

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน และศึกษาการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อน ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย

4.1.1 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย

4.1.2 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อน

4.1.3 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็น

4.1.4 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์

4.1.5 สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

4.2 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

4.3 การทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์

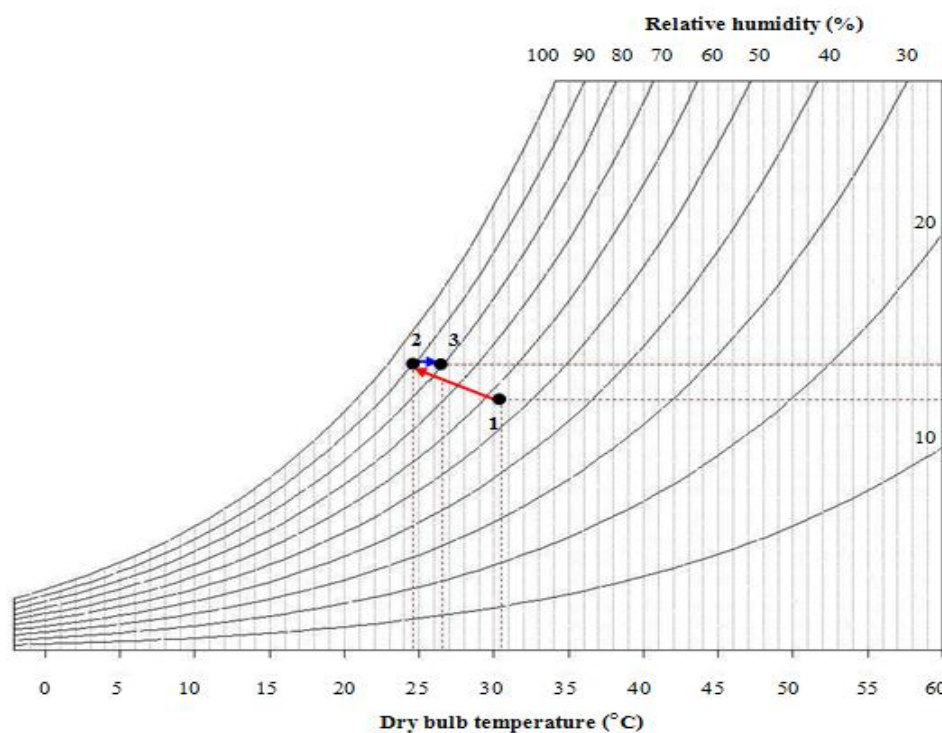
4.4 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย และกรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม

4.5 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

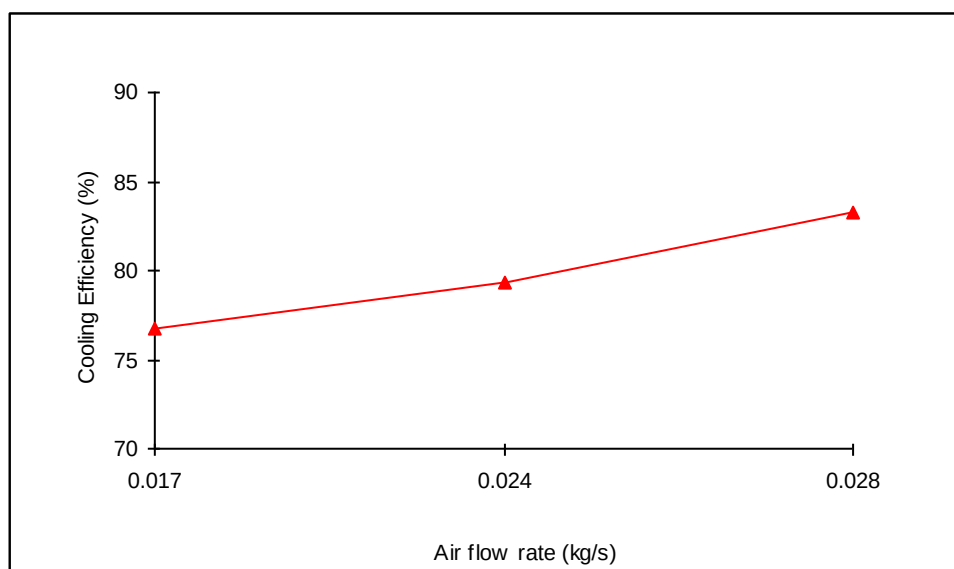
4.1 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย

4.1.1 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการนำระบบการทำความเย็นแบบระเหยมาใช้ลดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมก่อนนำมาระบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้แผงทำความเย็นแบบระเหย (Cooling pad) ขนาด 30 cm x 36 cm x 15 cm (กว้าง x ยาว x สูง) มีปั้มน้ำขนาด 29 W 220 V ส่งน้ำไปยังแผงทำระเหยที่อัตราการไหล 7 lpm โดยกำหนดอัตราการไหลอากาศผ่านแผงทำระเหย (ผ่านครีbsd้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์) 0.017 0.024 และ 0.028 kg/s ดังภาพประกอบ 4.1 อากาศแวดล้อมอุณหภูมิ 30.1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 56.5% ไหลผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหย มีอุณหภูมิลดลงเป็น 24.7°C และความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเป็น 89.9% ซึ่งเป็นกระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (จุด 1 ไปจุด 2) จากนั้นอากาศจะไหลผ่านพัดลมจึงมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (เนื่องจากความร้อนของมอเตอร์พัดลม) เป็น 26.3°C เป็นกระบวนการทำความร้อน (จุด 2 ไปจุด 3) ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิอากาศแวดล้อมได้ประมาณ 3.8°C ก่อนนำไประบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์



ภาพประกอบ 4.1 แผนภาพไซโครเมตริกแสดงกระบวนการทำความเย็นและเพิ่มความชื้น (จุด 1 ไปจุด 2) และกระบวนการทำความร้อน (จุด 2 ไปจุด 3) ก่อนนำอากาศไประบายความร้อน



ภาพประกอบ 4.2 ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศ ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A

การทดลองนี้ทำในสภาวะอากาศแวดล้อมที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเราทราบความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม (RH_a) และอุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศแวดล้อม (T_{ado}) ก็สามารถหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศแวดล้อม (T_{ad}) ได้ อากาศที่ผ่านแผงทำระเหยจะมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศ (T_{ado}) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH_o) เพิ่มขึ้น จากนั้นอากาศก็ไหลผ่านพัดลมทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (เนื่องจากความร้อนของมอเตอร์พัดลม) แล้วก็ไประบายความร้อนที่ครีبد้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก จึงทำให้อุณหภูมิอากาศขาออก (T_{hao}) เพิ่มขึ้น ซึ่งเราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย (η) ได้จากสมการ (1)

จากภาพประกอบ 4.2 ผลของประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศผ่านแผงทำระเหย (ผ่านครีبد้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก) 0.017 0.024 และ 0.028 kg/s ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A พบว่า ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความหนาของแผงทำระเหย อัตราการไหลอากาศ อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งในการทดลองใช้แผงทำระเหยความหนา 15 cm ประสิทธิภาพการทำความเย็นอยู่ระหว่าง 76.7% ถึง 83.3% ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Lertsatitthanakorn และคณะ [57] รายละเอียดแสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

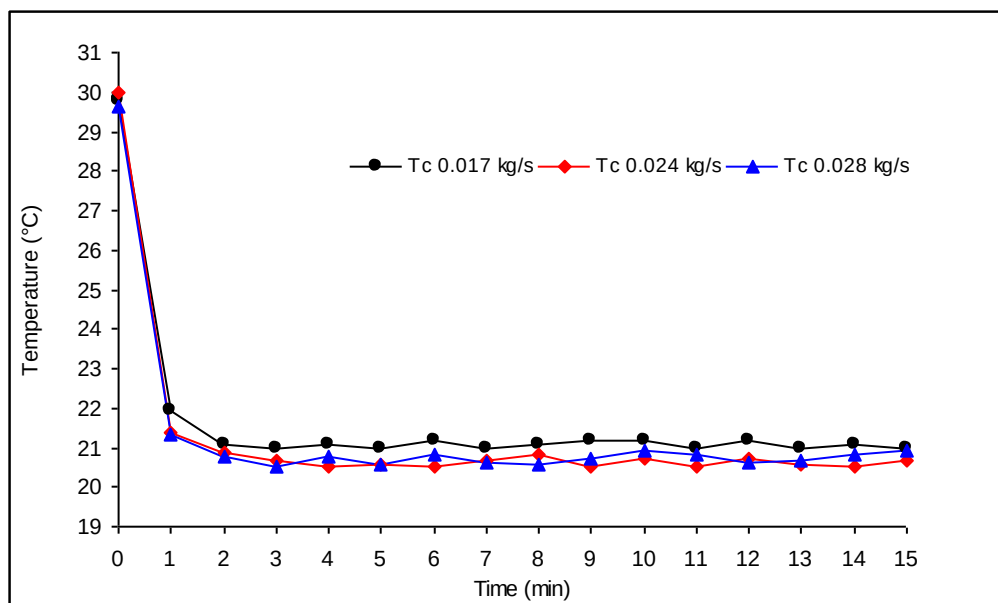
Air flow rate (kg/s)	RH_a (%)	T_{ad} (°C)	T_{aw} (°C)	T_{ado} (°C)	RH_o (%)	η (%)
0.017	56.7	30.2	23.4	25.0	89.0	76.7
0.024	56.5	30.1	23.3	24.7	89.9	79.3
0.028	57.0	30.3	23.5	24.4	89.4	83.3

