

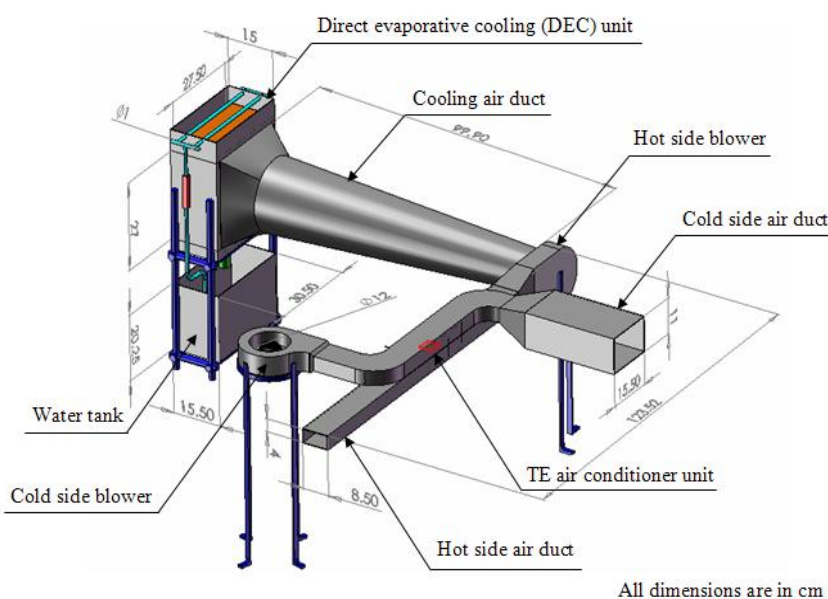
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน และศึกษาการนำ พลังงานแสงอาทิตย์ มาเป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อน ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับการทำความเย็นแบบประทุยโดยตรง

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ดังภาพประกอบ 3.1 ประกอบด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (TEC1-12708, China) ขนาด 4 cm x 4 cm x 0.3 cm (กว้าง x ยาว x สูง) จำนวน 3 โมดูล โดยด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับด้วยพัดลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว แรงดัน 220 V กำลังสูงสุด 58 W ผ่านครีบลีเทียมพื้นผิวทำจากอะลูมิเนียมขนาด 7 cm x 8 cm x 4 cm (กว้าง x ยาว x สูง) โดยครีบลีเทียมหนา 0.13 cm ระยะห่างระหว่างครีบลี 0.32 cm มีจำนวน 15 ครีบลี เพื่อให้อากาศเย็นไหลไปบริเวณปรับอากาศ (ท่อลมทำจากแผ่นสังกะสี) และด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกมีการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับผ่านครีบลีเทียมพื้นผิว โดยลดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วยการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง ซึ่งใช้แผงทำความเย็นแบบระเหย (Cooling pad) ขนาด 30 cm x 36 cm x 15 cm (กว้าง x ยาว x สูง) มีปั๊มน้ำ 220 V กำลังสูงสุด 12 W ส่งน้ำไปยังแผงทำความเย็นแบบระเหยที่อัตราการไหล 7 lpm (กรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ไม่ต้องให้ปั๊มน้ำทำงาน)



ภาพประกอบ 3.1 เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

หลักการทำงานของระบบ สภาวะเริ่มต้นพัสดมจะดูดอากาศแวดล้อมจากภายนอก เข้ามารับการถ่ายเทความร้อนจากด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งติดตั้งครีบบำทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง อากาศเย็นจะไหลออกสู่บริเวณปรับอากาศ ในส่วนด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก อากาศแวดล้อมจากภายนอก จะไหลผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงเพื่อลดอุณหภูมิอากาศ จากนั้นอากาศจะไหลผ่านพัสดม เข้ามารับการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งติดตั้งครีบบำ ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น อากาศร้อนจะไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม

ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (Tianjin Lantain model TEC-12708, China) ที่ผลิตจากวัสดุกึ่งตัวนำ Bismuth telluride จำนวน 127 คู่ต่อโมดูล ขนาด 4 cm × 4 cm × 0.3 cm (กว้าง × ยาว × สูง) จำนวน 3 โมดูล โดยเชื่อมต่อแบบอนุกรมทางด้านไฟฟ้า ทำหน้าที่ทำความเย็นให้กับครีบบำ



