

การประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับระบบตู้แช่วัคซีนพลังงานแสงอาทิตย์ Applied Thermoelectric Module for Photovoltaic Vaccine Refrigerator

วีรชัย เลิศสถาพรสุข ศิริชัย เทพา รุ่งโรจน์ สงค์ประกอบ

ห้องวิจัยและพัฒนาระบบโซลาร์เซลล์และระบบสะสมพลังงาน กลุ่มระบบพลังงานสะอาด

นริศ ประทินทอง

สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ปรีชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 4708695-9 ต่อ 124, โทรสาร 4278077, E-Mail : ces@kmutt.ac.th

V.Lertsathapornasuk, S.Thepa, R.Songprakorp

Solar Cell Systems and Energy Storage Systems R&D Laboratory, Clean Energy Systems Group (CES)

N.Pratinthong

Division of Energy Technology, School of Energy and Materials

King Mongkut's University of Technology Thonburi

91 Pracha-utid Rd., Bangmod Thung-Kru Bangkok 10140

Tel : 4708695-9 Ext. 124, Fax : 4278077, E-Mail : ces@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลสำหรับทำความเย็นในระบบตู้แช่วัคซีนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลรุ่น TEC1-12704 จำนวน 1 โมดูล สำหรับทำความเย็นให้กับตู้แช่วัคซีนต้นแบบขนาด 10 ลิตร มีการควบคุมสภาพห้องทดสอบที่อุณหภูมิ 25°C และควบคุมอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่ 30°C ด้วยการใช้น้ำระบายความร้อน ผลการทดสอบตู้แช่วัคซีนเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในตู้แช่วัคซีนเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบจาก 25°C มาที่ 4°C ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 50 นาที โดยความชื้นเริ่มต้นภายในตู้ลดลงจาก 46.5 %RH มาอยู่ที่ 33 %RH ถึง 34 %RH และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน 1108.95 Wh/day คิดเป็น 77.7 %ของกำลังไฟฟ้าใช้งานสูงสุด

Abstract

This paper is aimed to investigate the thermoelectric module in the photovoltaic vaccine refrigerator. The prototype of thermoelectric vaccine refrigerator with 10 litres capacity using a thermoelectric module, model TEC1-12704. During tests the temperature of the hot side of thermoelectric module was maintained at 30°C by water circulation. Testing room temperature was also maintained at 25°C by using air-conditioner. Testing results using PV power system to supply

thermoelectric module showed that the temperature of compartment decreased from 25°C to 4°C in 2 hours and 50 minute. The humidity in compartment was decreased from 46.5 %RH to 34 %RH. The energy consumption was 1108.95 Wh/day or 77.7 % of maximum power operating.

1. บทนำ

แนวคิดในการศึกษาของงานวิจัยนี้เกิดจากการได้เห็นสถานการณ์อนามัยของหมู่บ้านในพื้นที่ชนบทตามหุบเขาและภูเขาสูงที่ขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศที่ยากต่อการเดินสายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในกรณีที่ชาวบ้านมีการเจ็บป่วยหนัก เช่น โปลิโอ หัด บาดทะยัก หรือถูกงูพิษกัด เป็นต้น ต้องนำส่งโรงพยาบาลในตัวเมือง เนื่องจากสถานีอนามัยในหมู่บ้านเหล่านั้นไม่มีระบบทำความเย็นสำหรับเก็บรักษาวัคซีนหรือเซรุ่ม ซึ่งการเดินทางค่อนข้างลำบากมาก ทำให้เสียเวลาในการเดินทาง บางครั้งอาจไม่สามารถช่วยเหลือชีวิตได้ทัน แนวทางการแก้ปัญหาคือหาระบบทำความเย็นเพื่อเก็บรักษาวัคซีนไว้ตามสถานีอนามัยเหล่านั้น

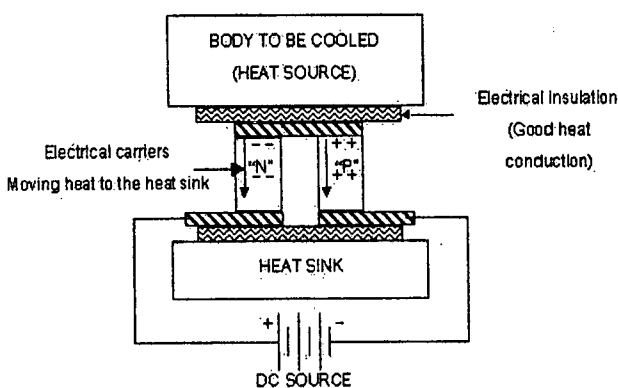
การจัดหาแหล่งพลังงานสำหรับตู้แช่วัคซีนตามพื้นที่ชนบทเหล่านั้นควรเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้ในพื้นที่เอง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพมากสำหรับประเทศไทย ระบบทำความเย็นที่สามารถใช้กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่สำคัญมี 2 ระบบ คือ ระบบทำความเย็นที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic/Solar Cells) และระบบทำความเย็นที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Process) ซึ่งระบบทำความเย็นที่

ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง จะมีลักษณะการทำงาน และการใช้งานของระบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีขนาดกระทัดรัด

ระบบตู้แช่แข็งที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการสำรวจและยอมรับโดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) [2] ที่สำคัญ คือ ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System) ระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Cooling System) และระบบทำความเย็นแบบ Stirling โดยระบบทำความเย็นแบบ Stirling จะมีต้นทุนในการสร้างสูงเหมาะสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้ในการแช่แข็ง (freeze) และยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ส่วนระบบทำความเย็นแบบอัดไอเป็นที่นิยมแพร่หลายที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่น ๆ แต่ก็มีข้อเสียบางประการ คือมีการใช้สารบางชนิดที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น R22 ที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของโลก มีชั้นส่วนทางกลที่มีการเคลื่อนที่ มีน้ำหนักมาก เป็นต้น ส่วนระบบทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นเทคโนโลยีที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มีขนาดเล็ก เบา และไม่มีชิ้นส่วนทางกลที่มีการเคลื่อนที่ และเหมาะสำหรับระบบทำความเย็นขนาดเล็ก ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลสำหรับระบบตู้แช่แข็งพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นงานวิจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนและไม่สร้างผลกระทบต่อทางสิ่งแวดล้อม

2. หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลสร้างจากวัสดุกึ่งตัวนำโดยใช้หลักการการทำงานของปั๊มความร้อน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

จากรูปที่ 1 เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล เมื่อแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านวัสดุกึ่งตัวนำแบบเอ็น (N type) จะส่งผลให้เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี (P type) สู่วัสดุระดับสูงในสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น (N type) ส่งผลให้เกิดความเย็นที่ด้านเย็น (Heat Source) และในขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงของสารกึ่งตัวนำแบบเอ็น (N type) สู่วัสดุระดับต่ำในสารกึ่งตัวนำแบบพี (P type) ส่งผลให้เกิดความร้อนที่ด้านร้อน (Heat Sink) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า “ปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ (Peltier effect)”

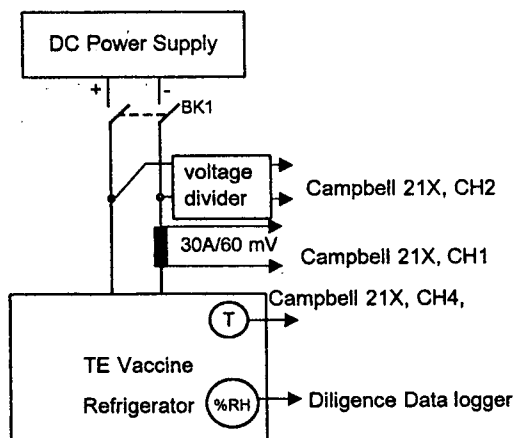
จากปรากฏการณ์ของเพลเทียร์นำไปสู่การประยุกต์ใช้ด้านเย็นในการทำ ความเย็น และความร้อนที่เกิดขึ้นอีกด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกจะถูกระบายทิ้งให้กับบรรยากาศแวดล้อม ลักษณะการเชื่อมต่อของวัสดุกึ่งตัวนำแบบพี-เอ็น (N Type) และแบบพี (P type) จะมีลักษณะการต่อเป็นคู่ ๆ แบบอนุกรมและแบบขนาน โดยทางด้านไฟฟ้าเป็นการต่อแบบอนุกรมเพื่อให้ได้ขนาดของพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับความต้องการ และด้านการทำความร้อนและความเย็นเป็นการเชื่อมต่อแบบขนาน เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำ ความเย็นให้ดีขึ้น