เมื่อ RH_a คือ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม (%) RH_o คือ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศหลังผ่านแผงทำระเหย (%) T_{aw} คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศแวดล้อม (°C) T_{ad} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศแวดล้อม (°C) T_{ado} คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศหลังผ่านแผงทำระเหย (°C) η คือ ประสิทธิภาพการทำความเย็นแบบระเหย (Cooling Efficiency)

4.1.2 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

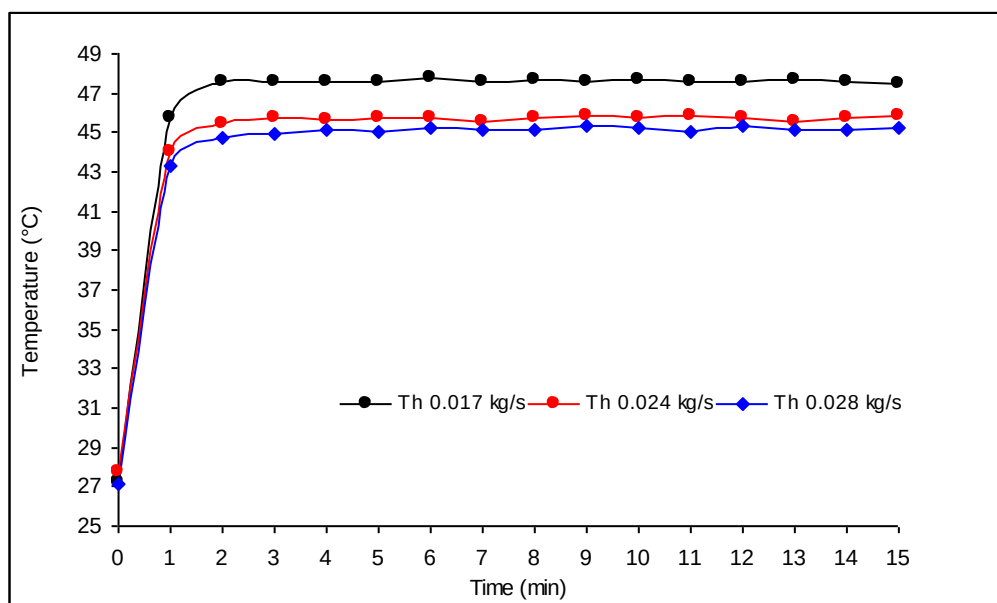
อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีผลต่ออุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำหนดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 4.5 A อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s ทำการปรับอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.017 0.024 และ 0.028 kg/s พบว่าเมื่ออัตราการไหลอากาศด้านร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกลดลงจาก 21.2°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.017 kg/s เป็น 20.7°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

0.024 kg/s และเป็น 20.8°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.028 kg/s ดังภาพประกอบ 4.3

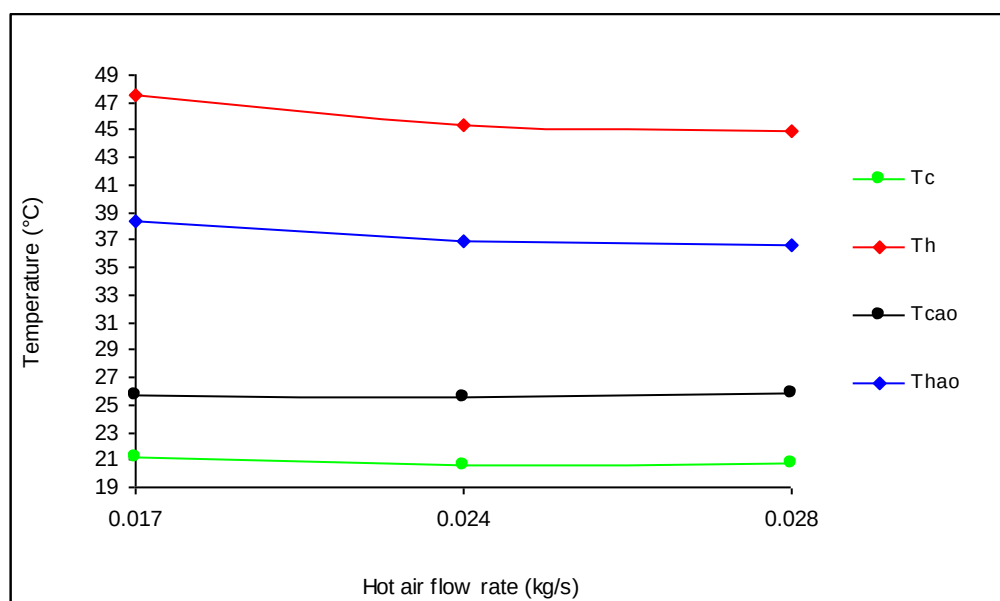


ภาพประกอบ 4.3 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

และพบว่าอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_H) มีแนวโน้มลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาเพิ่มขึ้น (ในการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของครีบจะประมาณให้อุณหภูมิที่ฐานครีบเท่ากับอุณหภูมิที่ผิวครีบ เมื่อเพิ่มอัตราการไหลอากาศ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนของครีบเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิที่ผิวครีบลดลง ดังสมการ $Q_{\text{convect}} = hA_s(T_s - T_\alpha)$ เมื่อ Q_{convect} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างครีบและของไหลบริเวณรอบ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน A_s คือ พื้นที่ผิว T_s คือ อุณหภูมิที่ผิว T_α คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม) โดยอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ลดลงจาก 47.5°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.017 kg/s เป็น 45.4°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s และเป็น 45.0°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.028 kg/s ดังภาพประกอบ 4.4



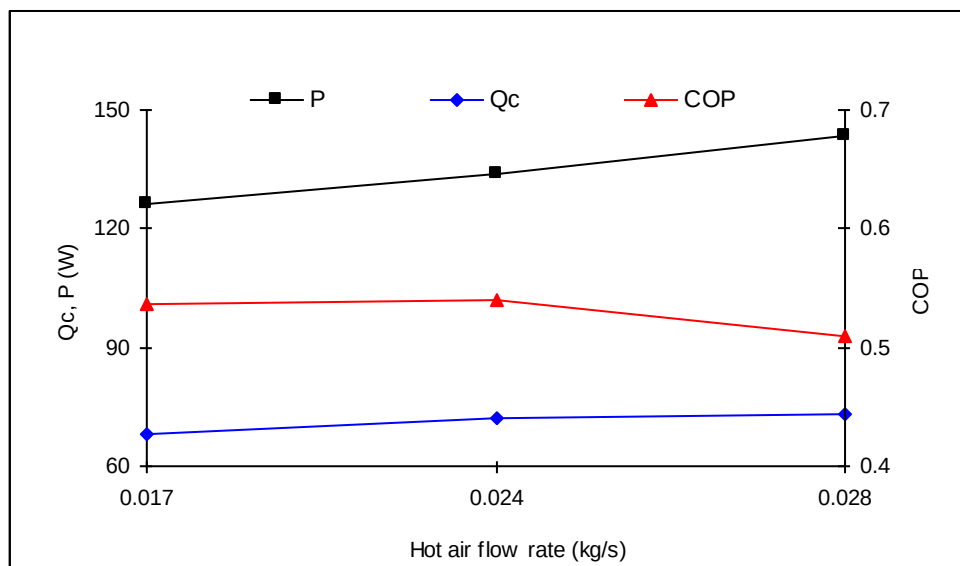
ภาพประกอบ 4.4 อุณหภูมิด้านร้อนของฮีทโมอีเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศ ด้านร้อนของฮีทโมอีเล็กทริก



ภาพประกอบ 4.5 อุณหภูมิฮีทโมอีเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของฮีทโมอีเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A

ภาพประกอบ 4.5 แสดงอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของฮีทโมอีเล็กทริกที่มีผลต่ออุณหภูมิฮีทโมอีเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก พบว่าเมื่ออัตราการไหลอากาศด้านร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิด้านเย็นของฮีทโมอีเล็กทริก (T_c) มีแนวโน้มลดลง อยู่ระหว่าง 21.2°C

ถึง 20.7°C และส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นมีค่าอยู่ระหว่าง 25.5 ถึง 25.8°C และพบว่า อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) มีแนวโน้มลดลงเป็น 47.5 45.4 และ 45.0°C ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Lertsatitthanakorn C. และคณะ (2001 : 453-457) และส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนมีอุณหภูมิลดลงเป็น 38.3 37.0 และ 36.6°C