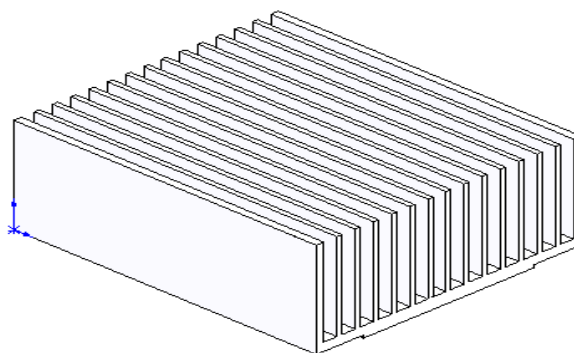
ภาพประกอบ 3.2 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ตาราง 3.1 ค่าสมบัติที่สำคัญของเทอร์โมอิเล็กทริก

Specifications	Symbol	Value
The Seebeck coefficient	α	0.0444 (V/K)
The electric resistance of the TE module	R	2.545 (Ω)
The thermal conductivity of the TE module	K	0.495 (W/K)

ครีบบระบายความร้อน

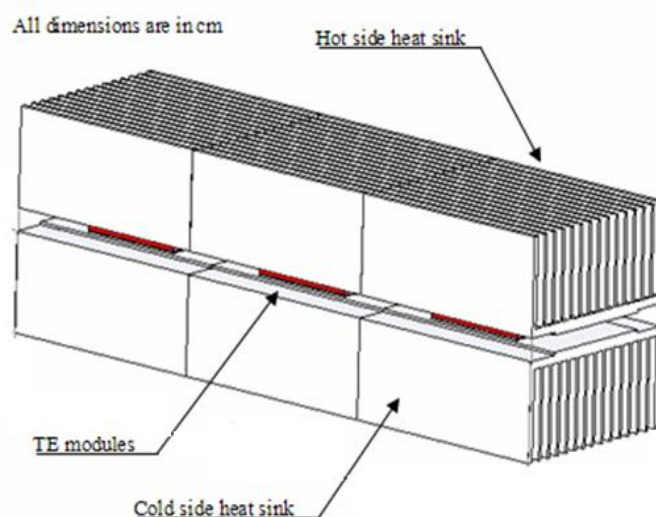
ในการทดลองนี้ใช้ครีบบนสื่เปลี่ยนผืนผ้าทำจากอะลูมิเนียมแบบสื่เปลี่ยนผืนผ้าทำจากอะลูมิเนียมขนาด 7 cm x 8 cm x 4 cm (กว้าง x ยาว x สูง) โดยครีบบนมีความหนา 0.13 cm ระยะห่างระหว่างครีบบน 0.32 cm มีจำนวน 15 ครีบบน ทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อน และทำหน้าที่ถ่ายเทความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น



ภาพประกอบ 3.3 ครีบบระบายความร้อน

การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

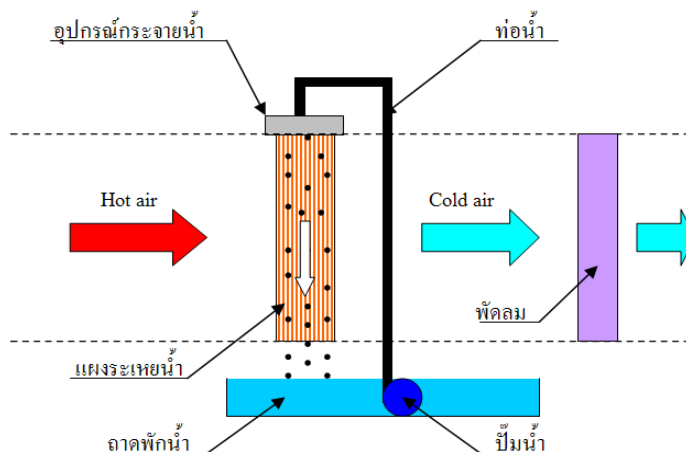
ในการทดลองนี้ใช้ครีบบนสื่เปลี่ยนผืนผ้า โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อน ส่วนของด้านเย็นใช้วัสดุและขนาดเช่นเดียวกับด้านร้อน และการติดตั้งใช้ซิลิโคนทาบริเวณผิวหน้าของเทอร์โมอิเล็กทริก มีฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างครีบบนทั้งสองด้าน บริเวณภายนอกของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ท่อลมสังกะสีพร้อมหุ้มฉนวน