3. การทดสอบและการเก็บข้อมูล

การทดสอบคุณสมบัติของตู้แช่แข็งเทอร์โมอิเล็กทริกนี้ เป็นการทดสอบโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ตู้แช่แข็งเทอร์โมอิเล็กทริก โดยตั้งค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าไว้ที่ 4.4 A และ 13.5 V ตามลำดับ ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล มีการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมในห้องทดสอบไว้ที่ 25°C และควบคุมอุณหภูมิทางด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลไว้ที่ 30°C โดยระบายความร้อนด้วยน้ำ วงจรการติดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์มีลักษณะดังรูปที่ 2 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ก. เพื่อศึกษาระยะเวลาในการทำ ความเย็นจากอุณหภูมิแวดล้อม (25°C) จนถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาวัคซีน (4°C)

ข. เพื่อศึกษาการใช้กำลังไฟฟ้าของตู้แช่แข็งต้นแบบสำหรับใช้ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

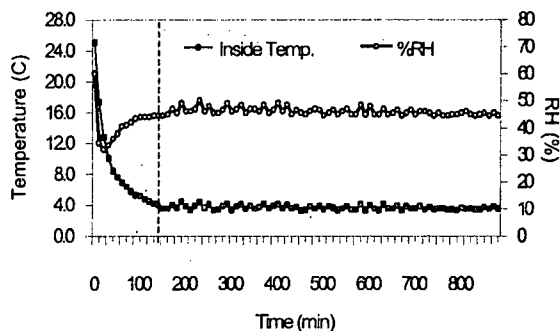
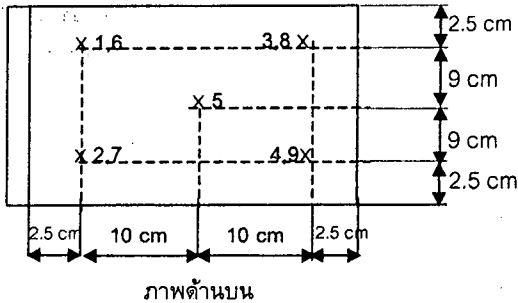
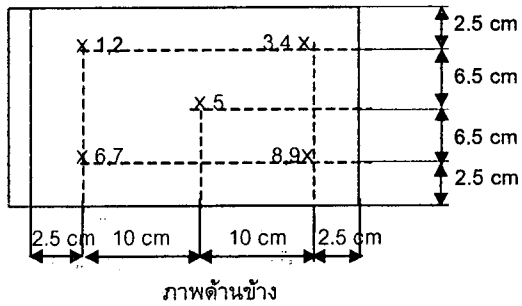


รูปที่ 2 วงจรการติดตั้งเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการทดสอบ

ตำแหน่งการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิอุณหภูมิภายในตู้แช่ต้นแบบ จำนวน 9 จุด [23] ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิภายในตู้แช่แข็งต้นแบบ

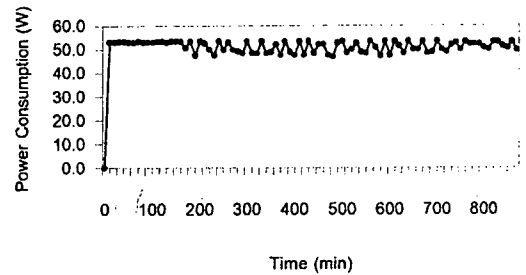
4. ผลการทดสอบ



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลการทดสอบของอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ (กรณีใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง)

จากรูปที่ 4 อุณหภูมิอากาศภายในตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริก ณ ตำแหน่งศูนย์กลางของตู้แช่ผักขึ้น พบว่าระบบทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกใช้เวลาในการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องทดสอบที่ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 60% ลดลงเหลืออุณหภูมิที่ 4.1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 44.5 % ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 20 นาที โดยระดับอุณหภูมิหลังจากเริ่มเข้าสู่ช่วง 4°C แล้ว เส้นกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าในรูปที่ 3 มีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงทำให้มีลักษณะไม่ราบเรียบนั้น เกิดจากการตัดต่อการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ระบบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่มีการตั้งค่าการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าไว้ที่ 4°C ซึ่งสภาวะของอุณหภูมิภายในตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกในช่วงหลังจากเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง 20 นาที จะมีช่วงอุณหภูมิค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 3.3°C ถึง 4.7°C และมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 44.5% ถึง 50% ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์มีค่าลดลงจากสภาวะก่อนเริ่มทำ

ความเย็นประมาณ 10% ถึง 15%RH โดยระดับของอุณหภูมิของห้องเย็นจะอยู่ในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ 21°C



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการใช้พลังงานของตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ (กรณีใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง)

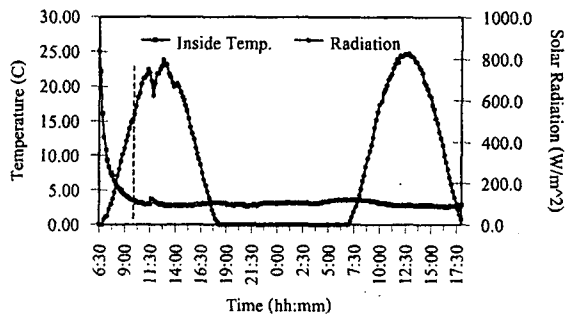
จากรูปที่ 5 ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ ที่จ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ในช่วงเริ่มต้นจ่ายกระแสให้ระบบ มีค่าอยู่ที่ประมาณ 4 A เป็นเวลา 150 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่อุณหภูมิภายในมีค่าต่ำกว่า 4°C อุปกรณ์ควบคุมจึงตัดการจ่ายกระแส ส่งผลให้เส้นกราฟของกระแสไฟฟ้าหลังจากเวลาผ่านไป 150 นาที มีลักษณะขึ้น-ลงอยู่ในช่วง 3.6 A ถึง 4.0 A ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าของตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบที่สภาวะในการทดสอบดังที่กำหนดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 47.2 W ถึง 53.3 W โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50.5 W

โดยข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าจากรูปที่ 5 ได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบ ด้วยวิธีการออกแบบของ Rosenblum [5] โดยใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ที่กรุงเทพในเดือนที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดในการออกแบบ ซึ่งได้ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าแบบมีแบตเตอรี่ประกอบจากการทดสอบโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง

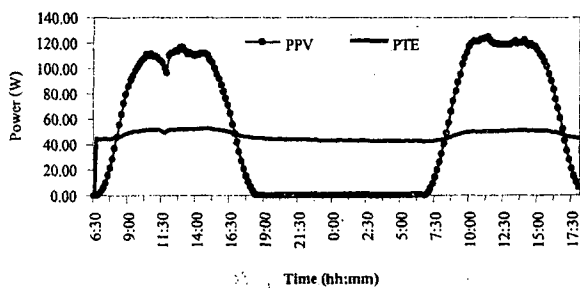
LOEP (%)	I_b (kWh/m ² -day)	C_L (Days)	PV (Wp)	Battery Capacity (Ah)
0.1	2.85	5.81	361.45	1174.21
1	2.94	3.97	350.90	802.91
10	3.08	2.52	334.91	509.18

จากข้อมูลการออกแบบของตารางที่ 1 เลือกใช้ขนาดระบบที่ค่า Loss of Energy Probability (LOEP) ที่ 10% สำหรับการทดสอบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบได้ข้อมูลการทดสอบดังกราฟรูปที่ 6 และ กราฟรูปที่ 7



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการทดสอบของอุณหภูมิกับค่ารังสีอาทิตย์ (กรณีใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบ)

จากรูปที่ 6 แสดงถึงอุณหภูมิภายในตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเป็นการทดสอบระบบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ผลของการทดสอบพบว่า ระยะเวลาในการทำให้สภาวะของอุณหภูมิภายในตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบลดลงจากอุณหภูมิ 25°C มาอยู่ที่ระดับ 4°C ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 50 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่อุณหภูมิภายในตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาผักขึ้น โดยความชื้นภายในตู้แช่ผักขึ้นลดลงจาก $46.5\% \text{RH}$ ลงมาอยู่ระดับ $33\% \text{RH}$ ถึง $34\% \text{RH}$ ซึ่งระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้จะลดลงจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ $13\% \text{RH}$ ซึ่งช่วงเวลาที่ตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกใช้กำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า อุณหภูมิภายในตู้จะลดลงจากอุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงเวลาที่ใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เนื่องจากช่วงที่ใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงกว่าการใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลการทดสอบของพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับค่าการใช้พลังงานของตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริก (กรณีใช้พลังงานจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบ)

จากรูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะการใช้กำลังไฟฟ้าของตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า ลักษณะของการใช้กำลังไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ คือในช่วงเวลาเช้าเส้นกราฟ

จะมีลักษณะค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึงเวลาประมาณ 16.30 น. เส้นกราฟก็จะเริ่มลดลง สาเหตุเนื่องจากระบบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์ที่มีค่าสูงขึ้นตามความเข้มรังสีอาทิตย์ จึงทำให้เส้นกราฟมีลักษณะสูงขึ้นและส่งผลให้ตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย ซึ่งค่าการใช้กำลังไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันมีค่าอยู่ที่ประมาณ 50W ถึง 52 W ส่วนช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็นที่ปริมาณแสงไม่เพียงพออุปกรณ์ควบคุม (Solar Charger and Controller) จะควบคุมให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าจาก 2 แหล่งผสมกันระหว่างกำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่กับกำลังไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 46 W ถึง 50 W และในเวลากลางคืนมีการใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยตรง มีค่าอยู่ระหว่าง 43 W ถึง 45 W โดยค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1108.5 Wh

จากข้อมูลความสิ้นเปลืองพลังงานที่ได้จากการทดสอบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 1108.95 Wh/day และสามารถออกแบบขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบโดยใช้กำลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดที่กรุงเทพฯ ตามวิธีการออกแบบ [5] ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบ

LOEP (%)	I_b (kWh/m ² -day)	C_L (days)	PV (Wp)	Battery Capacity (Ah)
0.1	2.85	5.81	330.71	1074.38
1	2.94	3.97	321.06	734.64
10	3.08	2.52	306.43	465.88

5. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้ง 2 แบบพบว่า

5.1 การทดสอบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบโดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ใช้เวลาในการทำความเย็นจากอุณหภูมิห้องทดสอบที่ 25°C จนถึง 4°C ที่ 2 ชั่วโมง 30 นาที และสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์จากเริ่มต้นที่ $60\% \text{RH}$ มาอยู่ที่ระดับ $44.5\% \text{RH}$ ถึง $50\% \text{RH}$ ลักษณะการกระจายอุณหภูมิภายในตู้แช่ผักขึ้นมีค่าอยู่ที่ $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และมีการใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 47.2 W ถึง 53.3 W และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50.5 W

5.2 การทดสอบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบโดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่ประกอบ ใช้เวลาในการทำความเย็นจากอุณหภูมิห้องทดสอบที่ 25°C จนถึง 4°C ที่ 2 ชั่วโมง 40 นาที และสามารถลดความชื้นสัมพัทธ์จากเริ่มต้นที่จาก $46.5\% \text{RH}$ มาอยู่ที่ระดับ $33\% \text{RH}$ ถึง $34\% \text{RH}$ มีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 43 W ถึง 52 W และมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน 1108.95 Wh/day

5.3 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์น้อยกว่าค่าประเมินพลังงานที่ได้จากการทดสอบด้วยการใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เนื่องจากการจ่ายด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงมีการตั้งค่าพลังงานไว้ที่ค่าการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเทอร์โมอิเล็กทริก แต่ในการทำงานจริงเทอร์โมอิเล็กทริกจะทำงานที่ค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 77.75% ของค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของเทอร์โมอิเล็กทริก

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] WHO and UNICEF, 1994, "Expanded Programme on Immunization," WHO/UNICEF Product Information Sheets 1993/1994, pp. 1-4.
- [2] Lucas, L., 1999, Guide to Solar Refrigerators for Remote Areas and Warm Countries, Paris, International Institute of Refrigeration, 120 p.
- [3] Melcor Corporation, 2000, "Structure and Function," <http://www.melcor.com/structur.htm>
- [4] Rowe, D.M., 1995, CRC Handbook of Thermoelectric, Florida, CRC Press LLC, 701 p.
- [5] Rosenblum, L., 1985, Practical Aspect of Photovoltaic Technology, Applications, and Cost (Revised), Michigan, University of Michigan, pp. (12-1)-(12-27).
- [6] วีรชัย เลิศสถาพรสุข, 2543, การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้สำหรับระบบตู้แช่วัคซีนพลังแสงอาทิตย์, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 108 หน้า.