บทที่ 1
บทนำ

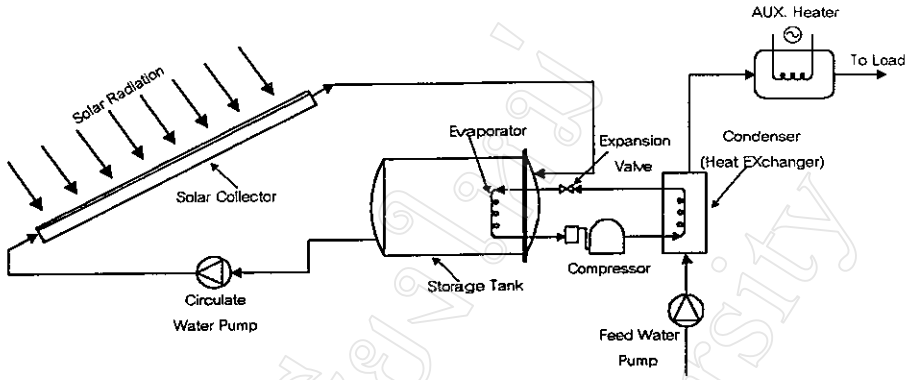
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การใช้พลังงานมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆและแหล่งพลังงานต่างๆของโลกก็กำลังจะหมดลงในอนาคตอันใกล้นี้ทำให้ราคาของพลังงานต่างๆ มีมูลค่าสูงขึ้นจึงจำต้องค้นหาวิธีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์มากที่สุด อีกทั้งยังต้องหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักที่ก่อให้เกิดพลังงานต่างๆ บนโลกมากมายแต่พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เราสามารถนำมาใช้งานมีน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานที่ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยออกมา ประโยชน์ที่เราได้รับจากการนำพลังงานจากดวงอาทิตย์ไปใช้งาน แบ่งออกเป็นรูปแบบหลักๆคือ การแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าและการแปรรูปเป็นพลังงานความร้อน การแปรรูปเป็นพลังงานความร้อนที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์นั้นมีมากมาย เช่นการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาให้ความร้อนแก่อาคารหรือทำน้ำร้อนใช้ในอาคาร อุปกรณ์ที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนนั้นคือ ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ในระบบทำน้ำร้อน ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์จะถูกมุ่งเน้นในการพัฒนาอย่างมากให้สามารถดูดกลืนและเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด

ประโยชน์ของน้ำร้อนมี 2 กรณี คือ กรณีเป็นน้ำอุ่นซึ่งถูกผสมระหว่างน้ำเย็นและน้ำร้อน หรือจากน้ำอุ่นโดยไหลผ่านเครื่องทำน้ำร้อนซึ่งสามารถใช้อาบ ล้างมือ ล้างหน้าได้ราว 35 °C การอาบน้ำและการแช่น้ำอุ่นนานๆ จะทำให้ รูขุมขนขยายตัวมากขึ้นการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกายได้ดี ช่วยผ่อนคลายความความตึงเครียดของกล้ามเนื้อและคลายปวดเมื่อย การไหลเวียนของโลหิตในร่างกายดีขึ้น ลดความหยาบกร้านของผิวหนังทำให้ผิวพรรณสวยงาม ส่วนกรณีเป็นน้ำร้อน อุณหภูมิสูงสุดราว 80 °C ถูกนำมาใช้กับระบบทำความร้อนในอาคารกรณีที่อากาศหนาวเย็นใช้ในการซักผ้า, ล้างจาน, ฆ่าเชื้อโรค, ประกอบอาหารและกิจกรรมอื่นตามความต้องการดังนั้นการใช้น้ำร้อนจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพพลานามัยและกิจกรรมต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้ดี

การเพิ่มปริมาณความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ โดยการใช้ระบบปั๊มความร้อน แบบอัดไอ ทำโดยการนำความร้อนจากน้ำที่รับความร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ มาป้อนให้กับระบบปั๊มความร้อนทำให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำได้สูงขึ้นและเมื่อใช้ร่วมกับปั๊มความร้อน ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ตัวรับรังสีมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ถังเก็บน้ำร้อนจะทำงานที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมลดลงอีกด้วยเครื่องทำน้ำร้อนที่ทำร่วมกับระบบปั๊มความร้อนไม่จำเป็นต้องใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการให้พลังงานเสริมและพลังงานไฟฟ้า ที่ใช้ในระบบปั๊มความร้อนมีแนวโน้มประหยัดกว่าการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่าและสมรรถนะกับระบบทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่มีฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการให้สมรรถนะว่ามีมากน้อยเพียงใด เพื่อพัฒนาเครื่องทำน้ำร้อนที่มีสมรรถนะสูงมีการใช้ไฟฟ้าน้อย