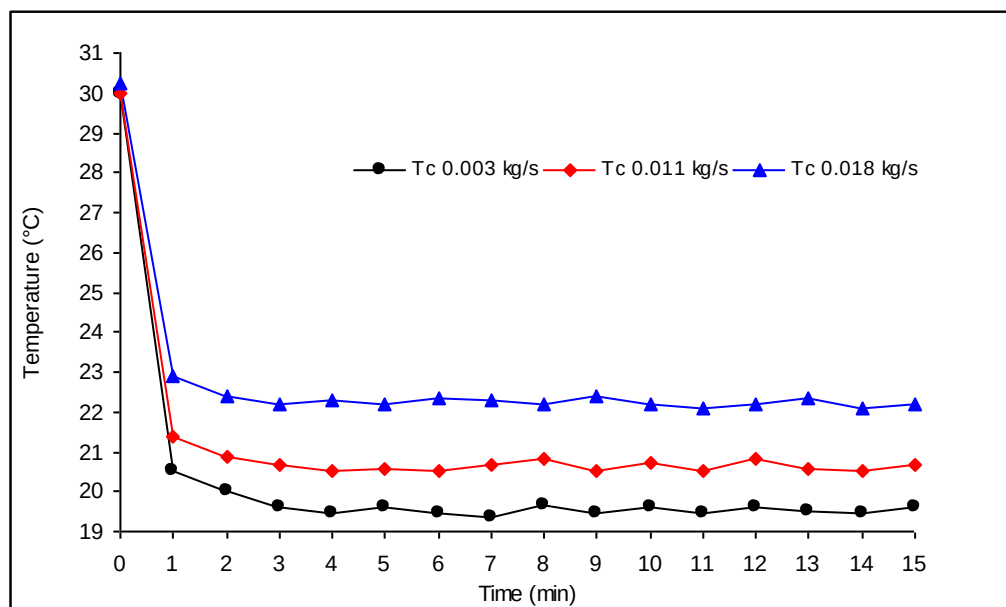
ภาพประกอบ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A

จากภาพประกอบ 4.6 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A มีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) อัตราการทำความเย็น (Q_c) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ (P) พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลอากาศ ทำให้อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ COP มีค่าอยู่ระหว่าง 0.51 ถึง 0.54 และที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อน 0.024 kg/s มีค่า COP สูงสุด คือ 0.54

4.1.3 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

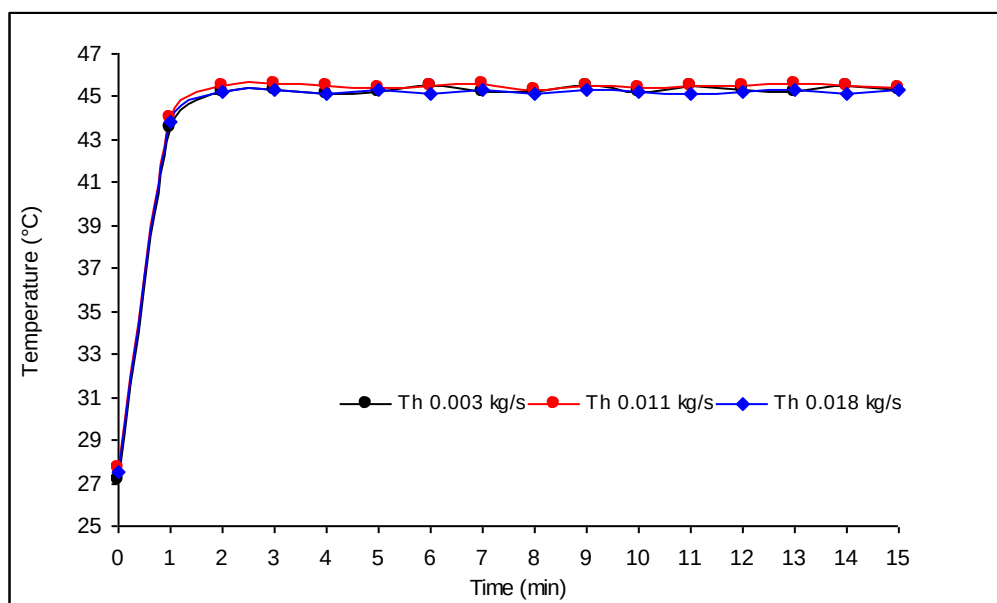
อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีผลต่ออุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำหนดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 4.5 A อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s ทำการปรับอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.003 0.011 และ 0.017 kg/s พบว่า เมื่ออัตราการไหลอากาศด้านเย็นเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นจาก 19.6°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.003 kg/s เป็น 20.6°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของ

เทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s และเป็น 22.2°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.018 kg/s ดังภาพประกอบ 4.7

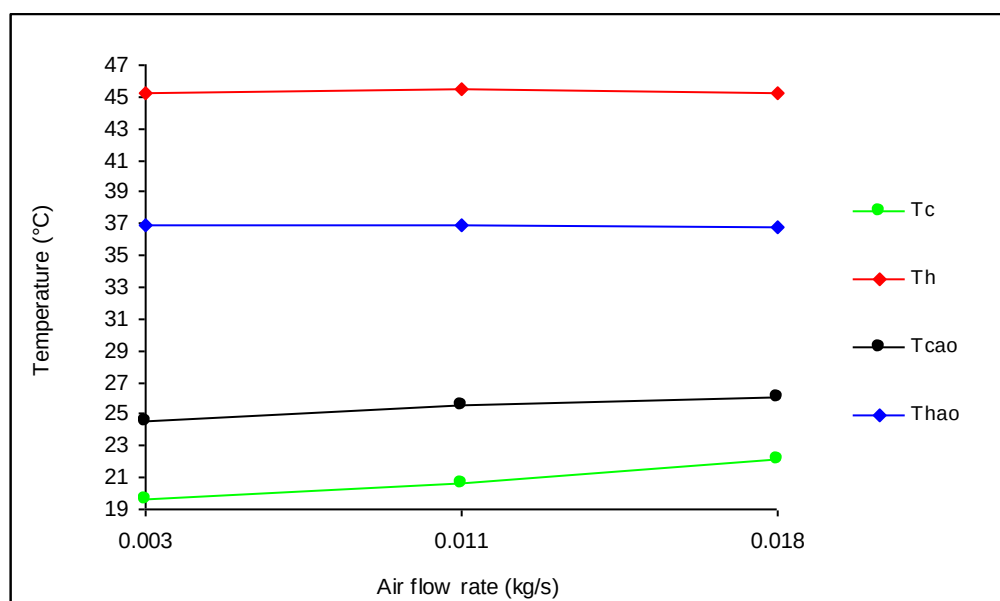


ภาพประกอบ 4.7 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

ในขณะที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกถูกกำหนดด้วยอัตราการไหลอากาศ 0.024 kg/s ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคงที่ ส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาคงที่ จึงทำให้อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่า 45.4°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.003 kg/s มีค่า 45.2°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s และมีค่า 45.3°C ที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.018 kg/s ดังภาพประกอบ 4.8



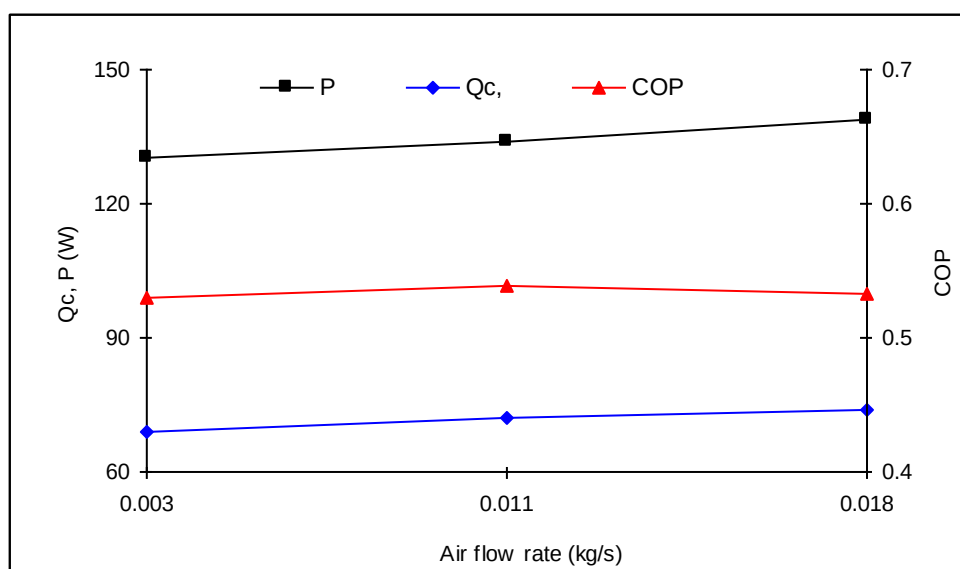
ภาพประกอบ 4.8 อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศ ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพประกอบ 4.9 อุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A

ภาพประกอบ 4.9 แสดงอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีผลต่ออุณหภูมิเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศขาออก พบว่า เมื่ออัตราการไหลอากาศด้านเย็นเพิ่มขึ้น อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) เพิ่มขึ้น เพราะค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ร้อนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาเพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 19.6 20.6 และ 22.2°C ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 24.5 25.5 และ 26.0°C ด้วย ในขณะที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกถูกกำหนดด้วยอัตราการไหลอากาศ 0.024 kg/s ทุกเงื่อนไขการทดลอง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคงที่จึงส่งผลให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาคงที่จึงทำให้อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) ไม่แตกต่างกันมากนัก มีอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกประมาณ 45°C และส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนประมาณ 36.9°C



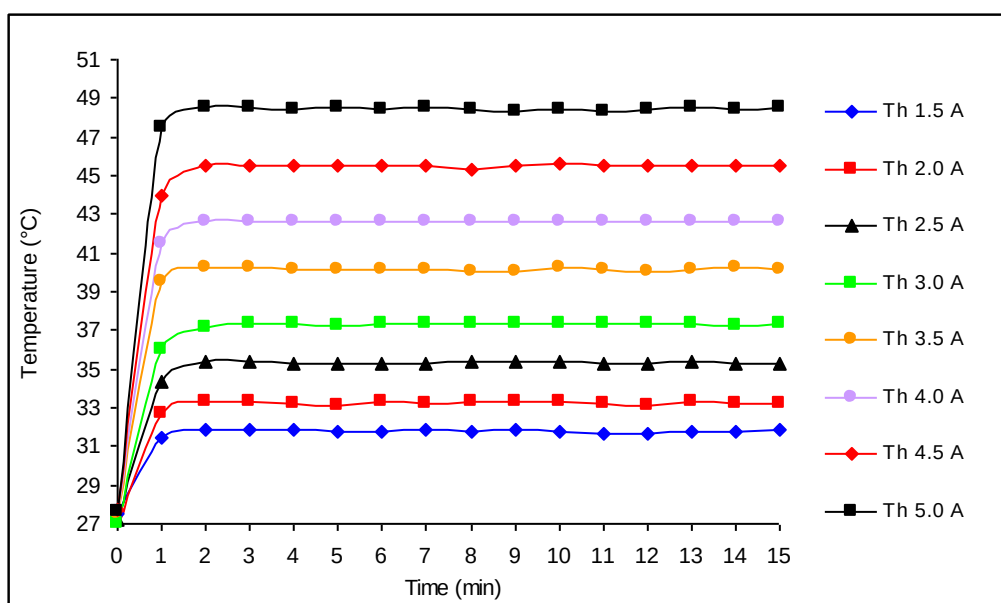
ภาพประกอบ 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A

จากภาพประกอบ 4.10 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A มีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลอากาศ ทำให้อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ COP มีค่าอยู่ระหว่าง 0.53 ถึง 0.54 และที่อัตราการไหลอากาศด้านเย็น 0.011 kg/s มีค่า COP สูงสุด คือ 0.54

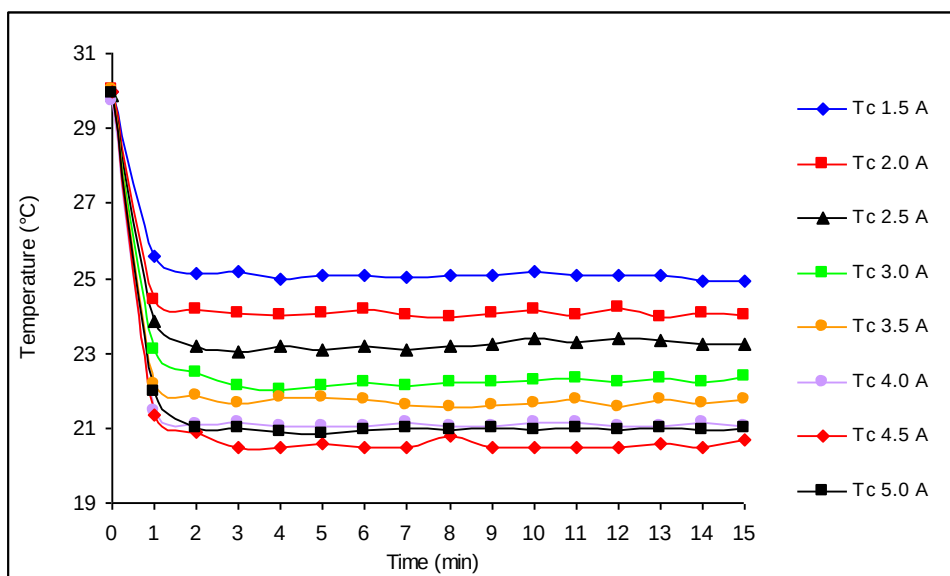
4.1.4 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก

ภาพประกอบ 4.11 และ 4.12 แสดงอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำหนดอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s และอัตราการไหลของน้ำผ่านแผงทำระเหย 7 lpm ทำการปรับกระแสทั้งหมด 8 ค่า ได้แก่ 1.5 A ถึง 5 A โดยปรับขึ้นครั้งละ 0.5 A ผลการทดลอง พบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้น อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลง จาก 25.1°C ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 A เป็น 20.6°C ที่กระแสไฟฟ้า 4.5 A แต่เมื่อเพิ่ม

กระแสไฟฟ้าเป็น 5 A อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกกลับเพิ่มขึ้นเป็น 20.9°C ทั้งนี้เนื่องจากผลของ Joule heating ในรูปของ I^2R ดังสมการ (2) มีผลมากกว่าอัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 31.8°C ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 A เป็น 48.3°C ที่กระแสไฟฟ้า 5.0 A และพบว่า อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 29.8 - 30.1°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 54.8 - 57.8% อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น 31.0 - 31.2°C อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อน 26.3 - 26.5°C อุณหภูมิน้ำ 24.2 - 24.6°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่แผงทำระเหย 89.7 - 90.2%

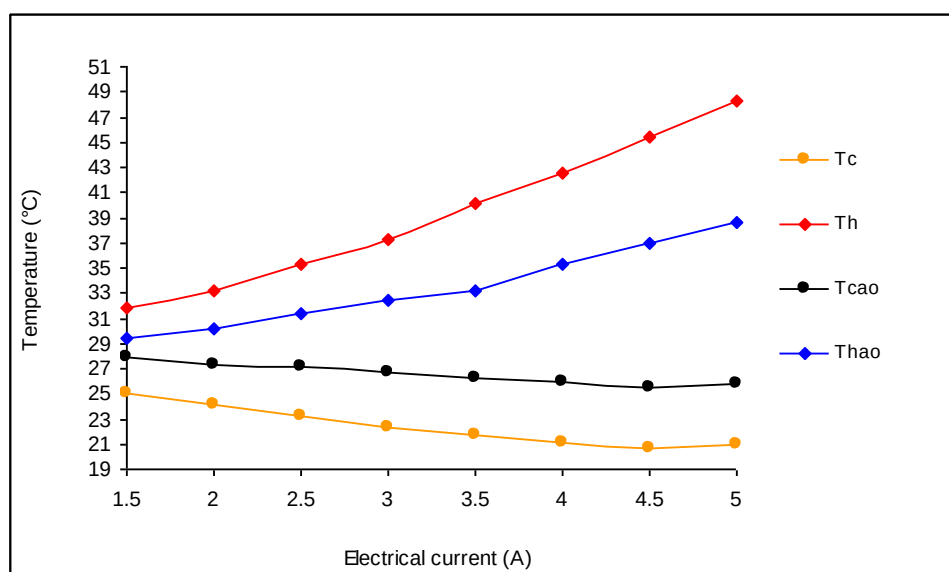


ภาพประกอบ 4.11 อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก



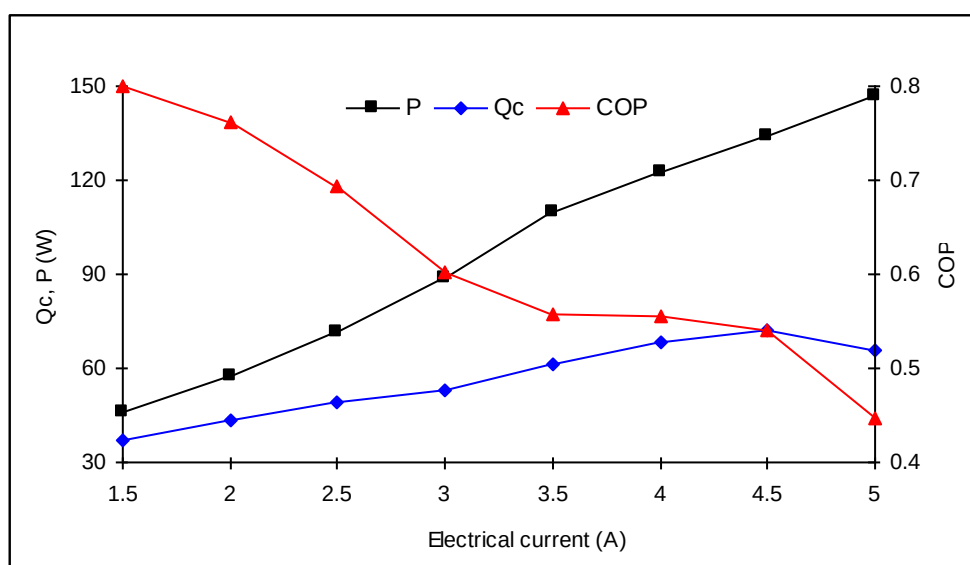
ภาพประกอบ 4.12 อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก

ผลอุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (T_{hao}) และอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (T_{cao}) ของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้า 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.5 และ 5.0 A ดังภาพประกอบ 4.13 พบว่า เมื่อเพิ่มการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกจะทำให้อุณหภูมิด้านร้อน (T_h) ของเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนเพิ่มขึ้นดังตาราง ข.1 และทำให้อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) ของเทอร์โมอิเล็กทริกลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นลดลงดังตาราง ข.2



ภาพประกอบ 4.13 อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนและอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก

จากภาพประกอบ 4.14 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับฮีโรโมอีเล็กทริกมีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) อัตราการทำความเย็น (Q_c) และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ (P) พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ฮีโรโมอีเล็กทริก อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าอัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นจาก 36.98 เป็นค่าสูงสุด 72.16 W ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A. จากนั้นมีค่าลดลง ขณะที่ COP มีค่าลดลงจาก 0.80 เป็น 0.45

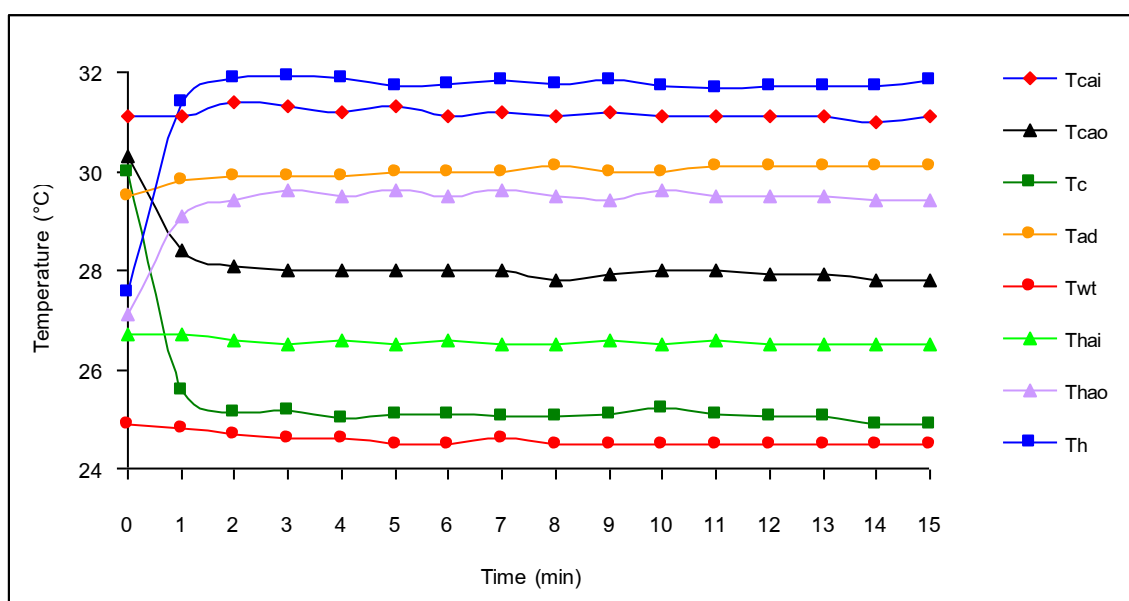


ภาพประกอบ 4.14 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อปรับเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ฮีโรโมอีเล็กทริก

4.1.5 สถานะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องปรับอากาศฮีโรโมอีเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

จากการศึกษาระบบปรับอากาศฮีโรโมอีเล็กทริกที่ระบายความร้อนด้วยการทำความเย็นแบบระเหย ด้วยเงื่อนไข การปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ฮีโรโมอีเล็กทริก การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านร้อนฮีโรโมอีเล็กทริก การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลอากาศด้านเย็นฮีโรโมอีเล็กทริก เมื่อพิจารณาถึงค่า COP อัตราการไหลอากาศด้านเย็น อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นสำหรับนำไปใช้ในการปรับอากาศ และจากการศึกษาสถานะความสบายเชิงความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบฮีโรโมอีเล็กทริกขนาดเล็กของ Maneewan และคณะ พบว่า คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายที่อุณหภูมิประมาณ 28°C ความเร็วลมในการปรับอากาศประมาณ 0.9 m/s จึงสรุปได้ว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมคือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ฮีโรโมอีเล็กทริก 1.5 A อัตราการไหลอากาศด้านเย็นของฮีโรโมอีเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อนของฮีโรโมอีเล็กทริก 0.024 kg/s และอัตราการไหลของน้ำผ่านแผงทำระเหย 7 lpm ดังภาพประกอบ 4.15 แสดงอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ พบว่า ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 นาที อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{ad}) 30.0°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 57.0% อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (T_{cai}) 31.2°C (อากาศไหลผ่านพัดลมทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนของมอเตอร์พัดลม) อุณหภูมิด้านเย็นของฮีโรโมอีเล็กทริก (T_c) ลดลงจาก 30.0°C เป็น

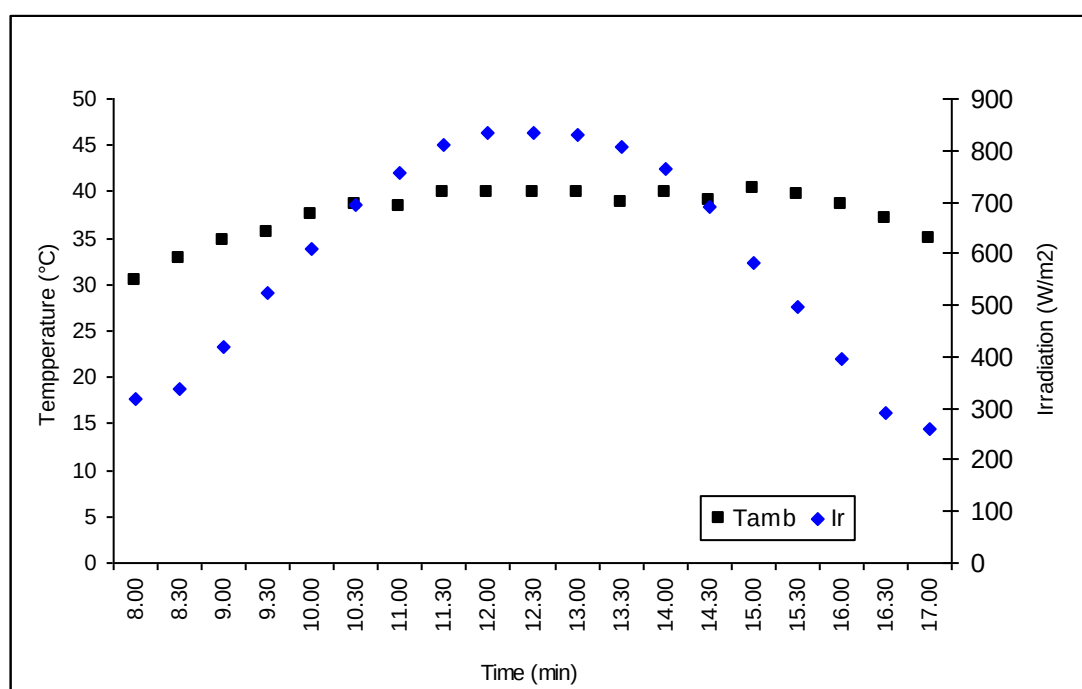
25.1°C อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (T_{cao}) ลดลงจาก 30.3°C เป็น 28.0°C ส่วนอุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อน (T_{hai}) 26.7°C (เนื่องจากผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหย อุณหภูมิน้ำ (T_{wt}) 24.7°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่แผงทำระเหย 89.5%) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) เพิ่มขึ้นจาก 27.6°C เป็น 31.8°C อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (T_{hao}) เพิ่มขึ้นจาก 27.1°C เป็น 29.5°C ให้ อัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 36.98 W มีค่า COP 0.80



ภาพประกอบ 4.15 อุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนด้วยการทำความเย็นแบบระเหยที่การจ่ายกระแสไฟฟ้า 1.5 A

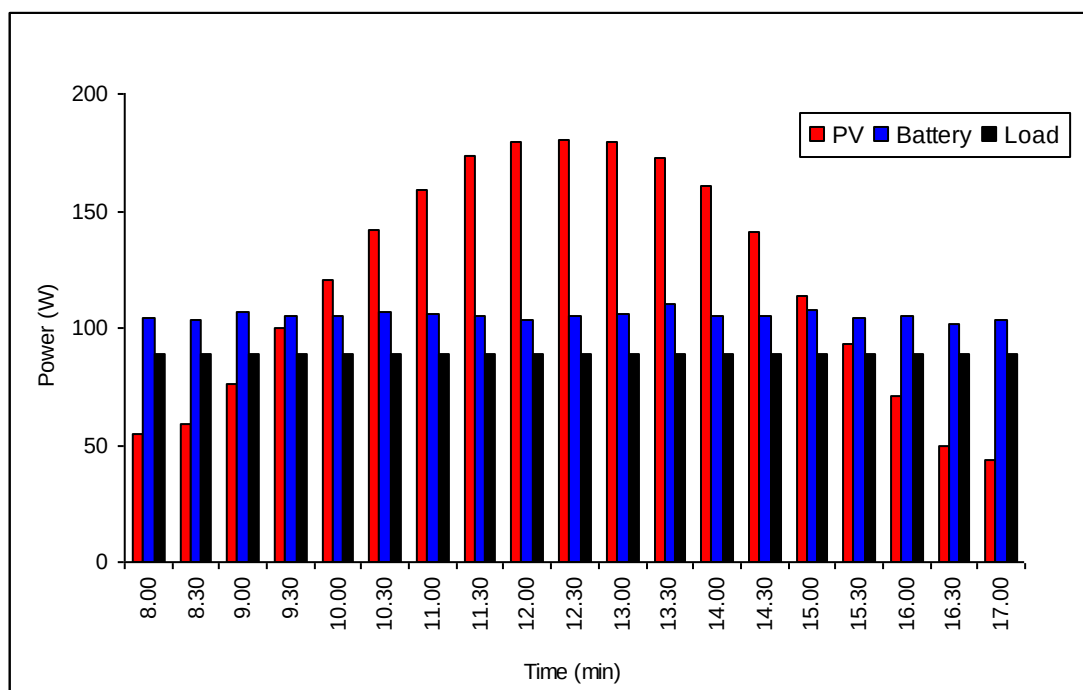
4.2 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขับเคลื่อนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหย

ผลของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิแวดล้อม ภาพประกอบ 4.16 แสดงสภาพอากาศวันที่ 10 เมษายน 2554 เริ่มทดลองเมื่อเวลา 8.00 น. สภาพอากาศปลอดโปร่ง วัดค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ได้ (G_T) 317.48 W/m² และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อทำการวัดทุก 30 นาที จนได้ค่าสูงสุดที่ 835.29 W/m² เมื่อเวลา 12.30 น. มีอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอก (T_{amb}) 39.9 °C และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอกสูงสุดที่ 40.1 °C ในเวลา 15.00 น. ต่อมาค่าความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าลดลงเรื่อยๆ จนถึงค่า 259.81 W/m² เมื่อสิ้นสุดการทดลองเวลา 17.00 น. ซึ่งได้ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 592.30 W/m² อุณหภูมิแวดล้อมภายนอกเฉลี่ย มีค่า 37.7 °C และพบว่า ในช่วงเวลา 11.00 – 14.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์มากที่สุด



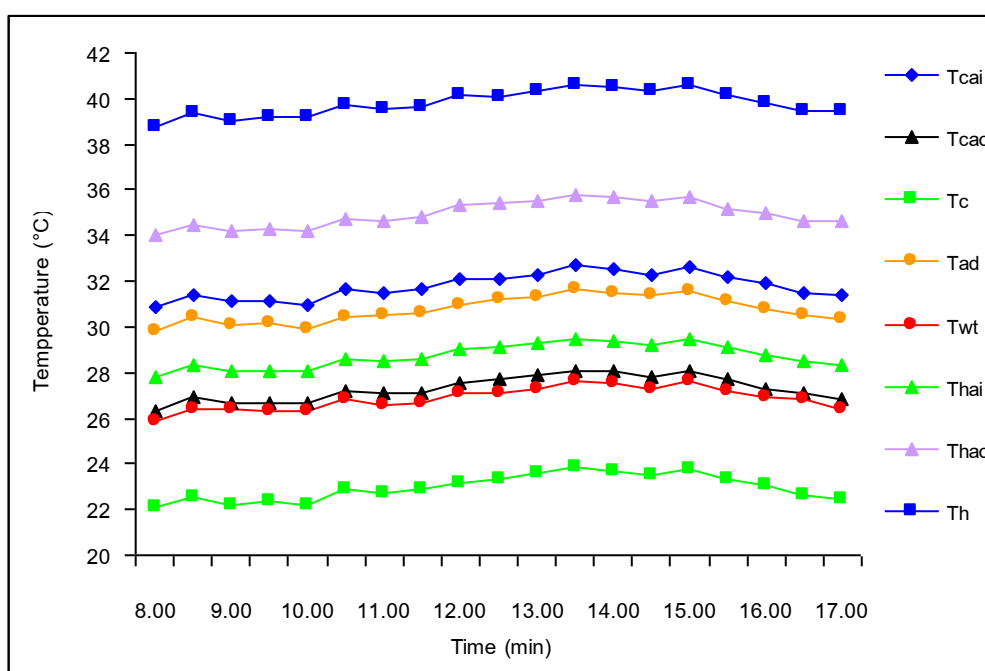
ภาพประกอบ 4.16 ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมภายนอก วันที่ 10 เมษายน 2554

ผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า เมื่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์แปรผันตรงกับกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (P_{PV}) โดยกำลังไฟฟ้า เริ่มมีการเพิ่มขึ้น จนเวลา 10.00 - 15.00 น. กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ 180.55 W ที่เวลา 12.30 น. ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 835.29 W/m²) มีค่ามากกว่าการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก (เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกต้องการใช้กำลังไฟฟ้า 88.51 W) ส่วนช่วงเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำกว่าความต้องการของระบบปรับอากาศก็จะใช้พลังงานร่วมกับแบตเตอรี่ (กำลังไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่เฉลี่ย 105.2 W) จะเห็นว่าระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพประกอบ 4.17 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกต้องการ

ผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำหนดอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s และอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3.0 A แสดงดังภาพประกอบ 4.18 ทดสอบเมื่อวันที่ 10 เมษายน 2554 ตั้งแต่เวลา 8.00 - 17.00 น. พบว่า ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 นาที อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ยในสถานที่ทดสอบ (T_{ad}) 30.9°C ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ย 54.4% อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (T_{cai}) 31.9°C อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) ลดลงจาก 30.3°C เป็น 23.1°C อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็น (T_{cao}) ลดลงจาก 30.0°C เป็น 27.4°C ส่วน อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อนเฉลี่ย (T_{hai}) 28.8°C (เนื่องจากผ่านชุดทำความเย็นแบบระเหย อุณหภูมิ น้ำ $T_{wt} = 27.2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่แผงทำระเหย 89.6%) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) เพิ่มขึ้นจาก 28.3°C เป็น 39.9°C อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อน (T_{hao}) เพิ่มขึ้นจาก 28.2°C เป็น 35.0°C เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกใช้กำลังไฟฟ้ารวม 88.51 W อัตราการทำความเย็น (Q_c) 58.98 W มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) 0.67 และพบว่าอุณหภูมิของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่เวลาประมาณ 12.00 - 15.00 น. เนื่องจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในสถานที่ทดสอบ (T_{ad}) เพิ่มขึ้น มีค่าสูงสุด 31.7°C ที่เวลา 13.30 น.

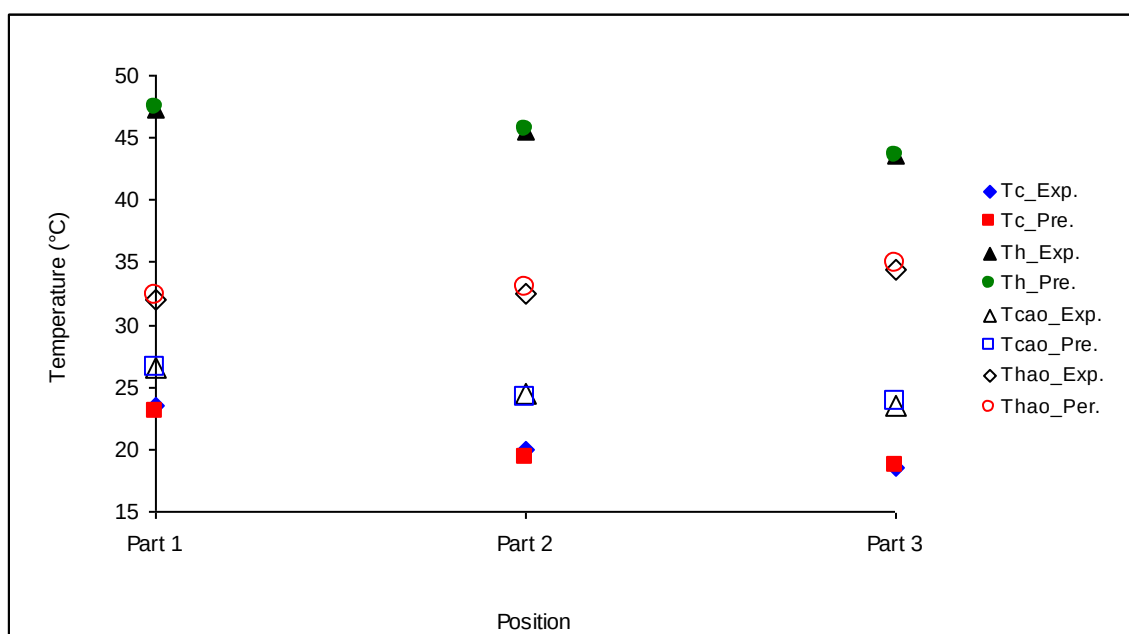


ภาพประกอบ 4.18 ค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

จากผลการศึกษา พบว่า ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกคือ 88.51 W ที่สภาวะการทำงาน การจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก 3.0 A อัตราการไหลอากาศด้านเย็น 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อน 0.024 kg/s อัตราการไหลของน้ำผ่านแผงทำระเหย 7 lpm ที่อุณหภูมิน้ำ (T_{wt}) 27.2°C อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{ad}) 30.9°C ซึ่งจะให้อัตราการทำความเย็น 58.98 W สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น 0.67 และอุณหภูมิขาออก (อุณหภูมิอากาศเย็น : T_{cao}) 27.4°C ระบบนี้สามารถลดอุณหภูมิของอากาศลง ทำให้เกิดภาวะน่าสบาย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในทางเทคนิคที่จะพัฒนาเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้เกิดความสบายเฉพาะบุคคล เพื่อเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและความสิ้นเปลืองพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

4.3 การทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก

ผลการศึกษาการทำนายอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกเปรียบเทียบกับผลการทดลอง เมื่อกำหนดอัตราการไหลอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s และอัตราการไหลอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A ดังภาพประกอบ 4.19 แสดงผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละโมดูล ที่ตำแหน่งต่างๆระหว่างการทดลองและการทำนาย พบว่าสภาวะเริ่มต้นที่อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็น (T_{cai}) ประมาณ 31.2°C อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) ตั้งแต่โมดูลที่หนึ่งถึงโมดูลที่สามมีแนวโน้มลดลง โดยมีความคลาดเคลื่อน 0.46% 1.23% และ 0.56% ตามลำดับ จึงส่งผลให้อากาศไหลผ่านครีبد้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีแนวโน้มของอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นลดลงตามลำดับ มีความคลาดเคลื่อน 2.46% 3.59% และ 1.09% ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4.19 การเปรียบเทียบอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างการทดลองและการทำนาย

ในขณะที่ด้านร้อนพบว่าสภาวะเริ่มต้นที่อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อน (T_{hai}) ประมาณ 26.3°C ซึ่งเข้ามารับความร้อน ตั้งแต่โมดูลที่หนึ่งถึงโมดูลที่สามทำให้อุณหภูมิอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_{hao}) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีความคลาดเคลื่อน 2.33% 0.96% และ 0.82% ตามลำดับ แต่กลับพบว่าอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลต่างของอุณหภูมิอากาศขาเข้าและขาออกของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมีค่าลดลง ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพามีค่าลดลงจึงส่งผลให้อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลง โดยมีความคลาดเคลื่อน 0.62% 0.71% และ 0.82% ตามลำดับ

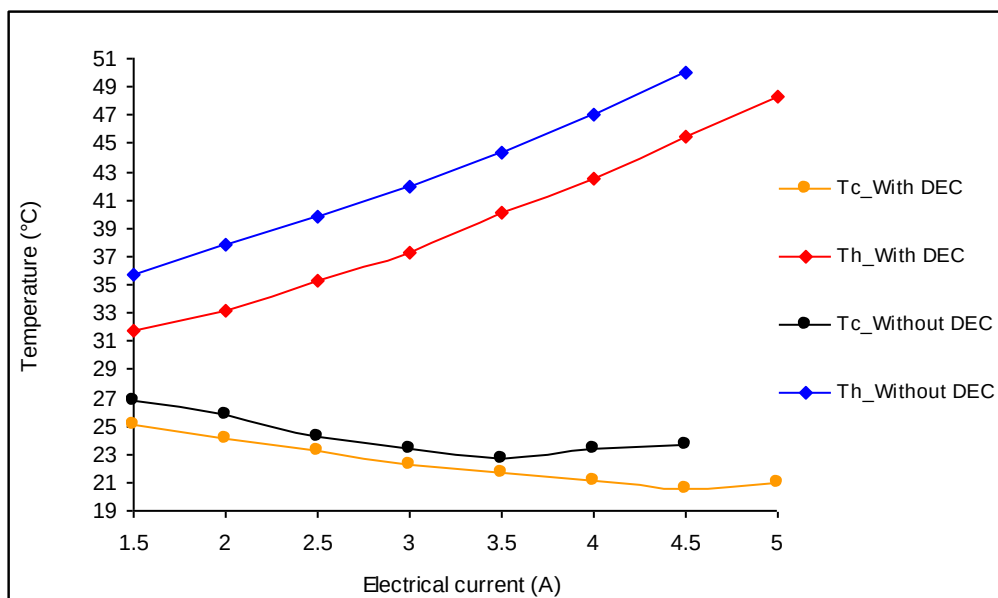
ตาราง 4.2 ค่าความคลาดเคลื่อน ค่าอุณหภูมิจากการทดลองและการทำนาย

Position	TE module 1		TE module 2		TE module 3	
	Temperature (°C)	Error (%)	Temperature (°C)	Error (%)	Temperature (°C)	Error (%)
T _{c_Exp.}	23.5	0.46	20.0	1.23	18.6	0.56
T _{c_Pre.}	23.1		19.3		18.7	
T _{h_Exp.}	47.2	0.62	45.5	0.71	43.6	0.82
T _{h_Pre.}	47.4		45.7		43.6	
T _{cao_Exp.}	26.5	2.46	24.5	3.59	23.5	1.09
T _{cao_Pre.}	26.6		24.1		23.8	
T _{hao_Exp.}	32.0	2.33	32.5	0.96	34.5	0.82
T _{hao_Pre.}	32.3		33.0		34.9	

ตาราง 4.2 แสดงอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทดลอง (T_{c_Exp.}) อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทำนาย (T_{c_Pre.}) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทดลอง (T_{h_Exp.}) อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทำนาย (T_{h_Pre.}) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็นจากการทดลอง (T_{cao_Exp.}) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านเย็นจากการทำนาย (T_{cao_Pre.}) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อนจากการทดลอง (T_{hao_Exp.}) อุณหภูมิอากาศขาเข้าด้านร้อนจากการทำนาย (T_{hao_Pre.}) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ซึ่งหาได้จาก

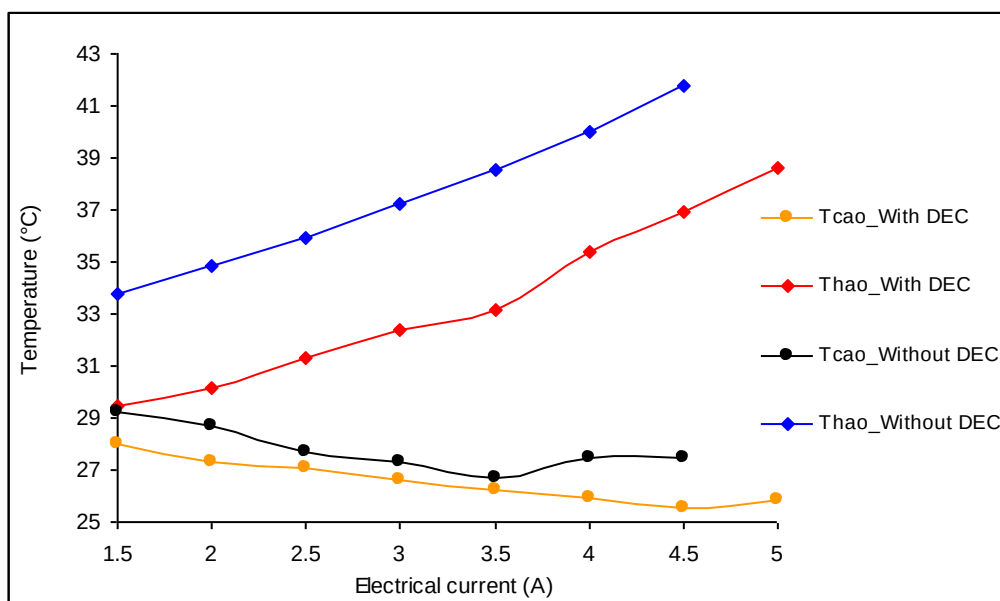
$$\text{Error(\%)} = \frac{(\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่าจากการทำนาย}) \times 100}{\text{ค่าจากการทำนาย}} \quad (21)$$

4.4 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก กรณีระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย และกรณีระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม



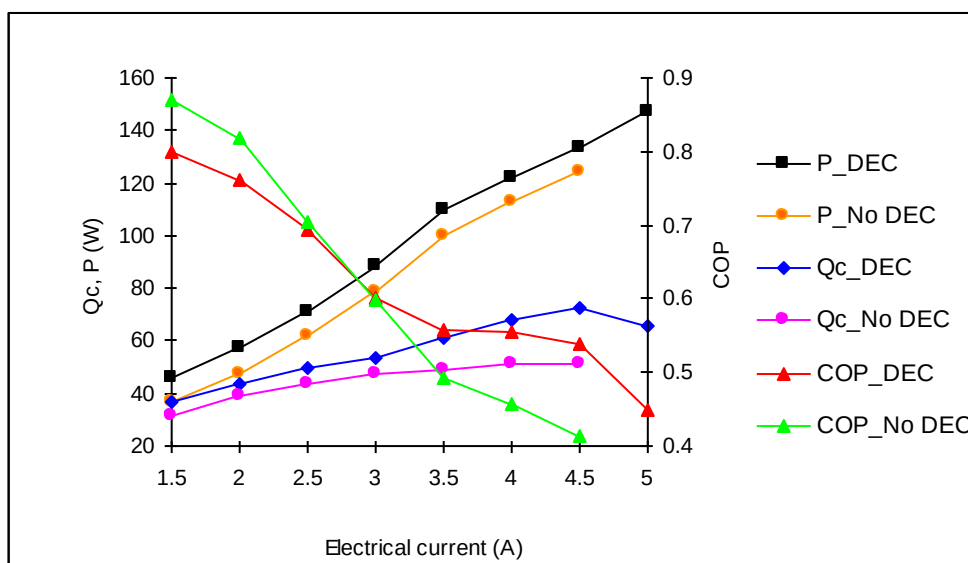
ภาพประกอบ 4.20 อุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม

การเปรียบเทียบอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย (Direct Evaporative Cooling : DEC) กับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม (Without DEC) เมื่อกำหนดอัตราการไหลของอากาศด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.011 kg/s อัตราการไหลของอากาศด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก 0.024 kg/s ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 1.5 A ถึง 5 A ดังภาพประกอบ 4.20 พบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้น อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าลดลง การระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยสามารถทำให้อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ($T_{c_With\ DEC}$) ลดลงได้ต่ำกว่าการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ($T_{c_Without\ DEC}$) โดย $T_{c_With\ DEC}$ ต่ำสุดคือ 20.6°C ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A แต่ $T_{c_Without\ DEC}$ ต่ำสุดคือ ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3.5 A จากนั้นเมื่อเพิ่มอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าก็จะเกิดผลของ Joule heating ในรูปของ I^2R ทำให้อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าเดียวกัน พบว่า การนำระบบการทำความเย็นแบบระเหยมาใช้ในการระบายความร้อน สามารถลดอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีกว่าการใช้อากาศแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น ที่อัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย ($T_{h_With\ DEC}$) 45.4°C แต่อุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ($T_{h_Without\ DEC}$) 50.0°C



ภาพประกอบ 4.21 อุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนและอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม

จากภาพประกอบ 4.21 พบว่า อุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย ($T_{cao_With\ DEC}$) มีอุณหภูมิลดลงจนถึงอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ 25.5°C จากนั้นก็เพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ($T_{cao_Without\ DEC}$) มีอุณหภูมิลดลงจนถึงอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3.5 A มีอุณหภูมิต่ำสุด คือ 26.7°C จากนั้นจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งอุณหภูมิอากาศขาออกด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมีแนวโน้มตามอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก ส่วนอุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย ($T_{hao_With\ DEC}$) มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 5.0 A มีอุณหภูมิสูงสุด คือ 38.6°C ส่วนอุณหภูมิอากาศขาออกด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ($T_{hao_Without\ DEC}$) มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4.5 A มีอุณหภูมิสูงสุด คือ 41.8°C โดยมีแนวโน้มตามอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพประกอบ 4.22 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็น และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ เมื่อเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม

ผลเปรียบเทียบการระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหยกับการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม มีผลต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น อัตราการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าอัตราการทำความเย็นที่ใช้การระบายความร้อนแบบการทำความเย็นแบบระเหย ($Q_{c_With\ DEC}$ สูงสุด 72.16 W) มีค่าสูงกว่าการระบายความร้อนแบบใช้อากาศแวดล้อม ($Q_{c_Without\ DEC}$ สูงสุด 51.52 W) ในขณะที่การระบายความร้อนโดยใช้การทำความเย็นแบบระเหย ($P_{With\ DEC}$) ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าการระบายความร้อนโดยใช้อากาศแวดล้อม ($P_{Without\ DEC}$) เนื่องจากมีการจ่ายพลังงานให้กับปั๊มน้ำเพิ่มขึ้น ($P_p = 9.75\ W$) จึงส่งผลให้ค่า $COP_{With\ DEC}$ บางการทดลองมีค่าน้อยกว่า $COP_{Without\ DEC}$ โดย $COP_{With\ DEC}$ มีค่าสูงสุด 0.80 ส่วน $COP_{Without\ DEC}$ มีค่าสูงสุด 0.87

4.5 ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการหาระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ตาราง 4.3 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคาหน่วย	จำนวนเงิน (Bath)
1.	ชุดปรับอากาศเทอร์โมอิเล็กทริก			
	- เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	3	300	900
	- ครัวระบายความร้อน	6	180	1,080
	- พัดลม	2	750	1,500
2.	ชุดเซลล์แสงอาทิตย์			
	- เซลล์แสงอาทิตย์	1	1,800	1,800
	- แบตเตอรี่	1	1,700	1,700
	- อินเวอร์เตอร์	1	750	750
3.	ชุดทำความเย็นแบบระเหย			
	- ปั๊มน้ำขนาดเล็ก	1	200	200
	- แผงทำระเหย	1	300	300
ค่าใช้จ่ายรวม				8,230

Maneewan และคณะ [59] ศึกษาสภาวะความสบายเชิงความร้อนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกขนาดเล็ก พบว่า คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายที่อุณหภูมิประมาณ 28°C ความเร็วลมในการปรับอากาศประมาณ 0.9 m/s และจากการทดสอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 โดยการทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะทำการปรับภาวะที่อุณหภูมิลมกลับเข้า Fan coil Unit อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27±1°C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 19±0.5°C และอุณหภูมิลมก่อนเข้า Condensing Unit อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 35±1°C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 24 ± 0.5°C ซึ่งทดสอบกับเครื่องปรับอากาศ Carrier รุ่น 42TSU-Series แบบติดผนัง (Wall Type) Fan coil Unit รุ่น 42TSU012-703 Condensing Unit รุ่น 38TSU012-703 ขนาด 12,110 Btu/h มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,019 W ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio : EER) 11.88 (Btu/h)/W [60] หลักการหาภาระของการปรับอากาศ เมื่อพิจารณาแหล่งที่มาความร้อนจากหลังคาผนัง กระจก บุคคล เครื่องใช้ไฟฟ้า การระบายอากาศ [61] ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด

12,000 Btu/h จะได้ห้องที่มีลักษณะไม่โดนแสงอาทิตย์ขนาดพื้นที่ประมาณ 16-20 m² และจากมาตรฐานอาคารประเภทที่ทำการของราชการ พ.ศ. 2521 กำหนดว่าพื้นที่ทำงานของผู้ปฏิบัติงานข้าราชการและพนักงาน 4.5 ตารางเมตร/คน[62] ดังนั้นในห้องที่มีพื้นที่ปรับอากาศ 16-20 m² จะมีผู้ปฏิบัติงานประมาณ 4 คน เมื่อเราเปรียบเทียบการใช้พลังงาน โดยพิจารณาจำนวนผู้ปฏิบัติงานในห้อง 1 คน ระหว่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) กับเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (TE Air conditioner) ที่สภาวะการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เทอร์โมอิเล็กทริก 1.5 A (อัตราการไหลอากาศด้านเย็น 0.011 kg/s อัตราการไหลอากาศด้านร้อน 0.024 kg/s และอัตราการไหลน้ำผ่านแผงทำระเหย 7 lpm ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุปกรณ์ เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 W จำนวน 1 แผง แบตเตอรี่ขนาด 70 Ah จำนวน 1 ตัว และอินเวอร์เตอร์ขนาด 500 W จำนวน 1 ตัว ซึ่งในวันที่ไม่มีแดด ระบบยังสามารถใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ได้เพียงพอ) โดยพิจารณาการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศทั้งสองชนิดในหนึ่งปีจำนวน 270 วัน วันละ 8 h ซึ่งประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน คือเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม ฤดูฝน คือเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ฤดูหนาว คือเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม (Khedari J. : 2002) [63] จึงสมมติให้มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศในฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งมีระยะเวลา 9 เดือน ระยะเวลาคืนทุนถูกนำมาพิจารณาเพื่อกำหนดระยะเวลาที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยพิจารณาจากอัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อของธนาคารพาณิชย์ต่อปี 7% (ข้อมูลวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2556) ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า 3 Bath/kWh รายละเอียดแสดงดังตาราง A การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน คิดเป็น 2200.5 kWh/year ส่วนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ ไม่ได้คิดการใช้พลังงานเนื่องจากใช้พลังงานจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จึงทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 2200.5 kWh/year สามารถประหยัดค่าไฟฟ้า คิดเป็น 6601.5 Bath/year

ตาราง 4.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ

รายการ	Split Type	TE Air conditioner
ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Bath)	19,900	8,230
อุณหภูมิปรับอากาศ (°C)	27	28
พลังงานไฟฟ้า (W)	1,019	46.18
พลังงานไฟฟ้า (kWh/day)	8.15	0.37
พลังงานไฟฟ้า (kWh/years)	2200.5	99.9
ค่าไฟฟ้า (Bath/years)	6601.5	-

การใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 1 เครื่องต่อผู้ปฏิบัติงาน 1 คน มีระยะเวลาคืนทุน 1.35 ปี หากมีผู้ปฏิบัติงานในห้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 คน จะมีระยะเวลาคืนทุน 2.83 ปี มีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง

16,460 Bath แต่เมื่อเพิ่มจำนวนผู้ปฏิบัติงานมากกว่า 2 คน จะมีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องสูงกว่าการลงทุนติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และมีระยะเวลาคืนทุนนานขึ้น ดังนั้นในการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ ควรใช้งานในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานในห้องไม่เกิน 2 คน หากมีผู้ปฏิบัติงานในห้องมากกว่านั้นควรใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตาราง 4.5 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ ร่วมกับการทำความเย็นแบบระเหยขับเคลื่อนด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	จำนวนเครื่องปรับอากาศแบบเทอร์โมอิเล็กทริกฯ (เครื่อง)			
	1	2	3	4
ค่าใช้จ่ายสร้าง TE Air conditioner (Bath)	8,230	16,460	24,690	32,920
ระยะเวลาคืนทุน (years)	1.35	2.83	4.49	6.34