเขียวอันนำไปสู่สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและลดมลพิษให้กับประเทศในภาพรวม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Planning and Installing - Solar Thermal Systems - A guide for installers, architects and engineers, 2nd Edition Earth Scan Publishing, 2010
- [2] <http://www.iea-shc.org/task25/>
- [3] <http://www.iea-shc.org/task38/>
- [4] Hans-Martin, Henning, Solar assisted air conditioning of building – an overview, Applied Thermal Engineering, Page 1734-1749, Elsevier, 2007
- [5] New Constructions and Major Renovation Version 2.2 Reference Guide, US. Green Building Council, 2006
- [6] ร่างแผนแม่บทพัฒนาพลังงานทดแทนแห่งชาติ 15 ปี (2551-2565), กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน, 2552
- [7] Yunus A. Cengel and Michael A. Boles, Thermodynamics - An Engineering Approach, 5th Edition, McGraw Hill, 2006
- [8] Fundamentals Handbook (SI Units), Chapter 1: Thermodynamics and Refrigeration Cycles, ASHRAE, 1998
- [9] Fundamentals Handbook (SI Units), Chapter 41: Absorption cooling, Heating, and Refrigeration Equipment, ASHRAE, 1998