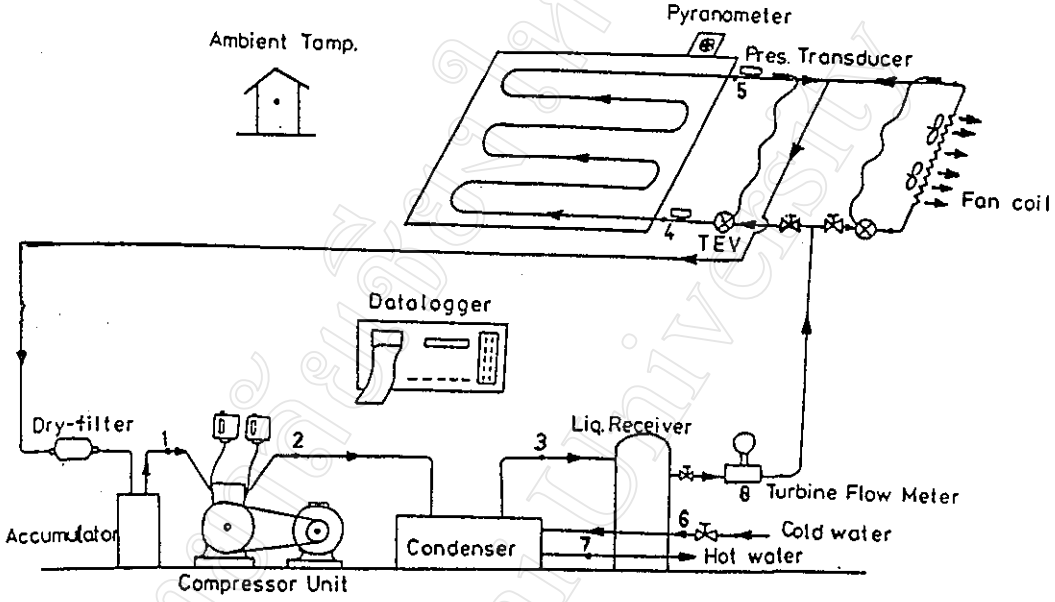


รูป 1.1 วงจรการทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน

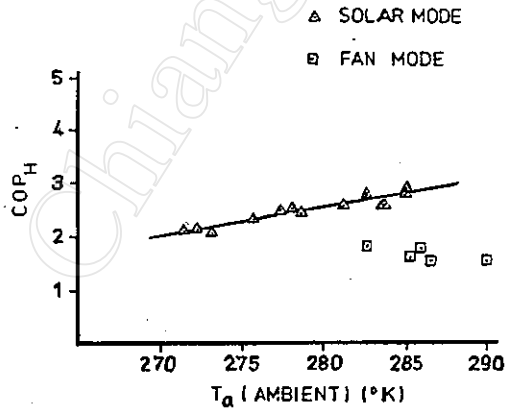
ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน มีหลักการทำงานดังรูป 1.1 กล่าวคือ ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์จะรับความร้อนจากแสงอาทิตย์แล้วถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ไหลเข้าด้านล่างของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แล้วไหลออกทางด้านบนไหลเข้าสู่ถังเก็บ โดยจะแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับอีวาปอเรเตอร์ (Evaporator) ของชุดปั๊มความร้อนรับความร้อนทำให้สารตัวกลางเดือดกลายเป็นไอแล้วถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ (Compressor) แล้วถูกอัดเพิ่มอุณหภูมิและความดันให้สารตัวกลาง แล้วคายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งประกอบเป็น ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยความร้อนจะถ่ายเทให้กับน้ำเย็นที่มาแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้กลายเป็นน้ำร้อนที่นำไปใช้งานและหากน้ำร้อนที่ออกมามีอุณหภูมิไม่ถึงตามที่ต้องการจะมีฮีตเตอร์ไฟฟ้าเสริมที่ทางออกของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้ได้อุณหภูมิของน้ำร้อนใช้งานได้ตามที่ต้องการ ส่วนสารตัวกลางถูกส่งไปยังอุปกรณ์ลดความดัน (Expansion Valve) แล้วกลับเข้ามารับความร้อนที่ถังเก็บจนเดือดกลายเป็นไอและเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ต่อไป