ภาพประกอบ 3.4 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเข้ากับครีบบระบายความร้อน

อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง ประกอบด้วย ปั๊มน้ำ แผงระเหยน้ำ พัดลมดูดอากาศ ถาดพักน้ำ โดยการปล่อยน้ำให้ไหลจากท่อด้านบนลงบนอุปกรณ์กระจายน้ำ เพื่อให้ น้ำกระจายตัวลงบนแผงระเหยน้ำอย่างทั่วถึง ความร้อนที่จะมาระเหยน้ำได้มาจากอากาศที่พัดผ่านตัวแผงระเหยน้ำ เมื่ออากาศถ่ายเทความร้อนไปให้หยดน้ำแล้วอากาศรอบๆ ก็จะเย็นตัวลงและมีความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำที่ระเหยไม่หมดจะไหลลงไปยังถาดพักน้ำที่อยู่ใต้แผงระเหยน้ำต่อไป



ภาพประกอบ 3.5 อุปกรณ์ทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

ปั๊มน้ำ (Water pump)

ปั๊มน้ำยี่ห้อ DAD WD-800 อัตราการไหลสูงสุด 800 LPH แรงดันไฟฟ้า 220 V กำลังไฟฟ้า 12 W สามารถปั๊มน้ำได้สูง 1.0 m ซึ่งระบบต้องการใช้งานที่อัตราการไหล 7 LPM (419.16 LPH) ส่งน้ำที่ความสูง 0.7 m



ที่มา: [69]

ภาพประกอบ 3.6 อุปกรณ์ปั๊มน้ำ

แผงทำความเย็นแบบระเหย (Cooling pad)

แผงทำระเหย ทำจากกระดาษเซลลูโลสที่มีขนาด 30 cm x 36 cm x15 cm (กว้าง x ยาว x สูง)



ภาพประกอบ 3.7 แผงทำระเหย

พัดลมหอยโข่ง (Centrifugal Fan)

ในการทดลองใช้พัดลมหอยโข่ง (Centrifugal Fan) จำนวน 2 เครื่อง สำหรับระบายอากาศเย็นจากครีبد้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกออกสู่บรรยากาศ และอีกตัวใช้สำหรับดูดอากาศจากเครื่องทำความเย็นแบบระเหยเพื่อไประบายความร้อนจากครีبد้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับแรงดัน 220 V กำลังสูงสุด 58 W

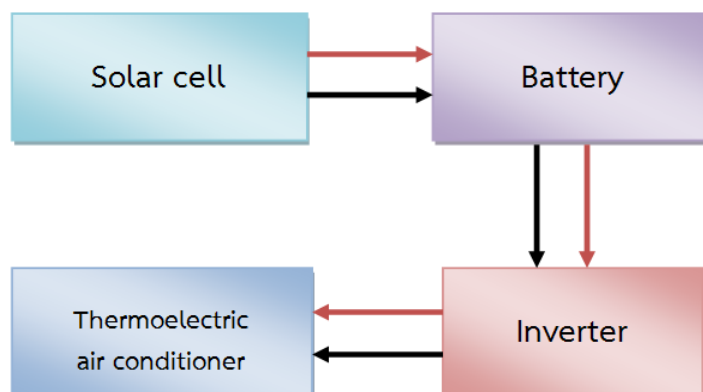


ภาพประกอบ 3.8 พัดลมหอยโข่ง

3.2 โครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริก ประกอบด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสตรง (Direct Current, DC) แบตเตอรี่ขนาด ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current, AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

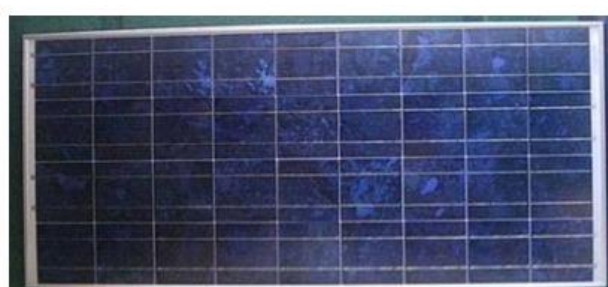
กระแสสลับ โดยระบบมีความต้องการในการใช้พลังงาน ขนาด 100 W เป็นเวลา 9 h ซึ่งการทำงานโดยรวมของระบบดังภาพประกอบ 3.9



