



การศึกษาสมรรถนะการทำความเย็นของระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

คงฤทธิ แมนศิริ และ นิพนธ์ เกตุจ้อย*

Performance Study of Solar Evaporative Cooling Fogging Fan System

Kongrit Mansiri and Nipon Ketjoy*

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author. E-mail: niponk@nu.ac.th (N. Ketjoy)

Received 16 March 2010; accepted 19 April 2010

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางลดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารเพื่อให้เกิดความสบายด้วยระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ โดยติดตั้งระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ภายในสวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งส่วนประกอบหลักของระบบประกอบด้วย พัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ขนาด 24 นิ้ว (190 W) ป้อนไอน้ำความดันสูงขนาด 400 W แบตเตอรี่ความจุ 6 kWh (12 V × 120 Ah × 4 ลูก) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 1,000 W และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 400 W เมื่อติดตั้งระบบ ๑ แล้วเสร็จทำการประเมินสมรรถนะทางด้านเทคนิคของระบบต้นแบบ ๑ ผลการประเมินพบว่า ระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์สามารถทำงานได้ดีโดยใช้ไฟฟ้าจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งร่วมกัน และพื้นที่ปรับอากาศด้วยพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 °C เทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้นกว่าบริเวณพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 5.56 % และประสิทธิภาพของการทำความเย็นด้วยการระเหยของระบบต้นแบบ ๑ มีค่าเท่ากับ 19.14 % อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8,891 Btu/hr และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพลังงานความเย็นที่ใช้ในการระเหยเท่ากับ 5.03 kWh_{cooling} / kWh_{electric}

คำสำคัญ: สมรรถนะการทำความเย็นด้วยการระเหย พัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์

Abstract

This research presents the solution of reducing outdoor temperature by solar evaporative fogging Fan. The solar evaporative fogging fan was installed in the Energy Park of School of Renewable Energy Technology (SERT), Naresuan University. The components of system consisted of 4 parts: 24 inch (190 W) fogging fan, 465 W steam high pressure pump, 6 kWh (12 V×120 Ah×4 units) battery and 1,000 W inverter. After the system was installed, it was evaluated in term of technique. The results were found that the prototype of solar fogging fan worked well with electricity form solar cell system, and the temperature of conditioning area was reduced 1.17 °C by solar fogging fan compare to non – conditioning area and average humidity of conditioning area was higher than non – conditioning area 5.56 %. The efficiency of evaporative cooling was 19.14 %, and the average evaporative cooling rate was 8,890 Btu/hr. The ratio of electrical energy per cooling energy which was used to evaporate water was 5.03 kWh_{cooling} /kWh_{electric}

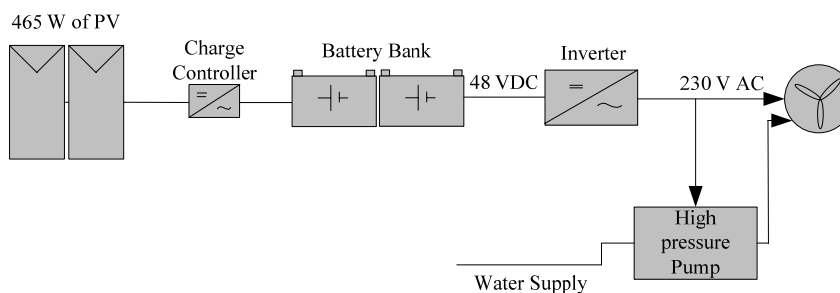
Keywords: Performance of Solar Evaporative Fogging Fan, Evaporative Cooling, Solar Cell System

บทนำ

ในภาวะปัจจุบันสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยอยู่ในขั้นวิกฤต อันเนื่องมาจากราคาน้ำมันในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงปี

ละหลายแสนล้านบาท พลังงานรังสีอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกที่น่าจะนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนบริเวณเส้นศูนย์สูตรซึ่งมีแสงอาทิตย์สม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยมีความเข้มรังสีเฉลี่ยตลอดทั้งปี

ประมาณ 18 MJ/m²/วัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2524) ซึ่งเป็นพลังงานที่มากพอสำหรับนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลกระทบจากสภาวะโลกร้อน ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อความไม่สบายของมนุษย์ในการทำกิจกรรมต่างๆ จากผลการวิจัยที่บ่งชี้ถึงอุณหภูมิ และความชื้นที่ก่อให้เกิดความสบาย (comfort zone) ต่อมมนุษย์จะมีค่าอุณหภูมิประมาณ 22 – 26 °C และความชื้นอยู่ระหว่าง 35 – 65 % (Christoph, 2007) จากข้อมูลอุณหภูมิอากาศของประเทศไทยของกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2549 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยประมาณ 28 – 30 °C และอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้คือ 42.2 °C กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) เห็นได้ว่าเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินขอบเขตความสบายของมนุษย์ ปัจจุบันมีการพัฒนาพัดลมไอน้ำสำหรับใช้งานในกิจกรรมนอกอาคาร พัดลมไอน้ำเป็นระบบทำความเย็นที่อาศัยหลักการระเหยของน้ำมาช่วยในการลดอุณหภูมิของอากาศ โดยอากาศที่ผ่านระบบจะมีอุณหภูมิลดลง และมีความชื้นสูงขึ้น การระเหยของน้ำจำเป็นต้องใช้ความร้อนแฝงบริเวณรอบๆ ในการทำให้น้ำระเหย ดังนั้นน้ำจึงดึงความร้อนแฝงจากอากาศไป ทำให้อากาศมีความร้อนสัมผัสลดลงหรืออุณหภูมิกะเปาะแห้งลดลง จากนั้นทดแทนด้วยความเย็นและความชื้น ระบบพัดลมไอน้ำสามารถติดตั้งในสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น หอประชุม สนามกีฬา โรงอาหาร ลานกิจกรรม สวนหย่อม ร้านขายกาแฟ ลานจอดรถ เป็นต้น



รูปที่ 1 ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

การทำงานของระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์เริ่มจากในเวลากลางวันพลังงานรังสีอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าแล้วประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่ กรณีที่พัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ทำงานเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับเครื่องอัดไอน้ำความดันสูงและพัดลมไอน้ำ จากนั้นเครื่องอัดไอน้ำความดันสูงทำหน้าที่อัดน้ำให้เป็นละอองน้ำขนาดเล็ก พัดลมเป่าละอองน้ำไปยังพื้นที่ปรับอากาศเพื่อรับความร้อนแฝงในบริเวณพื้นที่ปรับ

โดยหลักการนี้เรียกว่า Evaporative Cooling โดยเมื่อน้ำมีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำจำเป็นต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนหนึ่งในการเปลี่ยนสถานะพลังงานความร้อนนี้เรียกว่า พลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ ระบบพัดลมไอน้ำในปัจจุบันจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับพัดลมและเครื่องผลิตไอน้ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับระบบพัดลมไอน้ำที่มีการติดตั้งใช้งานภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งในการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาดและลดการใช้พลังงานจากฟอสซิล

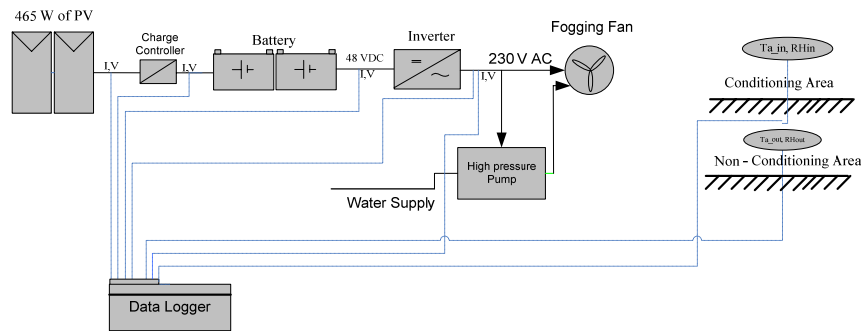
ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในการปรับอากาศบริเวณร้านค้าและภายในสวนพลังงานของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร มีพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศขนาด 25 ตารางเมตร เป็นพื้นที่โล่งอากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นพื้นที่สำหรับปลูกต้นไม้เดิมเครื่องเดิม ซึ่งคณะวิจัยได้ออกแบบระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปรับอากาศกลางแจ้งดังกล่าวโดยมีส่วนประกอบหลักประกอบด้วย 1) พัดลมพร้อมหัวพ่นไอน้ำขนาด 24 นิ้ว ปริมาณลม 6885 cfm 2) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนขนาด 465 W 3) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทางขนาด 1,000 W 4) แบตเตอรี่ความจุขนาด 6 kWh (12V×125 Ah จำนวน 4 ลูก) และ 5) ปัมไอน้ำความดันสูงขนาด 400 W แรงดันน้ำออก 1000 psi ซึ่งการติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์ประกอบรวมของระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 1

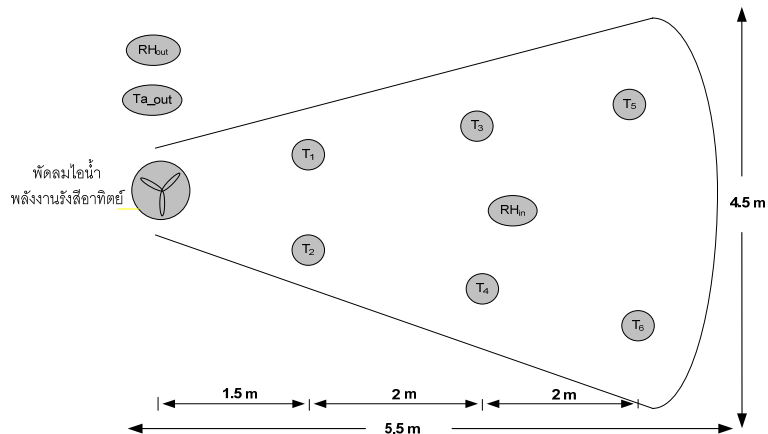
อากาศโดยรอบ ส่งผลทำให้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมบริเวณพื้นที่ปรับอากาศลดลง

อุปกรณ์ตรวจวัดและบันทึกข้อมูล

การทดสอบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นการทดสอบทางด้านเทคนิคของระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องของระบบต้นแบบ



รูปที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

การตรวจวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะทำการตรวจวัดทั้งภายในพื้นที่ปรับอากาศและบริเวณภายนอกของพื้นที่ปรับอากาศเพื่อทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งภายในพื้นที่ปรับอากาศมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิทั้งหมด 6 จุด ซึ่งในแต่ละจุดจะวัดสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร และยังติดตั้งหัววัดความชื้นสัมพัทธ์ 1 จุด สูงจากพื้น 150 เซนติเมตรเช่นกัน โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิจะเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger)

เพื่อทำการตรวจวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ 5 นาที นอกจากนั้นยังติดตั้งเครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า (Power Analyzer) และเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้า (Oscilloscope) เพื่อทำการตรวจวัดค่า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า สัญญาณไฟฟารูป Sine และ กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มต้นทำงาน (Starting Current) การตรวจวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่ทำการตรวจวัดในระบบต้นแบบ ฯ

ตัวแปรที่ทำการตรวจวัด	สัญลักษณ์
กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (A)	I_{pv}
แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (V)	V_{pv}
กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (W)	P_{pv}
กำลังไฟฟ้าที่ประจุแบตเตอรี่ (W)	P_{bat}
กระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (A)	I_b
แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (V)	V_b
กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม (A)	I_m
แรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม (V)	V_m
กระแสไฟฟ้าของปั๊มไอน้ำความดันสูง (A)	I_p
แรงดันไฟฟ้าของปั๊มไอน้ำความดันสูง (V)	V_p
อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)	T_{a_in}
อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ไม่ได้ปรับอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)	T_{a_out}
อุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ปรับอากาศตำแหน่งที่ 1-6 ($^{\circ}\text{C}$)	T_1-T_6
ความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ปรับอากาศ (%)	RH_{in}
ความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ไม่ได้ปรับอากาศ (%)	RH_{out}

วิธีการประเมินสมรรถนะของระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

การประเมินสมรรถนะของระบบต้นแบบสามารถแบ่งการประเมินได้เป็นสองแบบ ประกอบด้วย การประเมินทางด้านไฟฟ้าที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้และจ่ายให้กับอุปกรณ์ประกอบรวม และการประเมินความสามารถในการปรับอากาศบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งการประเมินทางด้านไฟฟ้าของระบบต้นแบบนั้น ระบบต้นแบบจะถูกประเมินโดยการหาความเป็นไปได้ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบต้นแบบซึ่งในระบบต้นแบบมีอุปกรณ์ที่ต้องการไฟฟ้าหลักประกอบด้วยพัดลมไอน้ำ และปั๊มน้ำความดันสูง ซึ่งจะวัดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ทั้งสอง เพื่อที่จะหาความเป็นไปได้และความต่อเนื่องในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า นอกจากการประเมินทางด้านพลังงานไฟฟ้าของระบบต้นแบบแล้ว อุปกรณ์หลักแต่ละชนิดก็จะถูกประเมินประสิทธิภาพดังรายละเอียดต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้

เซลล์แสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 (นิพนธ์ และ วัฒนพงษ์, 2544; Achitpon และ คณะ, 2006)

$$E_{pv} = I_{pv} V_{pv} t \quad (1)$$

E_{pv} คือ พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (kWh)

I_{pv} คือ กระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (A)

V_{pv} คือ แรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ (V)

t คือ เวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า (h)

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับพัดลมและปั๊มน้ำความดันสูง พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตได้จากเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Achitpon และ คณะ, 2006; Kritwiput และ คณะ, 2007) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$E_{inv} = I_{inv} V_{inv} \cos \phi t \quad (2)$$

E_{inv} คือ พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผลิตได้ (kWh)

I_{inv} คือ กระแสไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผลิตได้ (A)

V_{inv} คือ แรงดันไฟฟ้าที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าผลิตได้ (V)

$\cos \phi$ คือ Power factor ของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

t คือ เวลาที่เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าทำงาน (h)

สมรรถนะการทำความเย็นของระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

สมรรถนะของระบบทำความเย็นโดยการระเหยทั่วไปแล้วจะแสดงอยู่ในรูปของประสิทธิภาพอิ่มตัว (Saturating Efficiency, E_{sat}) (นิพนธ์ และ ศิริชัย, 2004) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิของระบบที่ลดได้จริงต่ออุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดตามทฤษฎี สำหรับในกรณีของ Direct Evaporative Cooling ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในการวิจัยนี้จากค่าจำกัดความของสมรรถนะของระบบทำความเย็นแบบระเหย อุณหภูมิที่ลดได้จริงก็คือผลต่างของอุณหภูมิก่อนเข้าและหลังจากผ่านระบบ ส่วนอุณหภูมิที่ลดได้สูงสุดคือ ผลต่างของอุณหภูมิกะเปาะแห้งและอุณหภูมิกะเปาะเปียกของอากาศก่อนเข้าระบบ ดังนั้นสมรรถนะของระบบสามารถเขียนได้ดังแสดงในสมการที่ 3

$$E_{sat} = \frac{T_{a_out} - T_{a_in}}{T_{a_out} - T_{wb,in}} \quad (3)$$

T_{a_out} คือ อุณหภูมิกะเปาะแห้งที่เข้าพัดลม ($^{\circ}\text{C}$)

T_{a_in} คือ อุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{wb,in}$ คือ อุณหภูมิกะเปาะเปียกอากาศก่อนเข้าเครื่อง ($^{\circ}\text{C}$)

อัตราการทำความเย็นโดยการระเหยของระบบต้นแบบ

ในการหาอัตราการทำความเย็นโดยการระเหยของระบบต้นแบบจะได้จากปริมาณความร้อนที่อากาศคายความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยน้ำแทนด้วยค่า Q_{eva} มีหน่วยเป็น (BTU/h) (นิพนธ์ และ ศิริชัย, 2003) แสดงในสมการที่ 4

$$Q_{eva} = 1.1 \text{ cfm} (T_{a_out} - T_{a_in}) \quad (4)$$

Q_{eva} คือ อัตราการทำความเย็นโดยการระเหย (Btu/h)

cfm คือ อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/min)

1.1 คือ ค่าคงที่คำนวณจาก $[(60 \text{ min/hr})(0.244 \text{ Btu/lb.}^{\circ}\text{F})] / (13.34 \text{ ft}^3 / \text{lb})$

0.244 คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu/lb. $^{\circ}\text{F}$)

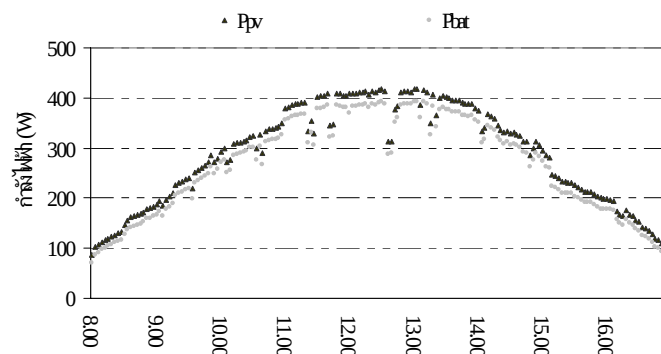
13.34 คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (ft^3/lb)

ผลการประเมินระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

ผลการประเมินระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็นสองส่วน ประกอบด้วย ผลการประเมินทางด้านไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบต้นแบบ ๑ และ ผลการประเมินความสามารถในการปรับอากาศบริเวณพื้นที่ปรับอากาศของระบบ ๒

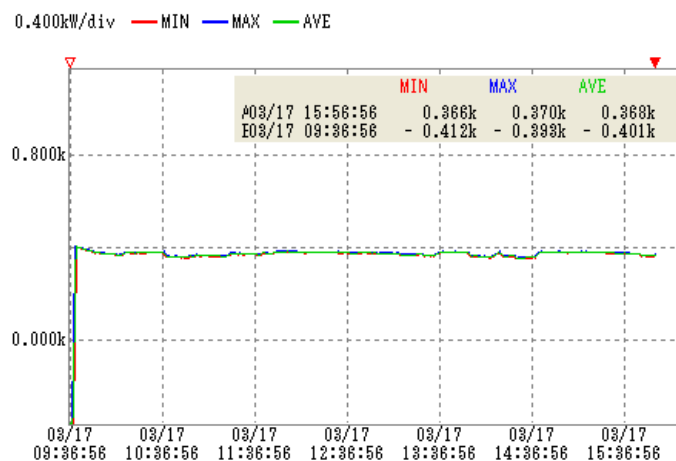
ผลการประเมินทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบต้นแบบ ๑

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 2.12 kWh/day พลังงานไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.93 kWh/day มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่เฉลี่ย 0.19 kWh/day ดังแสดงในรูปที่ 4

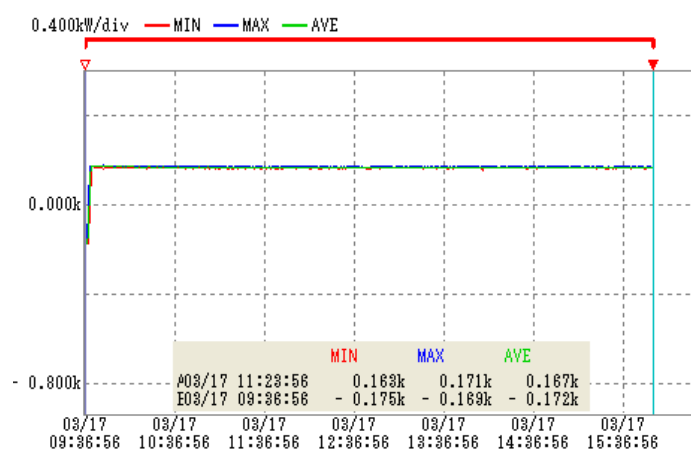


รูปที่ 4 กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้และกำลังไฟฟ้าที่ประจุลงแบตเตอรี่

ระบบต้นแบบ ๑ มีอุปกรณ์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย ปั๊มความดันสูง และพัดลมไอน้ำ จากการทดสอบพบว่า ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ต้องการใช้ไฟฟ้าวันละ 3.38 kWh/day โดยระบบทำงานตั้งแต่เวลา 9.30 – 15.30 น. เป็นเวลา 6 ชั่วโมงต่อวัน ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในปั๊มไอน้ำความดันสูงและพัดลมไอน้ำแสดงดังรูป 5 และรูปที่ 6

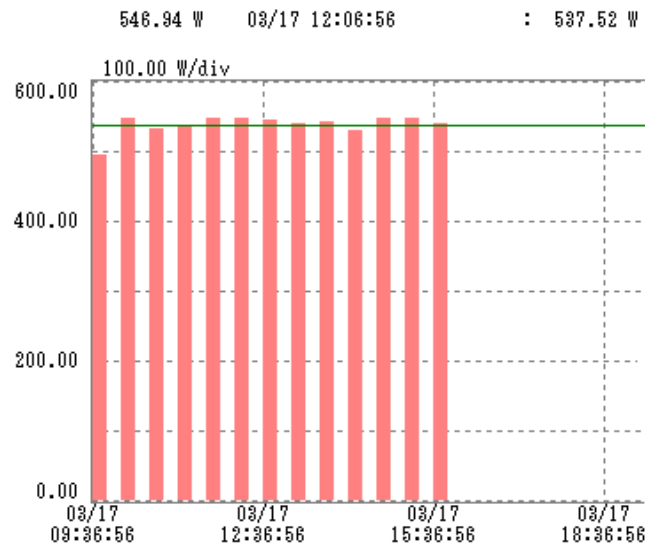


รูปที่ 5 กำลังไฟฟ้าที่ปั๊มความดันสูงใช้ตลอดช่วงการเดินระบบ



รูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าที่พัดลมไอน้ำใช้ตลอดช่วงการเดินระบบ ๑

จากรูป 5 และรูปที่ 6 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ปั๊มความดันสูงใช้มีค่าเท่ากับ 368 W และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่พัดลมไอน้ำใช้มีค่าเท่ากับ 172 W กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ใช้ในระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์เท่ากับ 540 W ดังแสดงในรูปที่ 7

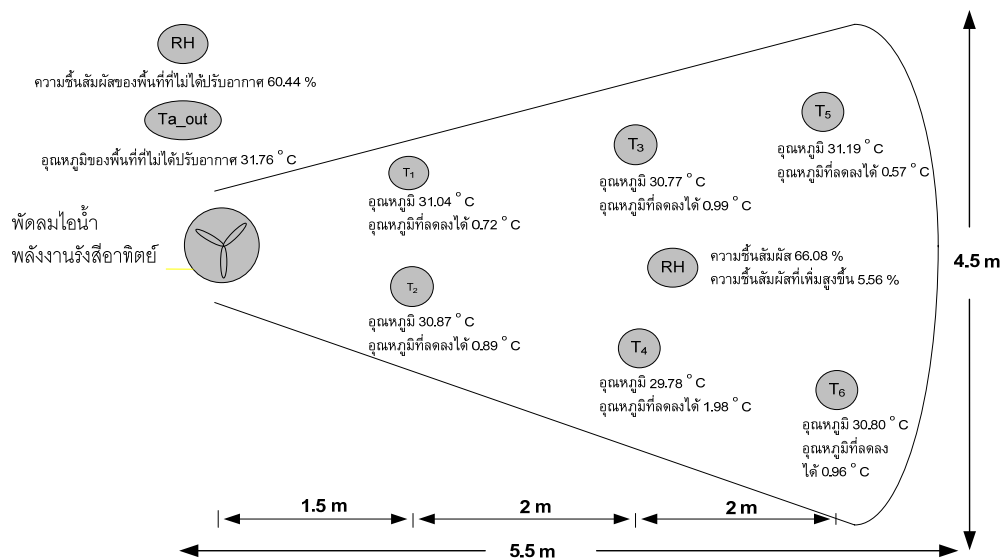


รูปที่ 7 กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์

กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่จ่ายให้กับปั๊มไอน้ำความดันสูงและพัดลมไอน้ำ ของระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์เพื่อใช้ในการเดินระบบมีค่าเท่ากับ 538W ซึ่งระบบเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าและจ่ายให้กับพัดลมไอน้ำและปั๊มไอน้ำความดันสูงของระบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ได้อย่างเพียงพอ

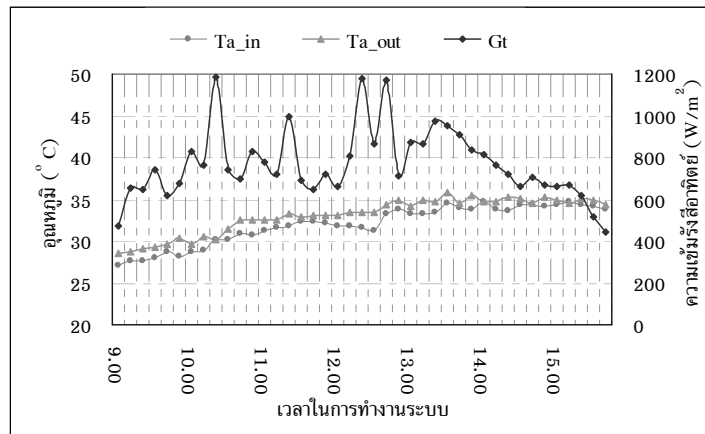
ผลการวิจัยเกี่ยวกับการปรับอากาศบริเวณพื้นที่เป้าหมาย พื้นที่ปรับอากาศโดยระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำ

พลังงานรังสีอาทิตย์ครอบคลุมพื้นที่ 25 ตารางเมตร จากการทดสอบระบบพบว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณพื้นที่ปรับอากาศมีอุณหภูมิลดลง โดยในการทดสอบได้ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิทั้งหมด 6 จุด ในแต่ละจุดติดตั้งสูงกว่าพื้นประมาณ 150 เซนติเมตร (ดังแสดงในรูปที่ 3) ซึ่งพื้นที่ปรับอากาศเป็นร้านค้าแฟมมีคนเข้ามานั่งรับประทานเครื่องดื่มเป็นประจำ ซึ่งอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ระบบสามารถปรับลดอุณหภูมิลงได้เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ แสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 8 อุณหภูมิภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ

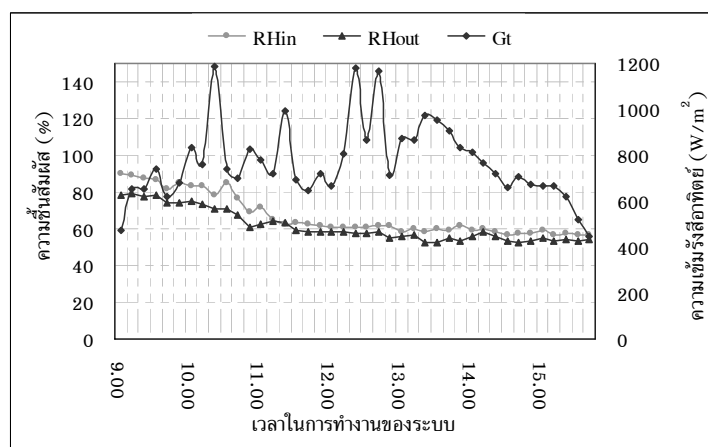
จากรูปที่ 8 พบว่าอุณหภูมิในตำแหน่งที่ 3 และ ตำแหน่งที่ 4 ลดลงมากที่สุดเนื่องจากเป็นตำแหน่งตรงกลางบริเวณที่ไอน้ำตกมากที่สุดจึงทำให้เกิดการระเหยมากมีผลทำให้อุณหภูมิลดลงมากกว่าจุดอื่น เมื่อนำอุณหภูมิทั้ง 6 จุดมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศ (Ta_in) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ (Ta_out) ตลอดทั้งวัน แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 9 เปรียบเทียบอุณหภูมิบริเวณพื้นที่ปรับอากาศกับอุณหภูมิพื้นที่ที่ไม่ปรับอากาศ

รูปที่ 9 แสดงอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศ (T_{a_in}) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ (T_{a_out}) ตลอดทั้งวันขณะที่ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ทำงานพบว่าอุณหภูมิบริเวณพื้นที่ปรับอากาศมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิของพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 1.17°C จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์สามารถปรับลดอุณหภูมิลงได้น้อยมากเนื่องจากบริเวณพื้นที่ปรับอากาศเป็น

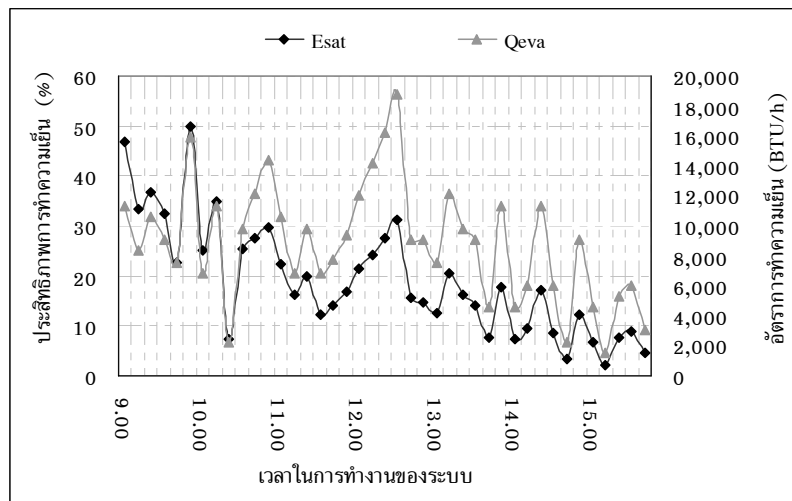
พื้นที่โล่งอากาศถ่ายเทสะดวก ดังนั้นเมื่อความร้อนแฝงบริเวณพื้นที่ปรับอากาศถูกถ่ายเทออกไปโดยการระเหยโมเลกุลของน้ำในขณะเดียวกันความร้อนบริเวณพื้นที่รอบ ๆ ก็จะเข้ามาแทนที่ จึงส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณพื้นที่ปรับอากาศลดลงน้อย นอกจากอุณหภูมิที่มีผลต่อความสบายของมนุษย์อีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญคือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ บริเวณพื้นที่ปรับอากาศของระบบต้นแบบได้ทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์เทียบกับความชื้นสัมพัทธ์บริเวณพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศแสดงดังรูป 9



รูปที่ 10 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศบริเวณปรับอากาศกับพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ

รูปที่ 10 เปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ปรับอากาศด้วยระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์ มีค่าสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ของพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ เท่ากับ 5.56 % และความชื้นของอากาศมีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตลอดทั้งวันเป็นผลจากความร้อนแฝงเพิ่มขึ้นเพราะความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ส่งผลให้อิอน้ำระเหยได้เร็วมากขึ้นปริมาณไอน้ำในอากาศจึงลดน้อยลงจากการวิเคราะห์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมบริเวณพื้นที่ปรับอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศลดลง

น้อยมาก แต่ความชื้นสัมพัทธ์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลจากไอน้ำที่ระบบปล่อยออกมา แต่อย่างไรก็ตามคนที่เข้าไปอยู่บริเวณพื้นที่ปรับอากาศจะรู้สึกเย็นสบายและสดชื่นเนื่องจากโมเลกุลของไอน้ำที่ระบบต้นแบบปล่อยออกมาสัมผัสกับผิวหนังของคนแล้วเกิดการระเหยดึงเอาความร้อนสัมผัสบริเวณผิวหนังของคนออกไปด้วย ดังนั้นคนจึงรู้สึกสดชื่นและเย็นสบาย สำหรับระบบต้นแบบพัดลมไอน้ำพลังงานรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพการปรับอากาศโดยการระเหยสามารถแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพและความสามารถในการทำความเย็นต่อเวลาของระบบต้นแบบ

รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยการระบายกับอัตราในการทำความเย็นพบว่า ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบระบายแปรผันตรงกับอัตราการทำความเย็น (อัตราการทำความเย็นหมายถึง อัตราพลังงานความร้อนที่ทำให้ไอน้ำของพอลิเมอร์ระเหยในกระบวนการระเหยนั้นก็จะนำความร้อนแฝงบริเวณพื้นที่ปรับอากาศไปด้วยส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศเย็นลง) ซึ่งอัตราการทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นที่ปรับอากาศที่สามารถทำให้ลดลงได้ และ อัตราลม (cfm) ของพอลิเมอร์จากการทดสอบระบบต้นแบบพบว่า ระบบ ๖ มีประสิทธิภาพเฉลี่ย 19.14% และอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของระบบต้นแบบเท่ากับ 8,891 Btu/h ความสามารถในการทำความเย็นตลอดทั้งวันเท่ากับ 58,110 Btu/day

สรุปผลการทดลอง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบพอลิเมอร์พลังงานรังสีอาทิตย์เป็นชนิดอะมอร์ฟิซิลิคอนมีประสิทธิภาพ 7.20 เปอร์เซ็นต์ เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพ 90.73 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 78.32 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพที่กล่าวมาเบื้องต้นเป็นประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ประกอบรวมในระบบต้นแบบพอลิเมอร์พลังงานรังสีอาทิตย์ในส่วนของ การเปลี่ยนพลังงานรังสีอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับระบบต้นแบบ ๖ ซึ่งระบบต้นแบบมีอุปกรณ์ที่ต้องใช้ไฟฟ้า คือ พอลิเมอร์ และ ปั๊มความดันสูง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในพอลิเมอร์มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 380 W พอลิเมอร์ใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 170 W กำลังไฟฟ้ารวมของระบบเท่ากับ 550Wและระบบต้นแบบใช้พลังงานไฟฟ้ารวมตลอดการทำงานของระบบเท่ากับ 3.38 KWh/day หรือเท่ากับ 0.56 kWh ต่อการทำงานของระบบต้นแบบ 1 ชั่วโมง การประยุกต์ใช้เซลล์

แสงอาทิตย์สำหรับระบบพอลิเมอร์พลังงานรังสีอาทิตย์ซึ่งผลจากการทดสอบระบบต้นแบบ ๖ พบว่า บริเวณพื้นที่ที่ปรับอากาศด้วยพอลิเมอร์พลังงานรังสีอาทิตย์ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 25 ตารางเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 1.17 °C น้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศแต่ในกรณีกลับกันความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความสบายของมนุษย์นั้นมีค่าสูงขึ้นกว่าบริเวณพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 5.56 % และประสิทธิภาพของการทำความเย็นด้วยการระบายของระบบต้นแบบมีค่าเท่ากับ 19.14% อัตราในการทำความเย็นเฉลี่ยตลอดทั้งวันมีค่าเท่ากับ 8,891 Btu/h ความสามารถในการทำความเย็นตลอดทั้งวันเท่ากับ 58,110 Btu/day และอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพลังงานความเย็นที่ใช้ในการระบายเท่ากับ 5.03 kWh_{cooling} / kWh_{electric}

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.-สว.) ประจำปี 2550 ที่ให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของวิทยาลัยพลังงานทดแทนทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. (2542). ศักยภาพพลังงานรังสีอาทิตย์ของประเทศไทย. สืบค้น กุมภาพันธ์ 23, 2553, จาก <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=222>.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2553). อุณหภูมิที่สูงสุดของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2521- 2550. สืบค้น มกราคม 21, 2553, จาก <http://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=6>

นิพนธ์ เกตุจ้อย และ วัฒนพงษ์ รัชวีเชียร. (2544). การประเมินความเหมาะสมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, 16-28.

นิพนธ์ เกตุจ้อย., ศิริชัย เทพา และ รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ. (2004). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเลี้ยงไก่. วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, หน้า 48 - 60.

Achitpon S., Wattanapong R., Nipon K., & Suchart Y. (2006). Design and testing of a 10 kWp PV prototype for Future Community Grid Adapted for remote area in Thailand. International Journal of Renewable Energy, 33-43.

Achitpon S., Wattanapong R., Nipon K., & Suchart Y. (2006). Performance evaluation of a 10 kWp PV power system prototype for isolate building in Thailand. Renewable energy journal, 1288-1300.

Christoph T. (2007). Heating and cooling respectively with RES in the building sector. Proceeding of workshop of heating and Cooling in Berlin, Germany.

Kritwiput P., Nipon K., Wattanapong R., and Suchat Y. (2007). Performance of a-Si, p-Si, and HIT PV technology comparison under tropical wet climate condition. International journal of renewable energy, 23 - 34.