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

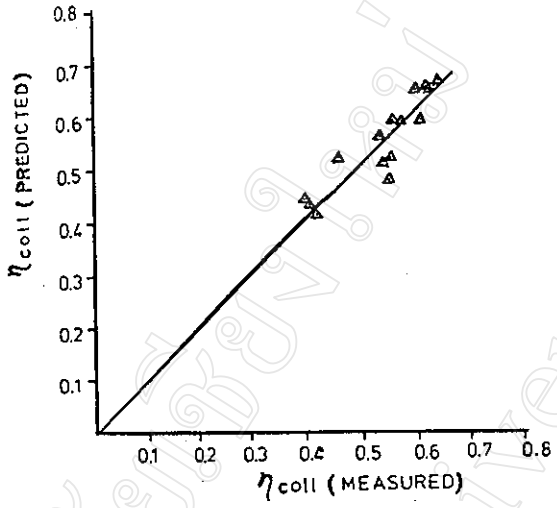
Chaturvedi, S. K. และ Shen, J. Y., (1984) ได้ทดลองสร้างเครื่องทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ดังรูป 1.2 ซึ่งใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นอีวาปอเรเตอร์ขนาด 3.39 m^2 ขนาดของคอมเพรสเซอร์ ¼ hp ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับส่งถ่ายกำลังงานโดยสายพาน สารตัวกลางของระบบปั๊มความร้อนเป็น R - 12 คอนเดนเซอร์ประกอบเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ระบายความร้อนโดยน้ำซึ่งนำน้ำร้อนที่ระบายความร้อนไปใช้งาน จากการทดลองพบว่าช่วงอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมีค่า -4 ถึง 22°C โดยมีอุณหภูมิของอีวาปอเรเตอร์ต่ำกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมช่วง 0 - 10 °C และอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ช่วง 40 ถึง 50°C ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่วัดได้ช่วง 700 ถึง 1000 W/m^2 ซึ่งได้ ค่า COP_h มีค่าระหว่าง 2 - 3 โดยเทียบระหว่างตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่เป็นอีวาปอเรเตอร์กับ ชุดอีวาปอเรเตอร์ที่ใช้พัดลมส่งเป่า แสดงดังในรูป 1.3 และประสิทธิภาพของ อีวาปอเรเตอร์หรือตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ มีค่า 40 - 70 % แสดงดังในรูป 1.4



รูป 1.2 ระบบทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน
(Chaturvedi, S. K. และ Shen, J. Y., 1984)



รูป 1.3 ค่า COP_h เทียบกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสำหรับ ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ที่เป็นอีวาปอเรเตอร์กับชุดอีวาปอเรเตอร์ที่ใช้พัดลมส่งเป่า (Chaturvedi, S. K. และ Shen, J. Y., 1984)

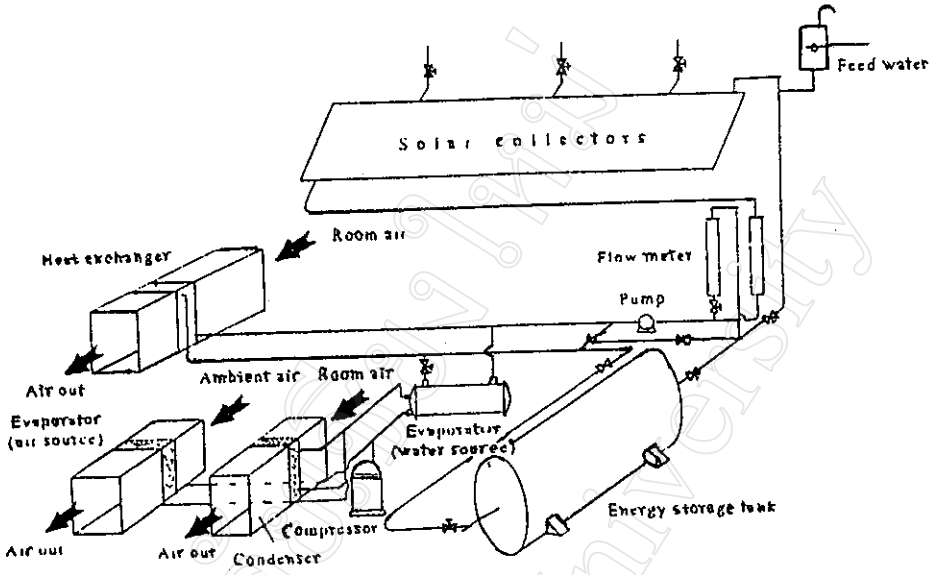


รูป 1.4 ค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวรับรังสีแสงอาทิตย์จากการคำนวณและการทดลอง (Chaturvedi, S. K. และ Shen, J. Y., 1984)

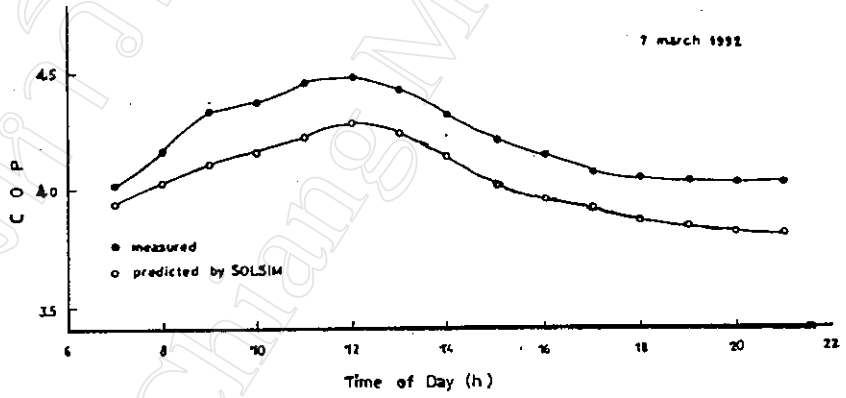
Chaturvedi, S. K. et al. (1988) ได้ทดลองสร้างเครื่องทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนร่วมกับความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยตัวรับรังสีแสงอาทิตย์เป็นอีวาปอเรเตอร์ของระบบปั๊มความร้อนซึ่งจะมีลักษณะตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบเปลือยคือ ไม่มีกระจกปิดไว้และมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม 0 - 5 °C โดยมีประสิทธิภาพของตัวรับรังสีหรืออีวาปอเรเตอร์ 40 - 70 % มีพื้นที่ 3.84 m^2 คอมเพรสเซอร์สามารถปรับความเร็วรอบได้โดยการปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์ และกำหนดภาระที่ใช้งาน 1000 วัตต์ จากการทดลองได้ค่า COP_h เท่ากับ 2.5 ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 25°C ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ 50 Hz ทำงานที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์มากคือ 900 - 1100 W/m^2

Kaygusuz, K. (1995) ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะระบบให้ความร้อนแก่ อาคารขนาด 75 m^2 ที่เมือง Trabzon ประเทศ ตุรกี โดยใช้ระบบปั๊มความร้อน ร่วมกับแสงอาทิตย์และมีการใช้ความร้อนจากอากาศภายนอกอาคารโดยแบ่งการวิเคราะห์แยกออกเป็น 3 ส่วนคือ ระบบการให้ความร้อนแบบอนุกรม , ขนานและการต่อแบบแหล่งความร้อนผสมแล้วเก็บความร้อนส่วนหนึ่งใน Phase Change Material (PCM) ดังรูป 1.5

แล้วทำการวิเคราะห์จากระบบ SOLSIM โดยใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ขนาด 30 m^2 อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม 281 K อุณหภูมิการเปลี่ยนเฟสของ PCM 303 K อุณหภูมิที่คอนเดนเซอร์ของระบบปั๊มความร้อน 313 K และระบบมีค่า COP เท่ากับ 3.0 , 3.5 และ 4.0 ของระบบที่มีการต่อแบบขนาน ระบบการต่อแบบแหล่งความร้อนผสมและระบบอนุกรมตามลำดับ ซึ่งการต่อแบบอนุกรมจะทำให้ได้ค่า COP สูงสุด และผลการเปรียบเทียบจากการทดลองและการคำนวณจาก SOLSIM พบว่าค่า COP ของระบบคือ 4 - 4.5 และ 3.7 - 4.3 ตามลำดับดังแสดงในรูป 1.6



รูป 1.5 การให้ความร้อนแก่อาคารจากระบบปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (Kaygusuz, K., 1995)

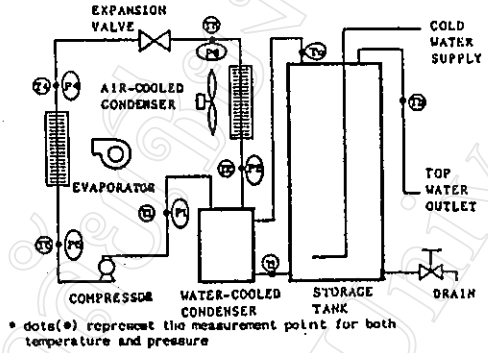


รูป 1.6 ค่าเปรียบเทียบ COP จากการทดลองและการคำนวณจาก SOLSIM ในวันที่ 7 มีนาคม 1992 (Kaygusuz, K., 1995)

Leemiles. (1994) ได้กล่าวถึงเครื่องทำน้ำร้อนจากระบบปั๊มความร้อน ซึ่งได้ทดลองทำอุณหภูมิ 3 ค่า คือ 46 °C (115 °F) , 52 °C (125 °F) และ 57 °C (135 °F) ซึ่ง จะได้ค่า COP_h มีค่าระหว่าง 2.56 ถึง 3.43 โดยมีอุณหภูมิที่อีวาปอเรเตอร์ตั้งแต่ 10°C°(50 °F) ถึง 26 °C(80 F°)

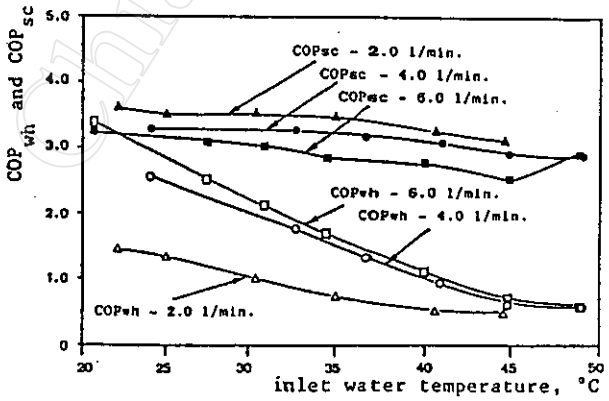
Lin, J. Y. Lou, J. H. and Chuah, Y. K., (1988) ได้ทำพัฒนาการทำน้ำร้อนด้วยระบบปั๊มความร้อนโดยการออกแบบระบบให้สามารถนำความร้อนจากระบบปั๊มความร้อนไปใช้ได้สูงสุด การทำน้ำร้อนจากน้ำระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ จากการทดลองใช้คอมเพรสเซอร์ขนาด 2 hp สารทำงานคือ R - 22

ถังเก็บน้ำร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 cm สูง 100 cm หุ้มฉนวนหนา 5 cm ใช้พัดลมในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์และอีวาปอเรเตอร์ขนาด 0.16 kW ขนาดของคอนเดนเซอร์ 0.24 m^2 และอีวาปอเรเตอร์ 0.13 m^2 อุณหภูมิของห้อง 20 - 22 °C ระบบดังกล่าวแสดงในรูป 1.7

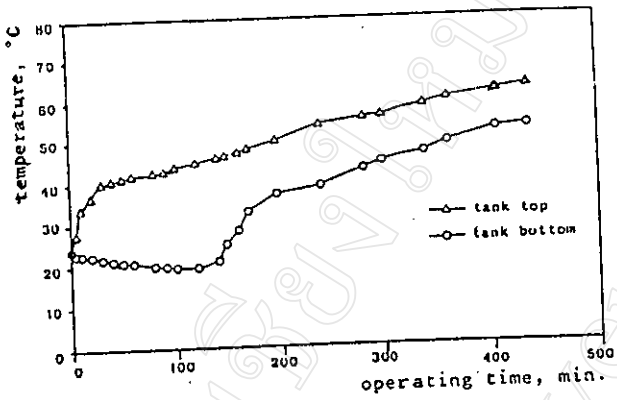


รูป 1.7 ระบบการทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน
(Lin, J. Y. Lou, J. H. and Chuah, Y. K., 1988)

จากผลการทดลองจะได้ค่า COP ของน้ำร้อน (COP_{wh}) ที่อัตราการไหลของน้ำที่ระบายความร้อน 2 litre/min มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.5 ที่อัตราการไหล 4 litre/min มีค่าระหว่าง 0.8 - 2.7 และที่อัตราการไหล 6 litre/min มีค่าระหว่าง 0.8 - 3.3 ดังแสดงในรูป 1.8 และได้อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานสูงสุด 60 °C ดังแสดงในรูป 1.9

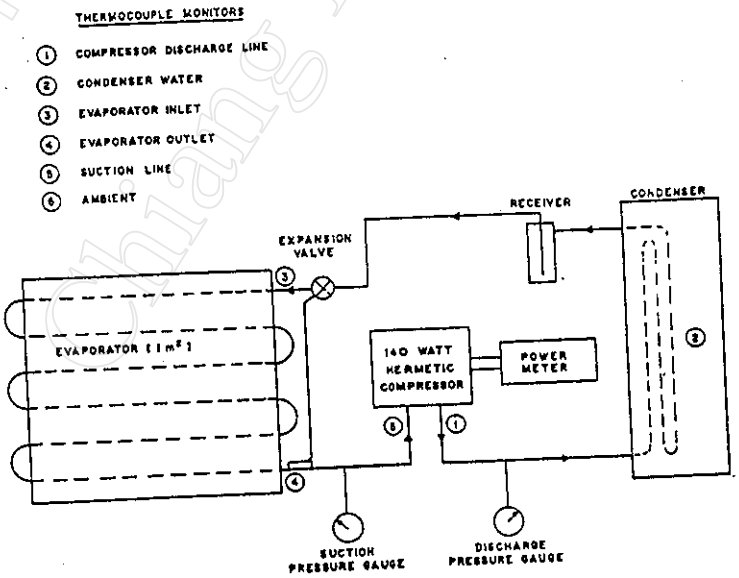


รูป 1.8 ค่าCOP ของระบบทำน้ำร้อนที่อัตราการไหล2, 4 และ 6 litre/min
(Lin, J. Y. Lou, J. H. and Chuah, Y. K., 1988)



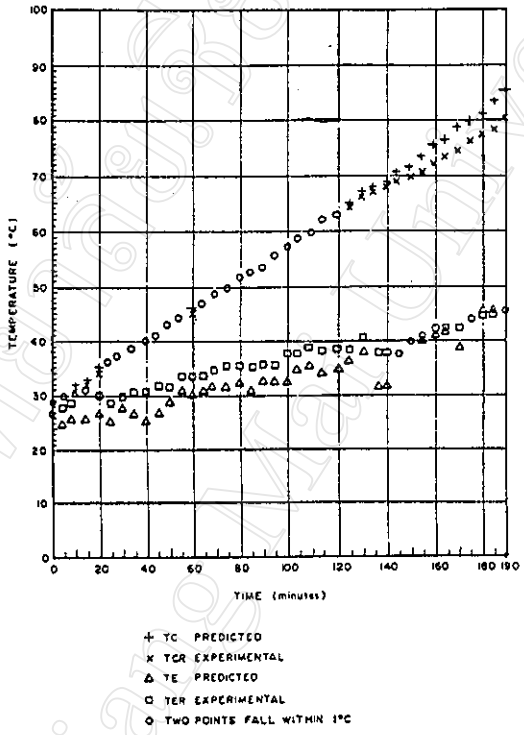
รูป 1.9 อุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน (Lin, J. Y. Lou, J. H. and Chuah, Y. K., 1988)

Morgan, R.G. (1982) ได้ทำการทดลองสร้างเครื่อง Direct Expansion Solar - Assisted Heat Pump (DESAHP) โดยใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอีวาปอเรเตอร์ของระบบปั๊มความร้อนขนาด 1 m^2 คอมเพรสเซอร์มีขนาด 140 W ใช้คอนเดนเซอร์มีความจุ 15 litre หุ้มฉนวนหนา 50 mm ดังในรูป 1.10



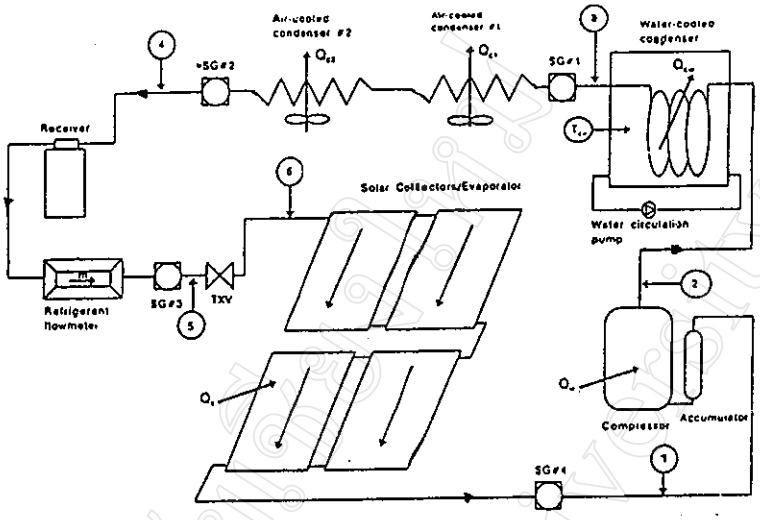
รูป 1.10 ระบบการทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแบบเปลือย (Morgan, R.G., 1982)

สารทำงานของระบบปั๊มความร้อนคือสาร R - 11 โดย อุณหภูมิของอีวาปอเรเตอร์อยู่ในช่วง 15-50 ˚C ส่วนอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่ คอนเดนเซอร์อยู่ในช่วง 35 - 80 ˚C ค่า COP_h อยู่ระหว่าง 2.5 - 3.5 และจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณระบบสามารถที่จะทำนายระบบได้ผลใกล้เคียงกับการทดลองดังรูป 1.11



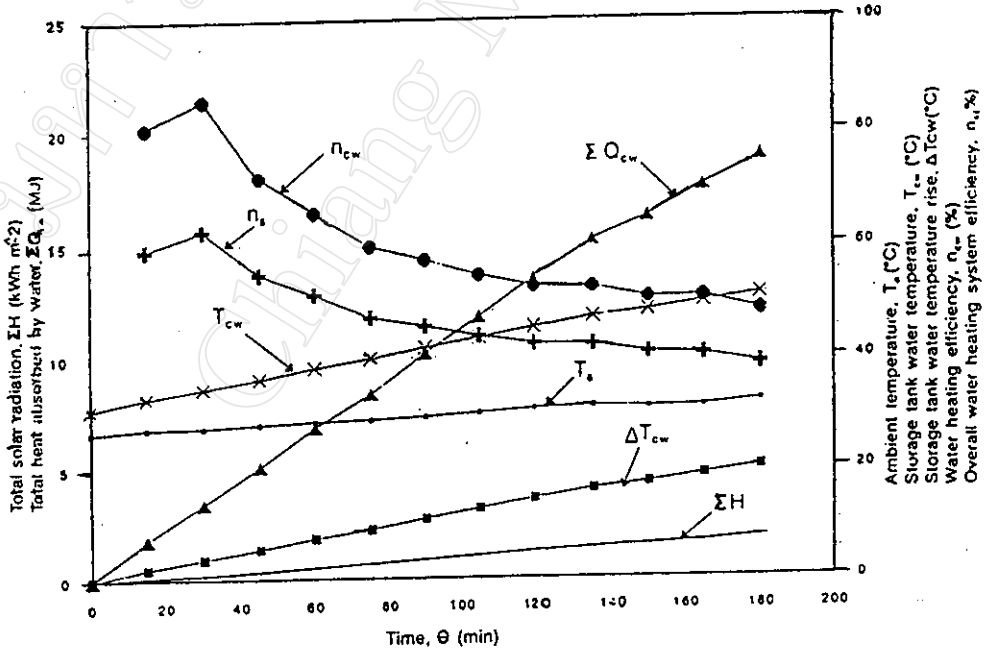
รูป 1.11 ผลการเปรียบเทียบการทดลองและการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Morgan, R.G., 1982)

Ong, K.S., (1997) ได้พบว่าการใช้ Direct Expansion Solar - Assisted Heat Pump (DESAHP) ที่ใช้สารตัวกลางของระบบปั๊มความร้อนเป็น R - 22 โดยใช้คอมเพรสเซอร์ ขนาด 800 W คอนเดนเซอร์ขนาดความยาว 12 m และมี เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm ทำจากทองแดง ถังเก็บทำจากเหล็กสแตนเลสความจุ 227 litre หุ้มฉนวนหนา 50 mm โดยใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอีวาปอเรเตอร์ของระบบปั๊มความร้อนขนาด 6 m^2 ดังในรูป 1.12

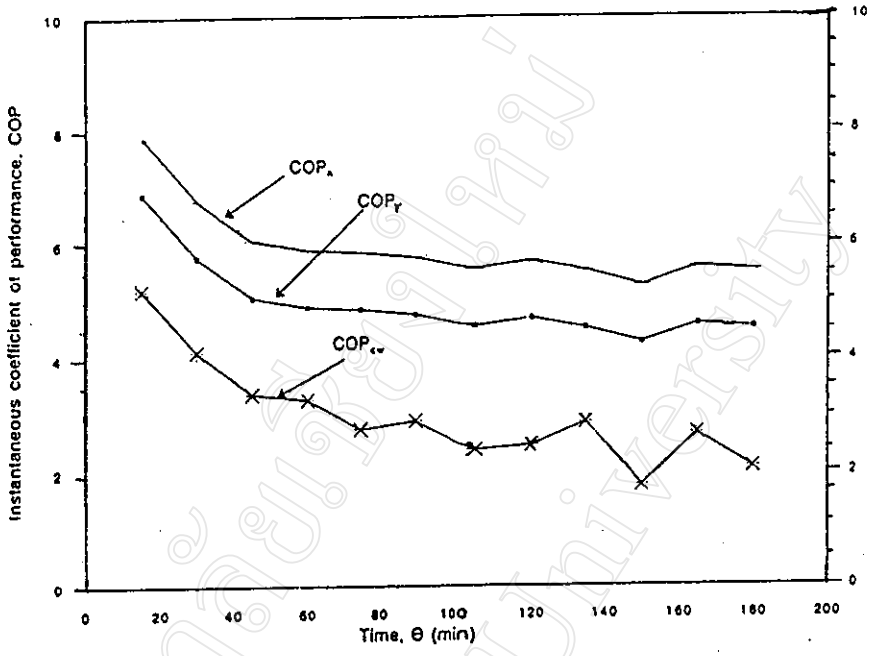


รูป 1.12 ระบบการทำน้ำร้อนจากปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (Ong, K.S., 1997)

และจากผลการทดลองพบว่า สามารถผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิ 50 °C แต่จะมีประสิทธิภาพความร้อนของน้ำโดยรวมลดลง จาก 60 ไปเป็น 40 % และค่า COP_h มีค่าระหว่าง 6 - 8 ดังในรูป 1.13 และ 1.14 ตามลำดับ



รูป 1.13 ผลการทดลองระบบทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน (Ong, K.S., 1997)



รูป 1.14 ค่า COP ของระบบปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (Ong, K.S., 1997)

ซึ่งจะเห็นว่าจากทดลองและการวิเคราะห์ระบบปั๊มความร้อนทำงานร่วมกับความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีศักยะภาพสูงในการผลิตน้ำร้อน แต่ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับระบบปั๊มความร้อนที่ทำงานร่วมกับความร้อนจากแสงอาทิตย์และจากการทดลองที่ผ่านมาสารทำงานในระบบปั๊มความร้อนเป็นสารที่ประกอบด้วย Chlorofluorocarbons (CFCs) ซึ่งทำลายโอโซนที่ชั้นบรรยากาศของโลก แต่การทำงานวิจัยครั้งนี้จะใช้สารทำงาน ที่ไม่ลายชั้นบรรยากาศของโลก คือ R-134a

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์แบบจำลองการทำนายสมรรถนะระบบทำน้ำร้อนที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน

1.3.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะระบบทำน้ำร้อนเมื่อใช้และไม่ใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์

1.3.3 เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนในการนำไปใช้งานเมื่อเทียบกับระบบทำน้ำร้อน ที่มีฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริมที่ถังเก็บน้ำร้อน

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎีและเชิงประยุกต์

14.1 สามารถทราบถึงความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานในระบบทำน้ำร้อนที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนเทียบกับระบบทำน้ำร้อนที่มีฮีตเตอร์ไฟฟ้าเป็นพลังงานเสริม

1.4.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบทำน้ำร้อนเพื่อการใช้งานในระบบที่ใหญ่ขึ้น ต่อไป

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาระบบทำน้ำร้อนที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับระบบปั๊มความร้อนซึ่งใช้สารตัวกลางคือ R - 134a เพื่อใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย โดยจะศึกษาสมรรถนะของระบบที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานของระบบน้ำร้อน 40 - 60°C และทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบกับแบบจำลองที่ได้ทำนายสมรรถนะของระบบไว้และเปรียบเทียบกับระบบที่ใช้ตัวรับรังสีจากแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า ภายใต้ภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์พื้นที่ 2 m^2 ซึ่งเป็นขนาดระบบทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่ใช้ตามที่พักอาศัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University