ภาพประกอบ 3.9 การต่อวงจรของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 50 W ต่อแบบขนาน จำนวน 4 แผง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพประกอบ 3.10 เซลล์แสงอาทิตย์

ตาราง 3.2 ค่าสมบัติที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

Specifications	Value
Maximum Power	50 Wp
Maximum Power Voltage	17 V
Maximum Power Current	2.95 A
Length x Width x Height	684 mm x 690 mm x 35 mm
Weight	7.21 kg
Open Circuit Voltage	21.5 V
Short Circuit Current	3.2 A

แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ขนาด 70 Ah ต่อแบบขนาน จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพประกอบ 3.11 แบตเตอรี่

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

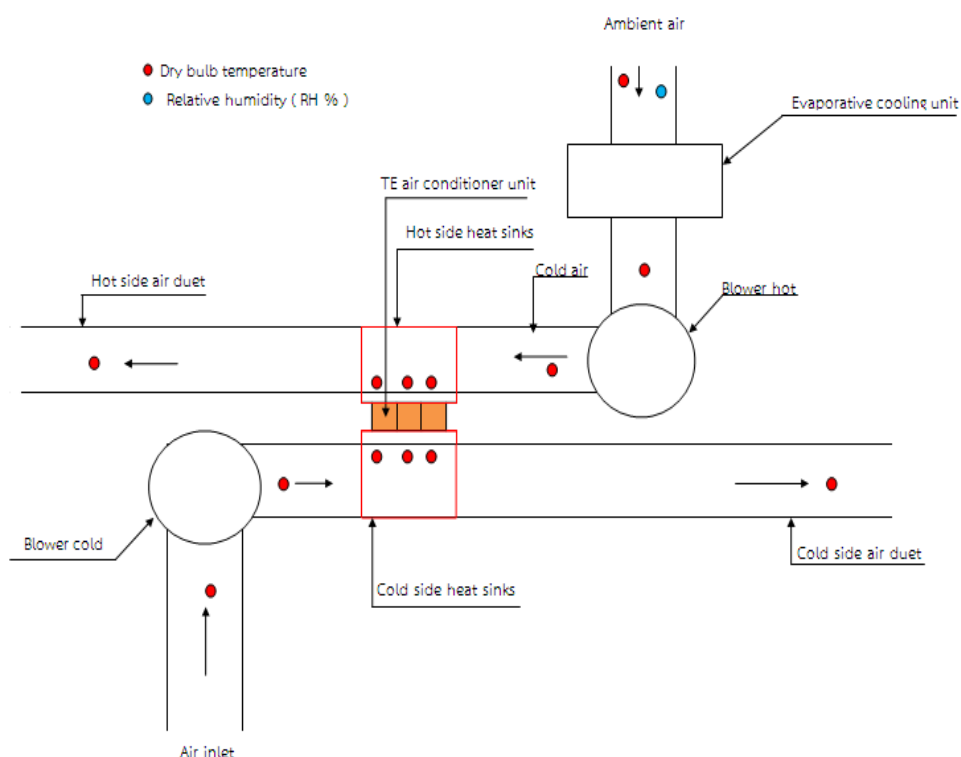
เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ขนาด 500 W ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือจากแบตเตอรี่ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพประกอบ 3.12 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

3.3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

เครื่องมือวัดที่ใช้การทดลองประกอบไปด้วย ในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (MX 100) เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (Thermo-hygrometer) ตำแหน่งการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ แสดงดังภาพประกอบ 3.13



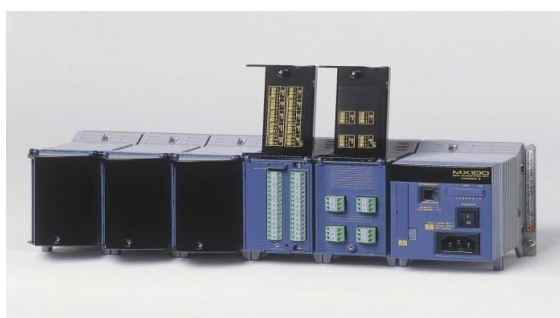
ภาพประกอบ 3.13 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

3.4 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง จึงต้องใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data acquisition)

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data acquisition) ยี่ห้อ YOKOGAWA Model IM MX 100 มีจุดวัดอุณหภูมิ 30 ช่องสัญญาณ มีช่วงวัดอุณหภูมิ -200°C ถึง 1100°C



ภาพประกอบ 3.1.4 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ช่วงวัดอุณหภูมิ -100°C ถึง 400°C โดยต่อเข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ YOKOGAWA Model IM MX 100



ภาพประกอบ 3.15 สายเทอร์โมคัปเปิล

เครื่องวัดความเร็วลม

วัดความเร็วลมโดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน (Hot Wire anemometer) ยี่ห้อ TESTO Model 445 ค่าความผิดพลาด $\pm 0.2 \text{ m/s}$ ใช้วัดบริเวณช่องลมที่อากาศออก และเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด ยี่ห้อ M WAVETER Meterman รุ่น TMA 10 ใช้วัดความเร็วลมก่อนเข้าสู่ชุดแผงระเหยน้ำ ค่าความผิดพลาด $\pm 0.27 \text{ m/s}$



ภาพประกอบ 3.16 เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดความร้อน



ภาพประกอบ 3.17 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด

อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow meter)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหล Model L-4-102 ขนาดข้อต่อ 1/2 นิ้ว ความยาว 20.8 cm
อัตราการไหล 2-20 L/s



ภาพประกอบ 3.18 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบคล้องสาย (Clamp on power meter)

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าแบบคล้องสาย ยี่ห้อ Yokogawa: model CW 140 ซึ่งในการทดลองนี้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า



ภาพประกอบ 3.19 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบคล้องสาย

เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล (Digital multimeter)

ยี่ห้อ FUKU : model DT 9205 ซึ่งในการทดลองนี้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า



ภาพประกอบ 3.20 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล

แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า (DC power supplies)
 ในการทดลองใช้ DC Power supplies เพื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันให้กับ
 เซอร์โมอีเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 3.21 อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า

อุปกรณ์ปรับกำลังไฟฟ้า (Dimmer)
 ในการทดลองนี้ใช้อุปกรณ์ปรับกำลังไฟฟ้าโดยใช้กระแสไฟฟ้าที่ 220 V โดยเสียบปลั๊ก
 กับเครื่องปรับกระแสไฟฟ้าเพื่อจะเพิ่มหรือลดกำลังของไฟฟ้า



ภาพประกอบ 3.22 อุปกรณ์ปรับกำลังไฟฟ้า

เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Temperature Meter)

ในการทดลองนี้โดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ยี่ห้อ TESTO Model 635-2 ค่าอุณหภูมิความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (ช่วงวัดอุณหภูมิ -20 ถึง 70°C) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 3\%$ (ช่วงวัดความชื้นสัมพัทธ์ 0 ถึง $100\% \text{RH}$) ใช้วัดอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์บริเวณหลังผ่านชุดทำระเหย (Cooling Pad)



ภาพประกอบ 3.23 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์

เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (Pyranometer)

ยี่ห้อ EKO Model MS 802 สำหรับการวัดค่ารังสีรวม (Global Solar Radiation) ในขณะทำการทดสอบโดยใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)



ภาพประกอบ 3.24 เครื่องวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์

3.5 การวิเคราะห์

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (Cooling Efficiency) สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้ [52], [53], [54], [55]

$$\eta = \frac{T_{ad} - T_{ado}}{T_{ad} - T_{aw}} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

T_{ad} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ado} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศหลังผ่านแผงทำระเหย ($^{\circ}\text{C}$)

T_{aw} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)

อัตราการทำความเย็นและสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

การคำนวณหาอัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (Cooling capacity, Q_c) [4], [9], [11]

$$Q_c = \alpha IT_c - 0.5I^2R - K(T_h - T_c) \quad (2)$$

เมื่อ Q_c คือ อัตราการทำความเย็น (W)

α คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค 0.0444 V/K [8]

I คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก (A)

T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

R คือ ความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริก 2.545 Ω [8]

K คือ ค่าสภาพนำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.495 W/K [8]

การคำนวณสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of performance of refrigeration, COP) [16]

กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (With DEC)

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{P_{TE} + P_{hb} + P_{cb} + P_p} \quad (3)$$

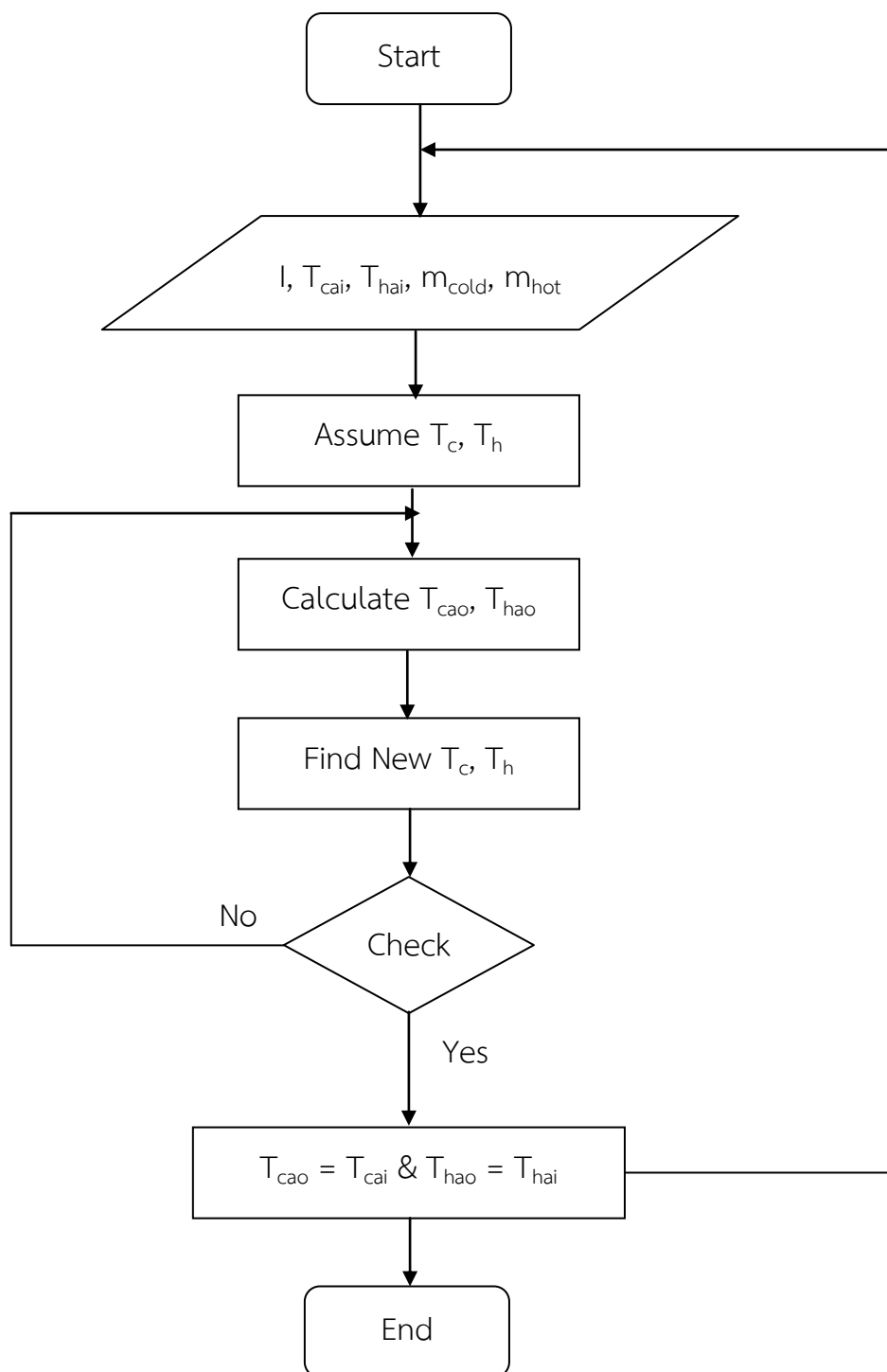
กรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม (Without DEC)

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{P_{TE} + P_{hb} + P_{cb}} \quad (4)$$

- เมื่อ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น
 Q_c คือ อัตราการทำความเย็น (W)
 P_{TE} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก (W)
 P_p คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ปั๊มน้ำ (W)
 P_{cb} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลมด้านเย็น (W)
 P_{hb} คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลมด้านร้อน (W)

การทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ในการทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย ต้องป้อนข้อมูล กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก (I) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (T_{cai}) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อน (T_{hai}) อัตราการไหลอากาศเชิงมวลด้านเย็น (m_{cold}) และอัตราการไหลอากาศเชิงมวลด้านร้อน (m_{hot}) จากนั้นสมมติค่าอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) จากนั้นคำนวณค่าอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (T_{cao}) อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (T_{hao}) ก็จะได้ค่าจากการทำนายโดยการแก้ระบบสมการสองตัวแปร ด้วยวิธีการทำซ้ำจะได้ค่าอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) วิธีการที่กล่าวมาเป็นการทำนายอุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริกเพียงหนึ่งโมดูล เนื่องจากระบบมีเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งหมดสามโมดูล ดังนั้นจึงต้องทำนายต่อโดยการกำหนดให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (T_{cao}) และอุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (T_{hao}) ของโมดูลที่หนึ่งเป็นอุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (T_{cai}) และอุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อน (T_{hai}) ของโมดูลที่สอง ทำนายไปจนครบทุกโมดูล



ภาพประกอบ 3.25 ฟังก์ชันการทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

การคำนวณหาอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) โดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนในระบบ Lumped [40] ซึ่งเป็นระบบที่มีอุณหภูมิภายในวัตถุเปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่ในขณะใดขณะหนึ่งอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ในวัตถุมีค่าคงที่ เราสามารถใช้สมการนี้หาอุณหภูมิภายในวัตถุที่เวลาใดๆ หรือสามารถหาเวลาที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิตามต้องการได้

$$\frac{T_{cao} - T_c}{T_{cai} - T_c} = \exp\left(\frac{-A_s h_{cold}}{m_{cold} C_{p_{cold}}}\right) \quad (5)$$

เมื่อ T_{cao} คือ อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (K)
 T_{cai} คือ อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (K)
 A_s คือ พื้นที่ผิวของครีป (m^2)
 h_{cold} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านเย็น ($W/m^2 K$)
 m_{cold} คือ อัตราการไหลอากาศเชิงมวลด้านเย็น (kg/s)
 $C_{p_{cold}}$ คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศด้านเย็น (J/kg K)

การพิจารณา พื้นที่ผิวของครีป (A_s) หาได้จาก

$$A_s = A_{fin} + A_{unfin} \quad (6)$$

พื้นที่ที่ติดครีประบายความร้อน

$$A_{fin} = n[(2LH) + (tL)] \quad (7)$$

พื้นที่ที่ไม่ติดครีประบายความร้อน

$$A_{unfin} = (n-1) \bullet (dL) \quad (8)$$

n คือ จำนวนครีป
 H คือ ความสูงครีป
 L คือ ความยาวครีป
 t คือ ความหนาครีป
 w คือ ความกว้างฐาน
 d คือ ระยะห่างระหว่างครีป

พิจารณาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านเย็น (W/m^2K) การไหลภายในท่อ ดังสมการ
กรณีที่เป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow)

$$Nu = \frac{h_{hot} D_h}{k} = 7.54 + \frac{0.03(D_h / L) Re Pr}{1 + 0.016[(D_h / L) Re Pr]^{2/3}} \quad (9)$$

กรณีที่เป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

$$Nu = \frac{h_{hot} D_h}{k} = 0.023 Re^{0.8} Pr^x \quad (10)$$

Nu คือ ตัวเลขนัสเซลท์ (Nusselt number)

D_h คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (m)

K คือ ค่าสภาพการนำความร้อนกลาง (Thermal conductivity, $W/m \cdot K$)

Pr คือ ตัวเลขพรันด์เทิล (Prandtl number)

Re คือ ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number)

x คือ 0.3 สำหรับงานด้านเย็น และ 0.4 สำหรับงานด้านร้อน

เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (D_h) หาได้จาก

$$D_h = \frac{4A_c}{p} \quad (11)$$

A_c คือ พื้นที่หน้าตัดของของไหล (m^2)

p คือ ความยาวรอบหน้าตัดของของไหล (m)

ตัวเลขเรย์โนลด์ เป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลของของไหล

$Re < 2300$ การไหลแบบราบเรียบ

$2300 \leq Re$ การไหลแบบปั่นป่วน

$$Re = \frac{VD_h}{\nu} \quad (12)$$

ν คือ ความหนืดจลน์ของของไหล (m^2/s)

V คือ ความเร็วของของไหล (m/s)

ความเร็วของของไหลพิจารณาจาก

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho A_s}$$

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

หาอัตราการทำความเย็นจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในวัตถุด้วยการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุกับตัวกลาง ดังสมการ

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_{cold} C_{p,cold} (T_{cao} - T_{cai}) \quad (13)$$

คำนวณหาอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจากการสมดุลพลังงาน [40]

$$\dot{Q}_c = \alpha I T_c - 0.5 I^2 R - K(T_h - T_c) \quad (14)$$

เมื่อ $\dot{Q}_c$ คือ อัตราการทำความเย็น (W)

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) ทางทฤษฎี โดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนในระบบ Lumped

$$\frac{T_{hao} - T_h}{T_{hai} - T_h} = \exp \left(\frac{-A_s h_{hot}}{\dot{m}_{hot} C_{p,hot}} \right) \quad (15)$$

- เมื่อ T_{hao} คือ อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (K)
 T_{hai} คือ อุณหภูมิอากาศเข้าด้านร้อน (K)
 A_s คือ พื้นที่ผิวของครีบ (m^2)
 h_{hot} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านร้อน ($W/m^2 K$)
 •
 m_{hot} คือ อัตราการไหลอากาศเชิงมวลด้านร้อน (kg/s)
 Cp_{hot} คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศด้านร้อน (J/kg K)

ในการพิจารณา ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านร้อน มีหลักการพิจารณาเช่นเดียวกันกับการพิจารณาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านเย็น ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่นำเสนอสมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในวัตถุ ดังสมการ

$$Q_h = m_{hot} Cp_{hot} (T_{hai} - T_{hao}) \quad (16)$$

คำนวณหาอุณหภูมิด้านเย็นของเฮอร์โมอเล็กทริกจากการสมดุลพลังงาน

$$Q_h = \alpha T_h + 0.5 I^2 R - K(T_h - T_c) \quad (17)$$

เมื่อ Q_h คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การหาความจุของแบตเตอรี่ [49] ซึ่งจะคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Battery storage (Ah)} = \frac{P_{load}}{\eta_{inverter} \times \eta_{coulomb} \times V_{batt}} \quad (18)$$

- เมื่อ P_{load} คือ กำลังวัตต์รวม (Wh)
 $\eta_{inverter}$ คือ ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์
 $\eta_{coulomb}$ คือ ค่าประสิทธิภาพการคายประจุ
 V_{batt} คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [49] สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$PV_{\text{sizing}} (W) = \frac{P_{\text{load}}}{\eta_{\text{inverter}} \times \eta_{\text{due to dirt/temp loss}} \times \text{Hours}_{\text{of full sun}}} \quad (19)$$

เมื่อ $\eta_{\text{due to dirt/temp loss}}$ คือ ค่าประสิทธิภาพความสูญเสียของเซลล์แสงอาทิตย์
 $\text{Hours}_{\text{of full sun}}$ คือ ระยะเวลาในการประจุกำลังไฟฟ้าในแต่ละวัน (h)

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback period) คำนวณได้จากสมการ [56]

$$J = B \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (20)$$

เมื่อ J คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับ
 การทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์

B คือ ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

i คือ อัตราดอกเบี้ย

n คือ ระยะเวลาคืนทุน

3.6 การดำเนินการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง แบ่งการศึกษาออกเป็นดังนี้

3.6.1 ทดสอบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

- 1) การปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก
- 2) การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านเย็น
- 3) การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านร้อน

3.6.2 ทดสอบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม

- 1) การปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก
- 2) การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านเย็น
- 3) การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านร้อน

3.6.3 ทดสอบการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

เมื่อทำการทดลองตามขั้นตอนที่กล่าวมาครบในทุกกรณีแล้ว ซึ่งจะมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. การถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

- 1.1 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก
- 1.2 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านเย็น
- 1.3 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านครีبد้านร้อน
- 1.4 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

2. การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

4. การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง และกรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม