

การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกระจายความร้อน



ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2561

การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน



ณัฐพล เข้มเพ็ชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบาย
ความร้อน

ณัฐพล เข้มเพ็ชร

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อักรินทร์ อินทนิเวศน์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช พลวงษ์ศรี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อเรื่อง	การเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กระจายความร้อน
ชื่อผู้เขียน	นายณัฐพล เข็มเพชร
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัครินทร์ อินทนิเวศน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหากำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยวขนาด 10 W โดยจะใช้รูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ต่อขนานกันโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเท่ากับ 2, 4 และ 6 V และกระแสไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 A โดยด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดอยู่กับแผ่นอลูมิเนียมด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะติดฉนวนกันความร้อนกับแผ่นอลูมิเนียมเพื่อป้องกันความร้อนภายนอก ส่วนด้านร้อนจะติดอยู่กับแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมแบบครีบบุ้งด้วยยูเรเนียมในน้ำเฉพาะพื้นที่ครีบบุ้ง จากนั้นทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่มีแสงตกกระทบ เพื่อหากำลังไฟฟ้าและจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ให้ค่า Q_{Cool} และ COP สูงสุด จากการทดสอบพบว่ารูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น สามารถให้ค่า Q_{Cool} และ COP สูงสุดอยู่ที่ 27.2 W และ 6.81 ตามลำดับ ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V และกระแสไฟฟ้า 2 A เมื่อได้กำลังไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีที่สุดแล้ว จึงนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบการติดตั้งมาทดสอบกับความเข้มแสง 1,000 W/m² จากหลอด Halogen tungsten พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 96 °C ให้กำลังการผลิตไฟฟ้า 5.7 W มีประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 7.2% ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีอุณหภูมิเฉลี่ย 90 °C ให้กำลังการผลิตไฟฟ้า 6.0 W มีประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 7.5% ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิลงได้เฉลี่ย 6 °C จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 4.2% จากการศึกษาสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อทำนายกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ตั้งสมการ $P_{pv} = a + bI_t + cI_t^2 + dT_{pv} + eI_tT_{pv} + fI_t^2T_{pv}$

คำสำคัญ : แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก, สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น, การทำความเย็นที่ด้านเย็น
ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก, แผงเซลล์แสงอาทิตย์



Title	EFFICIENCY ENHANCEMENT OF SOLAR CELLPANELS USING THERMOELECTRIC COOLING
Author	Mr. Natthaphon Khemphet
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Akarin Intaniwet

ABSTRACT

The objective of this study was to examine the appropriate electrical power distributed to the thermoelectric model in order to reduce the temperature of the 10 W monocrystalline Si solar panel. The number of thermoelectric panels attached at the back of the solar panel varies from 1, 3, 5, 7, and 9 panels. Each thermoelectric was connected in parallel and the DC power supply was used to provide voltage (2, 4, 6 V) and current (0.5, 1.0, 2.0 A) to the thermoelectric. The cool side of thermoelectric was attached to aluminum plate at the back of the solar panel. An insulating layer was put on the aluminum plate to prevent heat absorption from environment. The hot side of thermoelectric was attached to the aluminum fin which was immersed in water. The coefficient of performance (COP) and thermoelectric cooling (Q_{cool}) was determined without accidental sunlight on the solar panel. It was found that installation of 7 thermoelectric panels provides the highest Q_{cool} and COP of 27.2 W, 6.81, respectively, at the voltage of 2 V and current of 2 A. Henceforth, the solar panel attached with 7 thermoelectric panels was tested under the simulated sunlight from the Halogen tungsten lamps at the intensity of $1,000 \text{ W/m}^2$. It was observed that the temperature of the solar panel without the thermoelectric reached $96 \text{ }^\circ\text{C}$ with electric power of 5.7 W at 7.2% in efficiency. On the other hand, the temperature of the solar panel with thermoelectric reduced to $90 \text{ }^\circ\text{C}$ the power generation increased to 6.0 W and 7.5% in efficiency. Installation of thermoelectric can reduce the average temperature of the solar panel by about $6 \text{ }^\circ\text{C}$ and hence can increase the conversion efficiency by 4.2%. Based on this study, the

regression analysis was employed to predict the electrical power generated from the solar panel and the equation can be written as $P_{pv} = a + bt + ct^2 + dT_{pv} + etT_{pv} + ft^2T_{pv}$.

Keyword : Thermoelectric, Coefficient of performance, Cooling on the cold side of the thermoplastic sheet, Solar panel



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นผลงานที่ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญ และมีความตั้งใจในการทุ่มเททั้งสติปัญญา กำลังกายรวมถึงกำลังใจ ที่มีส่วนส่งผลให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ความสำเร็จเหล่านี้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้เลย หากไม่ได้รับการอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ และคำแนะนำในทุกๆ ด้านจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อักรินทร์ อินทนิเวศน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่า สำหรับการมาเป็นประธานกรรมการสอบ อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังได้รับคำแนะนำและการให้คำปรึกษาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช พลวงษ์ศรี และรองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ ซึ่งท่านทั้งสองเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความกรุณาสำหรับคำแนะนำ การให้ความรู้ คำปรึกษา ในส่วนของปัญหาต่างๆ ของงานวิจัยเพื่อให้เกิดความสำเร็จ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้ประสบผลสำเร็จ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ และครูทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาวิชาความรู้ อบรมสั่งสอน คอยแนะนำผู้วิจัย จนกระทั่งผู้วิจัยมีความสำเร็จในวันนี้

ขอกราบขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ ทนุอุดหนุนการวิจัยแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษาประจำปีงบประมาณ 2559 กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจสำหรับการต่อสู้กับอุปสรรคต่างๆ ที่มีอยู่เสมอมาตลอดการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือสำหรับการติดต่อประสานงานต่างๆ จนกระทั่งผู้วิจัยได้เกิดผลสำเร็จในวันนี้

ณัฐพล เข็มเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ซ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สารบัญภาคผนวก.....	ฒ
อักษรย่อ และสัญลักษณ์.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มา.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ของการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
พลังงานแสงอาทิตย์.....	6
แผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
1. ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
2. ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
3. ลักษณะของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
4. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	12
5. อัตราความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	13
แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	14
1. ปฏิกิริยาการซีเบก.....	14
2. ปฏิกิริยาการเพลเทียร์.....	16
3. ลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	17
4. ลักษณะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	18
5. การระบายความร้อนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	20

6. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	45
อุปกรณ์ และเครื่องมือตรวจวัดในงานวิจัย	45
การติดตั้งชุดทดสอบ	53
วิธีการทดสอบ	57
สร้างสมการทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์	59
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	60
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	61
ผลทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ การ	
ทำความเย็นได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์	61
ผลของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติ และแผงทดสอบ	84
ผลทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ	85
การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	88
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	94
สรุปผลการวิจัย.....	94
ข้อเสนอแนะ	95
บรรณานุกรม.....	96
ภาคผนวก.....	100
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดสอบ.....	101
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณ	110
ภาคผนวก ค รายละเอียดการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	113
ภาคผนวก ง บทความนำเสนอทางวิชาการ	116
ประวัติผู้วิจัย.....	136

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดสอบ	26
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบหล่อเย็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์	37
ตารางที่ 3 รายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่ง และเครื่องมือวัดสำหรับบันทึกข้อมูล.....	56



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การใช้พลังงานจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย.....	1
ภาพที่ 2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	2
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการเกิดกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	3
ภาพที่ 4 ผลกระทบของชั้นบรรยากาศโลกที่มีต่อรังสีแสงอาทิตย์	7
ภาพที่ 5 รังสีที่แผ่มายังชั้นบรรยากาศโลก	7
ภาพที่ 6 ลักษณะส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
ภาพที่ 7 ลักษณะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละประเภท (A) แบบผลึกเดี่ยว, (B) แบบผลึกรวม และ (C) แบบอะมอร์ฟัส.....	10
ภาพที่ 8 กราฟคุณลักษณะของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์	11
ภาพที่ 9 กราฟลักษณะของค่า Fill Factor ของเซลล์แสงอาทิตย์	12
ภาพที่ 10 รูปแบบการทดลองของ Thomas Seebeck	15
ภาพที่ 11 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบก	16
ภาพที่ 12 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลเทียร์.....	17
ภาพที่ 13 ลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	18
ภาพที่ 14 ขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แตกต่างกัน	18
ภาพที่ 15 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตไฟฟ้า	19
ภาพที่ 16 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตความเย็น	20
ภาพที่ 17 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ถึงเก็บน้ำร้อน.....	21
ภาพที่ 18 ระบบระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	23
ภาพที่ 19 อุปกรณ์การทดลองเปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีการระบายความร้อน. 24	24
ภาพที่ 20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีและไม่มีการระบายความร้อน	24
ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนติดตั้งระบบระบายความร้อนกับกำลังการผลิตไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	25
ภาพที่ 22 ลักษณะของการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง	26
ภาพที่ 23 กำลังไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ทดสอบภายใน และภายนอกห้องสุญญากาศ	27
ภาพที่ 24 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อพื้นที่ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	27
ภาพที่ 25 ตำแหน่งในการติด Thermistor สำหรับการวัดอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	28
ภาพที่ 26 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ (a) ชุดทดสอบจริง และ (b) หลักการทำงานของชุดทดสอบ ..	29

ภาพที่ 27 อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับ
แผงระบายความร้อนแบบครีบบ้าน และแบบครีบบวมด 29

ภาพที่ 28 ตำแหน่งของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลดลง จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับ
แผงระบายความร้อนแบบครีบบวมด 30

ภาพที่ 29 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง (a) ลักษณะในการทดลอง และ (b) รูปแบบที่ใช้ทดลองจริง ... 31

ภาพที่ 30 ไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ตามผลต่างของอุณหภูมิ. 31

ภาพที่ 31 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบายความร้อน โดยใช้น้ำพ่นหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์.. 32

ภาพที่ 32 อุณหภูมิที่ต่างกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ และควบคุม ตามเวลาในการทดลอง 33

ภาพที่ 33 การผลิตไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งแผงระบายความร้อน. 34

ภาพที่ 34 ไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งแผงระบายความร้อน . 34

ภาพที่ 35 ระบบระบายความร้อน CPU ที่ใช้ในการทดสอบ 35

ภาพที่ 36 การระบายความร้อน CPU ด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (A) แบบไม่มีไหล และ (B) แบบมี
ไหล 36

ภาพที่ 37 (A) รูปแบบการใช้น้ำหล่อเย็น และ (B) การใช้แผงระบายความร้อนแบบครีบบ้าน 37

ภาพที่ 38 รูปแบบการทดสอบเพื่อนำความร้อนไปใช้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (A)
รวมแสงที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ (B) รวมแสงส่องให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 38

ภาพที่ 39 ออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็น 39

ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิของการทดลองการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับ
ระบบอัดไอน้ำของตู้ทำความเย็น 40

ภาพที่ 41 ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของตู้ทำน้ำเย็นจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 41

ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก..... 41

ภาพที่ 43 แผ่นผ้าเพดานทำความเย็น และตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ 42

ภาพที่ 44 อุณหภูมิห้องทดสอบเฉลี่ย ขณะที่ไม่มีไม่มีไหลภาวะความเย็น โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ
แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 2.5 A..... 43

ภาพที่ 45 ระบบผลิตน้ำร้อน และปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก . 44

ภาพที่ 46 การเปรียบเทียบค่า COP จากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าในระบบทดสอบ 44

ภาพที่ 47 การเปรียบเทียบค่า COP จากการปรับความเร็วลมในระบบทดสอบ..... 44

ภาพที่ 48 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบ..... 46

ภาพที่ 49 แผ่นอลูมิเนียม 46

ภาพที่ 50 แผ่นฉนวนกันความร้อน..... 47

ภาพที่ 51 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมที่ใช้ทดสอบ 47

ภาพที่ 52 เครื่องพาวเวอร์ซัพพลาย.....	48
ภาพที่ 53 เครื่องมือวัดความเข้มแสง.....	48
ภาพที่ 54 เครื่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	49
ภาพที่ 55 สายเทอร์โมคัปเปิล Type K.....	49
ภาพที่ 56 เครื่องบันทึกข้อมูลรุ่น EZ data logger รุ่น I-7018R.....	50
ภาพที่ 57 โคมสปอร์ตไลท์ และหลอดไฟ Halogen tungsten.....	50
ภาพที่ 58 เสาตั้งโคมสปอร์ตไลท์.....	51
ภาพที่ 59 โครงเสาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	51
ภาพที่ 60 ภาพขณะสำหรับชุดทดสอบกับปริมาตรน้ำ.....	52
ภาพที่ 61 กระดานตารางเช็คความเข้มแสง.....	52
ภาพที่ 62 ลักษณะของชุดทดสอบ.....	53
ภาพที่ 63 ลักษณะการติดแผ่นอลูมิเนียม และฉนวนกันความร้อน.....	54
ภาพที่ 64 ลักษณะรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	55
ภาพที่ 65 ลักษณะการป้ายซิลิโคนระบายความร้อน.....	55
ภาพที่ 66 จุดวัดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	56
ภาพที่ 67 จุดวัดข้อมูลของชุดทดสอบ.....	56
ภาพที่ 68 ชุดทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์ สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	57
ภาพที่ 69 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ.....	58
ภาพที่ 70 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	60
ภาพที่ 71 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A.....	62
ภาพที่ 72 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A.....	63
ภาพที่ 73 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A.....	65
ภาพที่ 74 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A.....	66
ภาพที่ 75 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A.....	68

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก. 1 ผลการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A.....	101
ภาคผนวก ก. 2 ผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	104
ภาคผนวก ก. 3 ประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน	107
ภาคผนวก ข. 1 ส่วนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	110
ภาคผนวก ข. 2 ส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	112
ภาคผนวก ค. 1 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 1 แผ่น.	113
ภาคผนวก ค. 2 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 3 แผ่น	114
ภาคผนวก ค. 3 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 5 แผ่น	114
ภาคผนวก ค. 4 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 7 แผ่น	115
ภาคผนวก ค. 5 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 9 แผ่น	115
ภาคผนวก ง. 1 ผลงานบทความนำเสนอทางวิชาการครั้งที่ 1.....	116
ภาคผนวก ง. 2 ผลงานบทความนำเสนอทางวิชาการครั้งที่ 2.....	126

อักษรย่อ และสัญลักษณ์

อักษรย่อ	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่	m ²
A _{mpv}	พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์	m ²
COP	สัมประสิทธิ์สมรรถนะ	
d	ความหนาของวัสดุ	m
FF	ฟิลล์แฟคเตอร์	
I	กระแสไฟฟ้า	A
I _m	กระแสไฟฟ้าสูงสุด	A
I _m	กระแสไฟฟ้าสูงสุด	A
I _{m, STC}	กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่มาตรฐานการทดสอบ	A
I _{sc}	กระแสไฟฟ้าลัดวงจร	A
I _t	ค่ารังสีจากหลอดไฟ Halogen tungsten	W/m ²
k	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/m·°C
P	กำลังไฟฟ้า	W
P _H	อัตราความร้อนที่ระบายได้	W/m·°C
P _m	กำลังไฟฟ้าสูงสุด	W
P _{m, STC}	กำลังไฟฟ้าสูงสุดจากมาตรฐานการทดสอบที่ค่ารังสีอาทิตย์	W
P _{pV}	กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	W
P _{pV, Exp}	กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จากการทดสอบ	W
P _{pV, Sim}	กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จากการทำนาย	W
Q _{cool}	อัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	W
Q̇ _{mpv}	อัตราความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์	W
Q _{TE}	อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ถึงเก็บน้ำร้อน	W
q̇ _{ab}	ความร้อนที่โลหะตัวนำสามารถพาความร้อนได้	W
R	ความต้านทานภายในของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	Ω
T	อุณหภูมิ	°C
T _a	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	°C
T _C	อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	°C, K

อักษรย่อ	ความหมาย	หน่วย
T_h	อุณหภูมิด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	$^{\circ}\text{C}$, K
T_{pv}	อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์	$^{\circ}\text{C}$
$T_{pv, Exp}$	อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการทดสอบ	$^{\circ}\text{C}$
$T_{pv, Sim}$	อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการทำนาย	$^{\circ}\text{C}$
T_s	อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนที่เวลาเริ่มต้น	$^{\circ}\text{C}$
V	แรงดันไฟฟ้า	V
$V_{m, STC}$	แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่มาตรฐานการทดสอบ	V
V_{oc}	แรงดันไฟฟ้าวงจรมืด	V

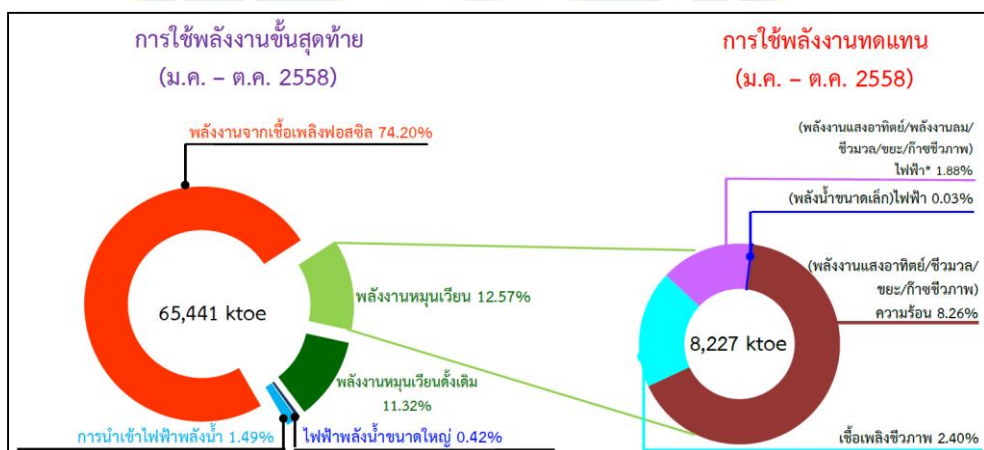
สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
η	ประสิทธิภาพ	%
α	ค่าการดูดกลืนแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	
α_I	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของกระแสลัดวงจร	$\%/^{\circ}\text{C}$
α_{Sb}	สัมประสิทธิ์ของซีแบก	V/K
β_v	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแรงดันวงจรมืด	$\%/^{\circ}\text{C}$
τ	ค่าการส่องผ่านแสงของเซลล์แสงอาทิตย์	
Π	สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ที่ประจุไฟฟ้า 1 ประจุสามารถพาไปได้	V

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มา

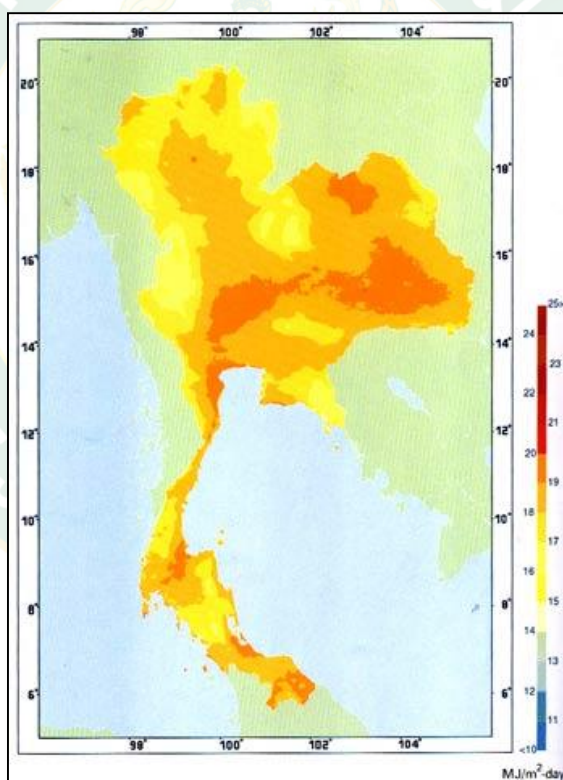
สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในเดือน มกราคม-ตุลาคม พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานปริมาณ 65,441 ktoe เทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงระยะเวลาเดียวกันของปีก่อน 2.3% คิดเป็นมูลค่ากว่า 911,257 ล้านบาท (ศุขสุเมฆ, 2557) เมื่อประเทศไทยมีแผนพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งเน้นไปทางภาคอุตสาหกรรมเป็นผลทำให้ทั้งพลังงานไฟฟ้า และพลังงานเชื้อเพลิงมีความต้องการเป็นอย่างมาก การไฟฟ้าจึงต้องผลิตไฟฟ้าให้ทันต่อความต้องการ โดยใช้โรงงานผลิตจากน้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา ทำให้ต้นทุนด้านพลังงานของประเทศไทยมีค่าสูงกว่าประเทศอื่นๆ ความเป็นอยู่ของประชาชนจึงต้องเผชิญกับปัญหาราคาพลังงาน จึงมีการแสวงหาพลังงานทางเลือกใหม่ที่จะนำมาใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล เป็นต้น เพื่อให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ. 2554-2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558-2579 ซึ่งพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 8,227 ktoe เทียบเท่าน้ำมันดิบ (กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน, 2558) ดังภาพที่ 1 เพิ่มขึ้น 9.1% จากช่วงเดียวกันของปีก่อน และสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2553 ตั้งแต่เริ่มมีแผนอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงานทดแทนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษา และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 1 การใช้พลังงานจากแหล่งต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

ที่มา: กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน (2558)

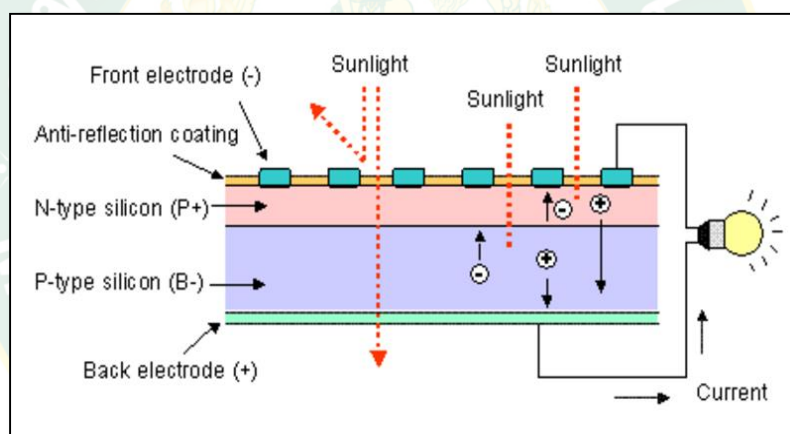
พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ (ชาย, 2543) ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ใกล้กับบริเวณเส้นศูนย์สูตร จึงมีค่าความเข้มของรังสีตกกระทบรวมรายวันอยู่ในระดับสูง และจากการค้นคว้าพัฒนางานวิจัยของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้มีการจัดทำแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลทางดาวเทียมของประเทศไทย ดังภาพที่ 2 ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าศักยภาพความเข้มแสงของพลังงานแสงอาทิตย์ มีการกระจายอยู่ทั่วทุกพื้นที่ของประเทศไทย โดยมีมากในส่วนของพื้นที่ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียง ซึ่งปริมาณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี ทุกพื้นที่ในประเทศไทย มีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) จะเห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพทางพลังงานแสงอาทิตย์ที่สูง ซึ่งแหล่งพลังงานนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้สองด้านหลัก คือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง และการผลิตไฟฟ้าโดยการสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2554)

โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับความนิยมและสามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) มารับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า (เรื่องเล่าในรั้วโซลาร์ฟาร์ม, 2550) ใช้สารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลางโดยโฟตอน (Photon) จากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานกระตุ้นให้กับอิเล็กตรอนในอะตอมของสารกึ่งตัวนำ จนพอจะทำให้เกิดการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานจากระดับเวเลนซ์ (Valence band) ไปอยู่ระดับ คอนดักชัน (Conduction band) เกิดเป็นคู่ประจุบวก และประจุลบ จากนั้นสนามไฟฟ้าในรอยต่อพีเอ็น (P-N junction) จะทำหน้าที่ในการแยกคู่ประจุนี้ให้เป็นประจุอิสระ และประจุอิสระเหล่านี้จะสามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้า ดังภาพที่ 3 ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ได้จะเป็นกระแสตรง (Direct current) หากต้องการที่จะแปลงกระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ ก็จะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ในการแปลงกระแสไฟฟ้า ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมแก่การนำมาผลิตไฟฟ้าอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานดังที่กล่าวไว้



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการเกิดกระแสไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: ไพลีฐ (2554)

การนำมาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้า ยังคงมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น แสงอาทิตย์จะมีเฉพาะในเวลากลางวัน ความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอน เป็นต้น ซึ่งตัวแปรสำคัญที่จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพหรือไม่ ต้องมีการพิจารณาในแต่ละพื้นที่ตลอดจนการคำนวณระบบ หรือจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ มีดังนี้

1. กระแสไฟฟ้า (Current) จะมีสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์นั่นคือ เมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงตาม ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่

เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสง ซึ่งความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่ใช้วัดเป็นมาตรฐาน จะมีค่าเท่ากับ $1,000 \text{ W/m}^2$ ที่ AM 1.5 (Air Mass 1.5)

2. แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% ในขณะที่กระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปน้อยมาก ซึ่งใช้มาตรฐานกำหนดประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เช่น หากกำหนดว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage) ที่ 24 V ณ อุณหภูมิ $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ หมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะไม่ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จะเท่ากับ 24 V แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เช่น ที่อุณหภูมิ $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 5% จาก $(0.5\% \times 10 \text{ }^{\circ}\text{C})$ คือแรงดันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่วงจรเปิดจะลดลง 1.2 V จาก $(24 \text{ V} \times 5\%)$ เหลือเพียง 22.8 V จาก (24 V) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิมิมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าเป็นอย่างมาก (Lee, 2013) เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้นก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น (ไพบูลย์, 2550) แต่ตามสภาวะแวดล้อมจริงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงค่าแรงดันไฟฟ้าจึงน้อยลง ทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้ลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Sark, 2011) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นคือ อุณหภูมิ

งานวิจัยนี้จะศึกษาแนวทางในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้งานร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับแผงระบายความร้อน ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะสามารถเปลี่ยนความร้อนเป็นกระแสไฟฟ้าและในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกก็จะเปลี่ยนไปเป็นความเย็น หรือความเย็นได้ ซึ่งเหมาะกับการนำด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และด้านร้อนจะอาศัยน้ำสำหรับช่วยในการระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเหมาะกับรูปแบบของโซลาร์ฟาร์มในอนาคตที่จะหันมาสร้างในรูปแบบของโซลาร์ฟาร์มลอยน้ำ โดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น จะมีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์น้อยกว่าวิธีอื่นๆ ที่จะต้องมีการสร้างระบบไหลเวียนน้ำ หรือเครื่องมืออื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้มาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ต้องมีการซ่อมบำรุงรักษา ดังเช่นอุปกรณ์อื่นๆ อีกทั้งขณะทำงานยังไม่มีเสียงรบกวน มีชิ้นส่วนน้อยในการทำงาน ไม่ต้องอาศัยคอมเพรสเซอร์ และในการทำความเย็นก็ไม่ต้องอาศัยสารทำงาน ซึ่งหากเกิดการรั่วไหลก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย จึงอาศัยคุณสมบัตินี้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นเพื่อเป็นแนวทางในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าตามสภาวะแวดล้อมการทำงานจริงในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดสอบการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
2. เพื่อหาค่าลิ่งไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. เพื่อหาจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม สำหรับระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีการระบายความร้อนด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 W สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ
2. ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็นตั้งแต่ 0.5-2 A และ 2-6 V
4. ใช้แผงระบายความร้อนร่วมกับน้ำสำหรับดึงความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้รูปแบบที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ทราบถึงจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน
4. ได้สมการที่สามารถทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน

บทที่ 2

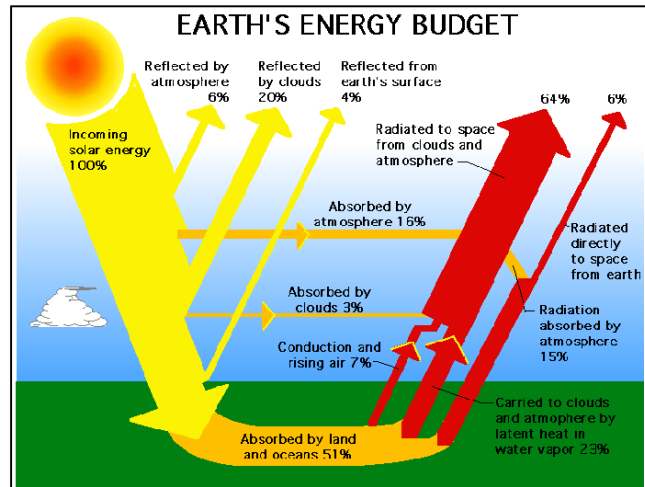
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัยในส่วนของกระบวนความร้อนแฝงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีเนื้อหาของงานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยที่สำคัญ นั่นคือการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเกิดความร้อนสะสมจึงได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกช่วยในการลดความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งหมดจึงได้นำมาเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังนี้

พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาด และยั่งยืน จึงมีความเหมาะสมที่จะสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อย่างดี ซึ่งกว่าที่พลังงานแสงอาทิตย์จะเดินทางมายังโลก ต้องผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ก่อนที่จะรับเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ผลิตเป็นพลังงานได้ จึงมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก การหมุนรอบตัวเองของโลก อีกทั้งโลกยังมีการหมุนรอบแกนกลางในลักษณะเอียง ดังนั้นแสงที่เดินทางมายังโลก ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จึงมีส่วนเกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อความเข้มของรังสีอาทิตย์ในการนำมาใช้ประโยชน์

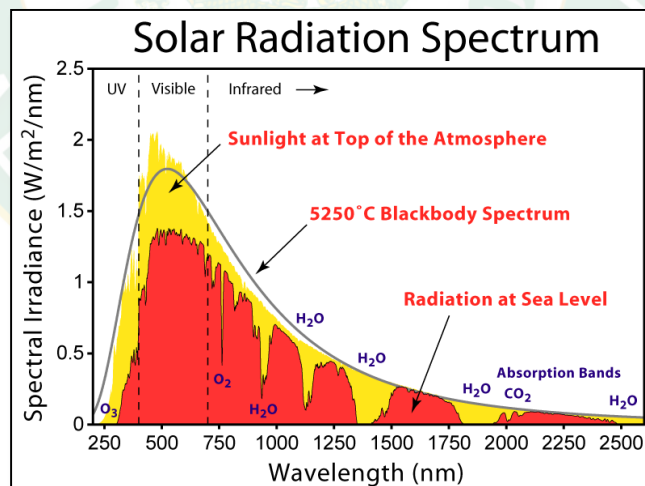
พลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ (Thermonuclear reaction) หรือปฏิกิริยาหลอมตัวทางนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลกจะมีความเข้มแสงโดยเฉลี่ยประมาณ $1,372 \text{ W/m}^2$ ซึ่งกว่าจะเดินทางลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปกับการผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ดังภาพที่ 4 ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มแสงลดลงเหลือประมาณ $1,000 \text{ W/m}^2$ หรือประมาณ 70% (วฤทธิ, 2557)



ภาพที่ 4 ผลกระทบของชั้นบรรยากาศโลกที่มีต่อรังสีแสงอาทิตย์

ที่มา: วุฑฒิ (2557)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมายังโลกจะถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศของโลกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งรังสีต่างๆ ที่แผ่มายังชั้นบรรยากาศโลกจะประกอบไปด้วย รังสีช่วงคลื่นสั้น รังสีช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible) และรังสีช่วงคลื่นยาวดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 รังสีที่แผ่มายังชั้นบรรยากาศโลก

ที่มา: Shepherd (1998)

ส่วนประเภทของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังผิวโลกสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. รังสีตรง (Beam or direction) คือรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง และตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ซึ่งทิศทางของรังสีตรงจะอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

2. รังสีกระจาย (Diffuse radiation) คือรังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลก และวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง ซึ่งรังสีกระจายนี้จะมาจากทุกทิศทางของท้องฟ้า

3. รังสีรวม (Total or global radiation) คือผลรวมของรังสีตรง และรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียงรังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้า และผิวโลก (เขตเวลา, 2558) โดยเรียกรังสีรวมนี้ว่า Total radiation สำหรับกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมของท้องฟ้าไม่มีส่วนที่มาจากผิวโลก ซึ่งจะเรียกรังสีรวมในกรณีนี้ว่า Global radiation

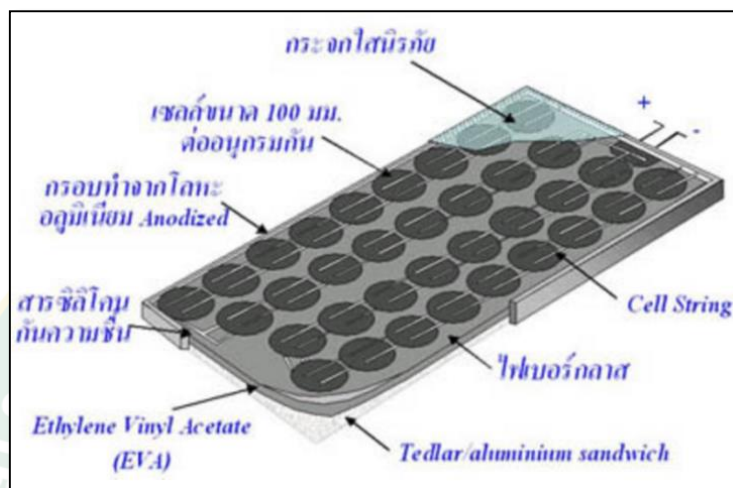
แผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) มีโครงสร้างเป็นแบบรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูก และมีมากที่สุดบนโลกก็คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาใช้สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนเพื่อทำให้บริสุทธิ์จนกระทั่งกลายเป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อ P-N เมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัสจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N และเมื่อเติมสารเจือโบรอนจะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงจากหลอดไฟที่มีความเข้มแสงเพียงพอ แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current: DC) ถือว่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์แสงอาทิตย์นี้ เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด และไม่สร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมในขณะใช้

1. ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมากซึ่งการนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวน และขนาดที่เหมาะสมดังภาพที่ 6 เรียกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module หรือ Solar panel) ซึ่งการทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีลักษณะออกมาเป็นรูปแบบนี้ดังกล่าวก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน โดยด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะ

ป้องกันแผ่นเซลล์ได้ดีอีกด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนาน ซึ่งในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทน และป้องกันความชื้นได้ดี เช่น ซิลิโคน และอีวีเอ (Ethylene vinyl acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง



ภาพที่ 6 ลักษณะส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: โรงไฟฟ้ากองพัฒนาพลังงานทดแทนฝ่ายแผนงานพัฒนา (2554)

2. ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

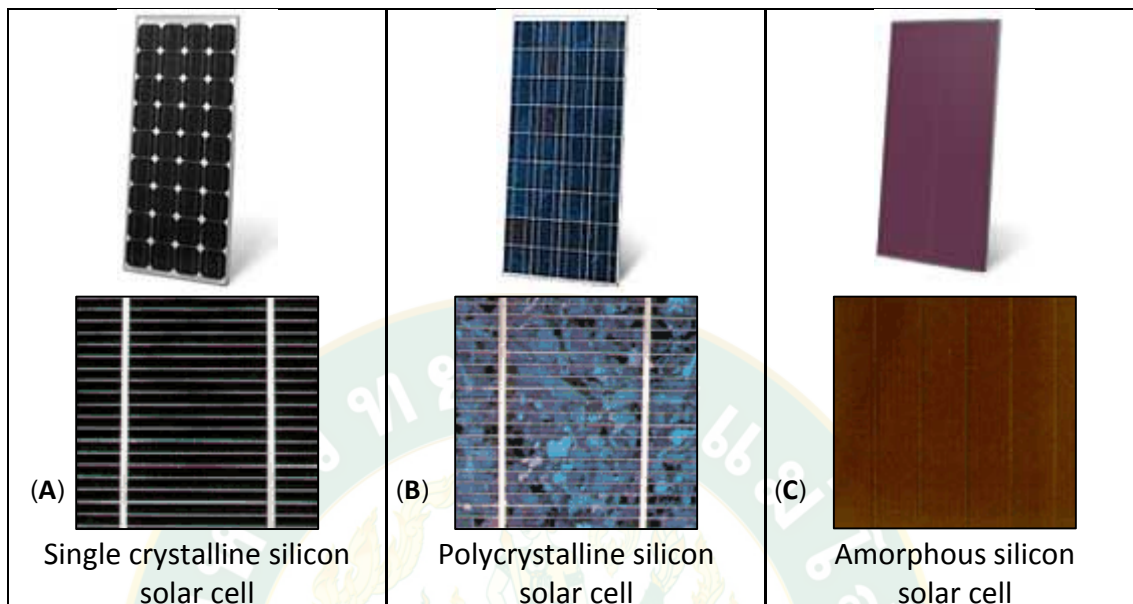
ประเภทของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะแบ่งตามลักษณะของวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ ดังภาพที่ 7 ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักๆ ดังนี้

2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ผลิตจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single crystalline silicon solar cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono crystalline silicon solar cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline silicon solar cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็ง และบางมาก

2.2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ผลิตจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous silicon solar cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 micron (0.0005 mm) น้ำหนักเบา และประสิทธิภาพเพียง 5-10%

2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลียม, อาร์เซไนต์, แคดเมียม, เทลเลไนด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single crystalline) และ

ผลึกรวม (Polycrystalline) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำจากแกเลียม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25%

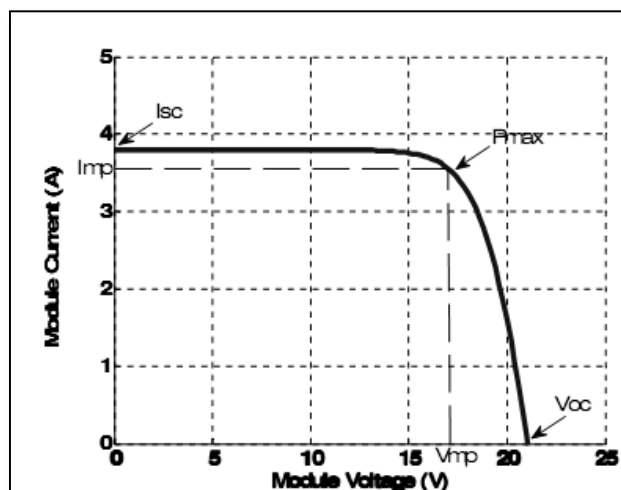


ภาพที่ 7 ลักษณะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละประเภท (A) แบบผลึกเดี่ยว, (B) แบบผลึกรวม และ (C) แบบอะมอร์ฟัส

ที่มา: โรงไฟฟ้ากองพัฒนาพลังงานทดแทนฝ่ายแผนงานพัฒนา (2554)

3. ลักษณะของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงได้โดยใช้ I-V Curve ซึ่งใช้ตรวจสอบกำลังการผลิตสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หากอุณหภูมิของเซลล์ และปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าคงที่ สามารถสร้าง I-V Curve ได้ดังภาพที่ 8 จะมีจุดที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเรียกว่า Maximum power point (MPP หรือ P_m) ซึ่งหาได้จากค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเท่ากับค่ากระแสไฟฟ้าคูณกับค่าแรงดันไฟฟ้า โดยจุดตัดแกนตั้งที่ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์จะเป็นค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร ส่วนจุดตัดแกนนอนที่ให้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์จะเป็นค่าแรงดันวงจรเปิด



ภาพที่ 8 กราฟคุณลักษณะของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: เดชนิตธร (2554)

ซึ่งในการพิจารณาลักษณะของกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้อง (Omer et al., 2017) สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้

3.1 กระแสลัดวงจร (I_{sc}) คือค่ากระแสที่วัดจากการลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อไม่มีโหลดทางไฟฟ้า หรือภาระทางไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ โดยกระแสลัดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะเพิ่มขึ้นตามค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.2 แรงดันวงจรเปิด (V_{oc}) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดขณะเปิดวงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อภาระไฟฟ้ามีค่าสูงมาก โดยค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดนี้จะมีสัมพันธ์กับค่ารังสีอาทิตย์ในรูปแบบของลอการิทึม (logarithm)

3.3 กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m) คือค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และอุณหภูมิของตัวเซลล์ที่ค่าหนึ่งๆ เมื่อนำภาระทางไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อเข้ากับเซลล์แสงอาทิตย์

3.4 กระแสสูงสุด (I_m) คือค่ากระแสที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

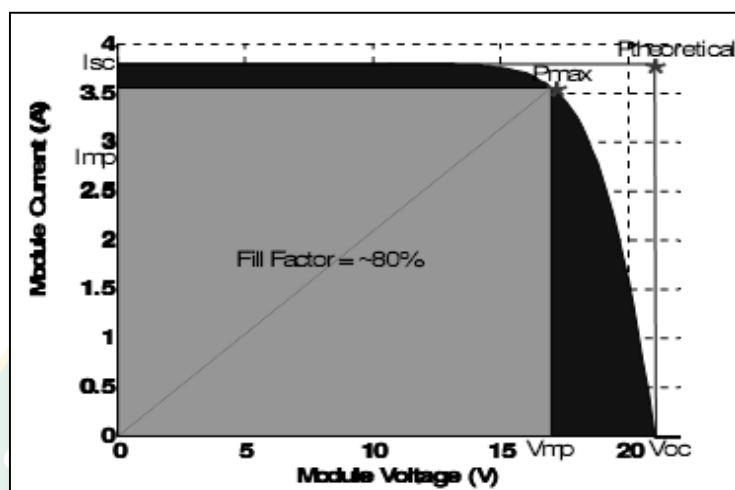
3.5 แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_m) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมภาระทางไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3.6 ฟิลล์แฟคเตอร์ (Fill Factor, FF) คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างกระแสลัดวงจรกับแรงดันวงจรเปิดดังภาพที่ 9 ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 1 ซึ่งแผงเซลล์

แสงอาทิตย์ที่มีคุณภาพดี ควรจะมีค่าฟิลล์แฟคเตอร์เข้าใกล้ 1 เพื่อที่จะทำให้จุดทำงาน (Operating point) เข้าใกล้จุดที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$FF = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}}$$

สมการที่ 1



ภาพที่ 9 กราฟลักษณะของค่า Fill Factor ของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: เดชนิตธร และวันชัย (2554)

3.7 ประสิทธิภาพสูงสุด (η_m) คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\eta_m = \frac{I_m V_m}{I_t A_{mpv}} \times 100\%$$

สมการที่ 2

เมื่อ I_t = ค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2)

A_{mpv} = พื้นที่รับแสงของแผงเซลล์อาทิตย์ (m^2)

4. ผลของอุณหภูมิที่มีต่อกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานได้ดีเต็มประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อ มีการนำมาใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ตรงกับมาตรฐานในการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นั่นก็คือ การที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์ $1,000 W/m^2$ ที่ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และอุณหภูมิ $25^\circ C$ จึงจะสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพสูงสุด แต่การใช้งานจริงแล้ว ไม่สามารถที่จะควบคุมความเข้มแสงอาทิตย์ได้ $1,000 W/m^2$ ตลอดเวลา และยังเกิดการสะสมความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จึงทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง (Siecker et al., 2017) ซึ่งผลของอุณหภูมิที่มีต่อกระแส และแรงดันไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถหาได้จากสมการดังนี้

เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความเข้มแสงที่มีค่ามาก กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จึงมีค่าที่เพิ่มขึ้นดังสมการที่ 3 แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามไปด้วย

$$I = I_{m,STC} (1 + \alpha_I \Delta T_{STC}) \quad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ $I_{m,STC}$ = ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่มาตรฐานการทดสอบ (A)
 α_I = ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของกระแสลัดวงจร (%/°C)
 ΔT_{STC} = ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากค่าอุณหภูมิมาตรฐาน 25 °C

เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง เนื่องจากเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการสะสมความร้อนที่แผงเพิ่มขึ้น มากกว่ามาตรฐานในการทดสอบที่ 25 °C จะทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลงดังสมการที่ 4

$$V = V_{m,STC} (1 - \beta_V \Delta T_{STC}) \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ $V_{m,STC}$ = ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่มาตรฐานการทดสอบที่ค่ารังสีอาทิตย์ (V)
 β_V = ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแรงดันวงจรเปิด (%/°C)

โดยเมื่อนำสมการที่ 3 และ 4 มารวมกันในการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่ ΔT_{STC} เป็นผลต่างของอุณหภูมิที่มาจากค่าเดียวกัน จะพบว่าอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงไปดังสมการที่ 5

$$P = P_{m,STC} [1 + (\alpha_I - \beta_V) \Delta T_{STC}] \quad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ $P_{m,STC}$ = ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากมาตรฐานการทดสอบที่ค่ารังสีอาทิตย์ (W)

5. อัตราความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

อัตราความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดจากการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เมื่อผ่านกระจกใสที่มีค่าส่องผ่านแสงแล้ว จะถูกดูดซับด้วยผิวหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้เกิดการสะสมของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น (Tabet, 2014) ซึ่งอัตราความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้จาก

สมการที่ 6 ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งความเข้มของค่ารังสีแสงอาทิตย์ (I_t) หรือพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (A_{mpv}) มีค่ามากก็จะยิ่งส่งผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีอัตราความร้อนสะสมที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น จึงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จากมาตรฐานการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% จึงต้องมีวิธีการสำหรับลดอัตราความร้อนสะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

$$\dot{Q}_{mpv} = (\tau\alpha)_t A_{mpv}$$

สมการที่ 6

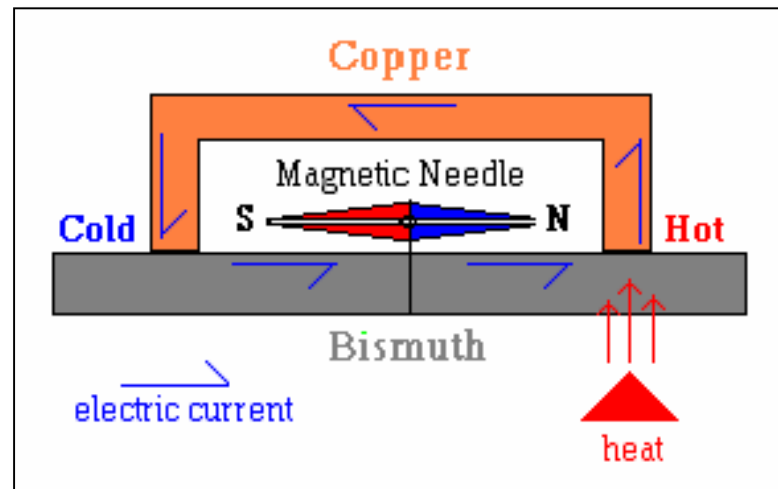
เมื่อ \dot{Q}_{mpv}	= อัตราความร้อนที่ถูกดูดกลืนโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W)
τ	= ค่าการส่องผ่านแสงของเซลล์แสงอาทิตย์
α	= ค่าการดูดกลืนแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
I_t	= ค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2)
A_{mpv}	= พื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (m^2)

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงการเริ่มต้นพบปรากฏการณ์ซีเบก และที่ปรากฏการณ์เพลเทียร์ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์สำคัญที่ทำให้เกิดการพัฒนา และคิดค้นผลิตแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขึ้นมาในปัจจุบัน รวมไปถึงลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก การใช้งานหรือลักษณะการทำงาน ซึ่งจะต้องมีการระบายความร้อนด้วยแผงระบายความร้อน และประสิทธิภาพของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งทั้งหมดเป็นรากฐานที่เกี่ยวข้องกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ เมื่อได้รับความร้อน และยังสามารถผลิตความเย็น ได้เมื่อได้รับไฟฟ้าดังนี้

1. ปรากฏการณ์ซีเบก

เมื่อปี ค.ศ. 1821 Thomas Johann Seebeck ได้ค้นพบว่าถ้าให้ความร้อนระหว่างรอยต่อของโลหะ 2 ชนิด จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายโลหะทั้งสอง เนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในโลหะด้านร้อนจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าโลหะด้านเย็น และเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดังภาพที่ 10 จึงทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณอิเล็กตรอนที่ปลายโลหะนั้น



ภาพที่ 10 รูปแบบการทดลองของ Thomas Seebeck

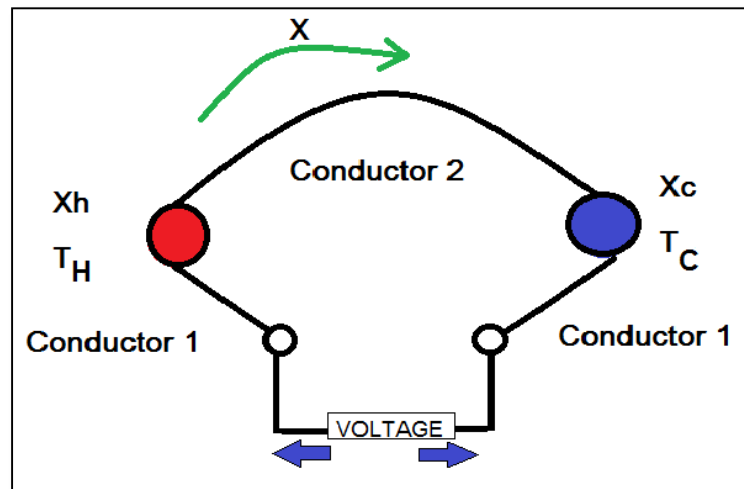
ที่มา: อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (2557)

ซึ่งจากภาพที่ 11 จะเห็นว่ามีเส้นลวดโลหะสองชนิด (Conductor 1 และ Conductor 2) ถูกเชื่อมต่อโดยจุดเชื่อมต่อ Xh ซึ่งมีอุณหภูมิสูง (T_H) และจุด Xc ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ (T_C) ไฟฟ้าในตัวนำ จะมีทิศทางไปในทิศทางเดียวกันกับการถ่ายเทอุณหภูมิ (Temperature gradient) ตามทิศทาง x ที่บริเวณด้านร้อนจะมีพลังงานสูง จึงพยายามแผ่ไปหาด้านที่เย็นกว่าเพื่อลดพลังงานลงทำให้ไฟฟ้าอยู่ในภาวะสมดุล เนื่องจากลวดตัวนำทั้งสองเป็นโลหะต่างชนิดกัน จึงมีค่าสัมประสิทธิ์การนำไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ (α_{Sb}) ไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดแรงดันคร่อมจุดเชื่อมต่อทั้งสอง (ซีลวีช และสอรอรธ, 2555) Seebeck จึงได้สรุปว่าความแตกต่างของอุณหภูมิในโลหะมีผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าปรากฏการณ์ซีเบก (Seebeck effect) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ต่างกันของจุดต่อทั้งสองกับแรงดันที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$\alpha_{Sb} = \frac{\Delta V}{(T_H - T_C)}$$

สมการที่ 7

เมื่อ α_{Sb}	= สัมประสิทธิ์ของซีเบก (V/K)
ΔV	= ผลต่างความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)
T_H	= อุณหภูมิด้านร้อน (K)
T_C	= อุณหภูมิด้านเย็น (K)



ภาพที่ 11 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบก

ที่มา: ชัยรัช (2555)

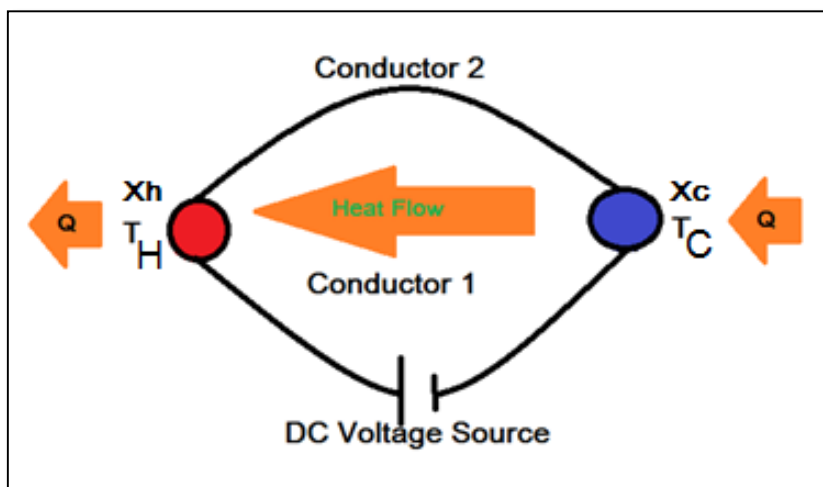
2. ปรากฏการณ์เพลเทียร์

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean Peltier ได้ทำการทดลองจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในโลหะทองแดง และบิสมัทที่เชื่อมต่อกัน พบว่ารอยต่อระหว่างทองแดง และบิสมัทข้างหนึ่งจะร้อนขึ้น ส่วนอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง เนื่องจากคุณสมบัติของโลหะแต่ละชนิดเมื่อกลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนผ่านโลหะด้านหนึ่งจะปลดปล่อยความร้อน แต่อีกด้านหนึ่งจะดูดกลืนความร้อน ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ จึงมีการแพร่ของอุณหภูมิจากจุด Xc ไปยังจุด Xh ทำให้อุณหภูมิที่จุด Xc มีค่าลดลงเท่ากับ T_C และทำให้อุณหภูมิที่จุด Xh มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ T_H ดังภาพที่ 12 ซึ่งเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) และสามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\dot{q}_{ab} = (\Pi_1 - \Pi_2) \times I$$

สมการที่ 8

- เมื่อ \dot{q}_{ab} = ความร้อนที่โลหะตัวนำสามารถพาความร้อนได้ (W)
 Π = สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ที่ประจุไฟฟ้า 1 ประจุสามารถพาไปได้ (V)
 I = กระแสไฟฟ้า (A)



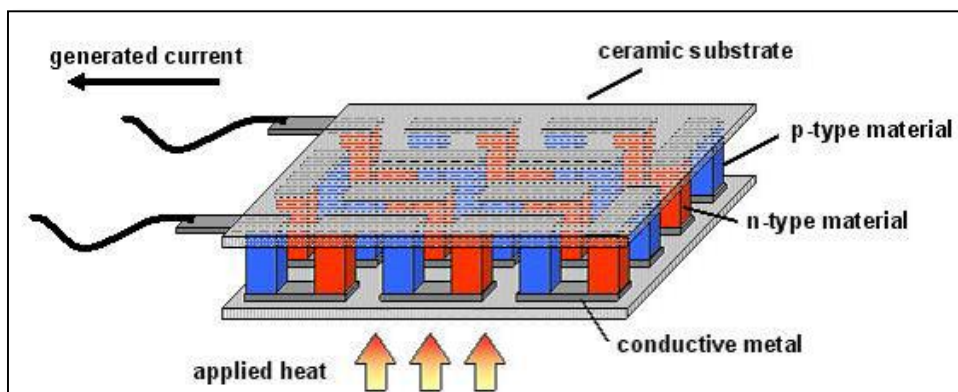
ภาพที่ 12 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลเทียร์

ที่มา: ชัยธวัช (2555)

3. ลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

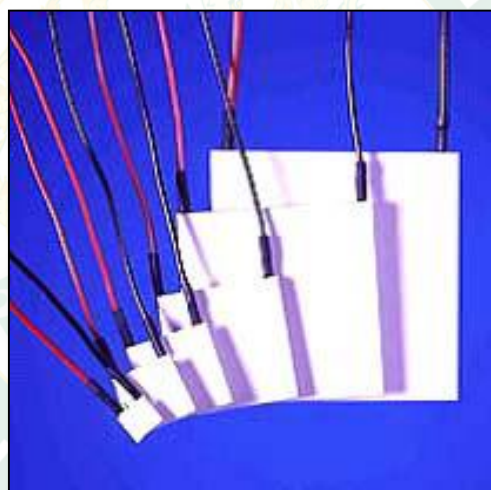
แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นแผ่นที่มีผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นในการใช้งานไม่สูงมากประมาณ $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ที่ไม่มีภาวะความร้อน ลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 13 มีหลายรูปแบบ ทั้งขนาด และรูปร่าง อีกทั้งยังมีคุณสมบัติหลายอย่างให้เลือกตามการใช้งานดังภาพที่ 14 เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดัน และความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถสรุปลักษณะ และคุณสมบัติของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (อิทธิเทพ, 2555) ได้ดังนี้

1. ขนาดพื้นที่ผิวหน้าเซรามิกส์มีขนาดตั้งแต่ 1.8×3.4 - $62 \times 62\text{ mm}^2$
2. ความสูงมีขนาดตั้งแต่ 2.54 - 5.8 mm
3. ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุดตั้งแต่ 0.2 - 125 W
4. ค่ากระแสสูงสุดตั้งแต่ 0.8 - 60 A
5. ค่าแรงดันสูงสุดตั้งแต่ 0.4 - 15.4 V



ภาพที่ 13 ลักษณะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ที่มา: ชัยธวัช (2555)



ภาพที่ 14 ขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แตกต่างกัน

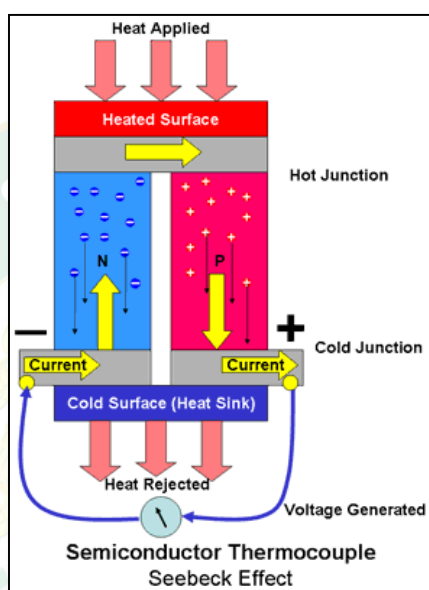
ที่มา: อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (2557)

4. ลักษณะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และในทางตรงกันข้ามเมื่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับไฟฟ้ายังสามารถเปลี่ยนเป็นไปเป็นความร้อนและความเย็นได้ ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) และชนิดพี (P-type) มาเรียงสลับกัน โดยมีโลหะนำไฟฟ้ามาเชื่อมเป็นจุดเชื่อมต่อให้มีลักษณะสลับกันไปเป็นคู่ๆ เมื่อนำไปต่อเข้าโหลดก็จะทำให้ครบวงจร

4.1 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตไฟฟ้า (Thermoelectric generator)

การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตไฟฟ้านั้น สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนผ่านแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อน และทำการระบายความร้อนหรือดึงความร้อนอีกด้านหนึ่งของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ด้านเย็น) โดยการใช้แผงระบายความร้อน (Heat sink) ประคบไว้ด้วยซิลิคอน ระบายความร้อนดังภาพที่ 15 ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

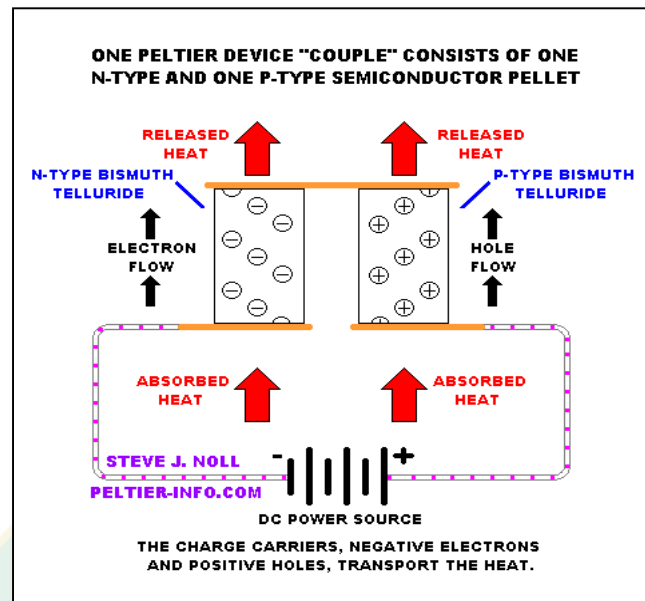


ภาพที่ 15 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตไฟฟ้า

ที่มา: ชัยธวัช (2555)

4.2 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตความเย็น (Thermoelectric cooler)

สำหรับการใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการผลิตความเย็น ยังสามารถทำความเย็นได้อีกด้วยซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะนิยมนำมาใช้ในการผลิตความเย็น สามารถทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนก็จะเกิดความร้อน ส่วนด้านเย็นก็จะเกิดความเย็นดังภาพที่ 16 หากต้องการนำไปใช้เป็นระยะเวลาสั้น เพื่อให้ความร้อนหรือความเย็นกระจายได้อย่างเต็มที่ จะต้องมีแผงระบายความร้อน (Heat sink) สำหรับด้านร้อน หรือแผงระบายความเย็นสำหรับด้านเย็น ขณะมีการจ่ายไฟฟ้าจึงจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามความเหมาะสม



ภาพที่ 16 การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตความเย็น

ที่มา: ชัยธวัช (2555)

5. การระบายความร้อนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

การระบายความร้อนนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญมากสำหรับการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพราะพลังงานไฟฟ้าที่จะได้จากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกล้วนแต่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ดังนั้นถ้าการระบายความร้อนไม่ดีอุณหภูมิทั้งสองข้างของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าใกล้เคียงกัน ผลก็คือสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาคิดเป็นพลังงานได้น้อย และมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับพลังงานความร้อนที่ใส่เข้าไป

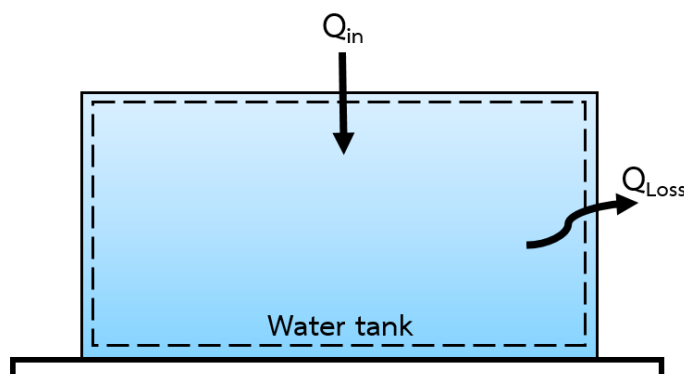
แผงระบายความร้อน (Heat sink) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนออกจากตัวอุปกรณ์โดยอาศัยหลักของอุณหพลศาสตร์ โดยพลังงานที่มีอุณหภูมิสูงจะไหลไปหาอุณหภูมิต่ำ ซึ่งประสิทธิภาพของแผงระบายความร้อนจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity) อีกทั้งพื้นที่ผิวสัมผัสก็เป็นสิ่งสำคัญ ถ้าหากมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากก็จะสามารถส่งถ่ายพลังงานความร้อนได้มาก ซึ่งพลังงานความร้อนที่ระบายได้จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_H = \frac{kA\Delta T}{d}$$

สมการที่ 9

เมื่อ P_H = อัตราความร้อนที่ระบายได้ ($W/m \cdot ^\circ C$)
 k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m \cdot ^\circ C$)

- A = พื้นที่หน้าตัดของผิวสัมผัสของวัสดุ (m^2)
d = ความหนาของวัสดุ (m)



ภาพที่ 17 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่ถังเก็บน้ำร้อน

เมื่อแผงระบายความร้อนได้รับความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ในงานวิจัยนี้จึงได้อาศัยน้ำเป็นส่วนช่วยในการระบายความร้อนให้กับด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งหากพิจารณาสมดุลพลังงานดังเช่นถังเก็บน้ำร้อน โดยความร้อนที่เก็บสะสมของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนจะมีค่าเท่ากับผลต่างของความร้อนที่น้ำในถังเก็บน้ำร้อนได้รับความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกับความร้อนสูญเสียที่ถังเก็บน้ำร้อน ซึ่งพิจารณาในกรณีที่มีมวลของน้ำไม่มีการแยกชั้น และถังเก็บน้ำร้อนหุ้มฉนวนอย่างดีไม่เกิดการสูญเสียความร้อน (Cadafalch et al., 2015) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10

$$Q_{TE} = (Mcp)_s \frac{T_s t + \Delta t - T_s}{\Delta t} \quad \text{สมการที่ 10}$$

- เมื่อ Q_{TE} = อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ถังเก็บน้ำร้อน (W)
 $(Mcp)_s$ = ผลคูณของมวลและความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/K)
 Δt = เวลาที่อุณหภูมิของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง (s)
 $T_s t + \Delta t$ = อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาเปลี่ยนไป (K)
 T_s = อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนที่เวลาเริ่มต้น (K)

6. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

การใช้งานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในด้านการผลิตความเย็นจากไฟฟ้าที่ได้รับ ซึ่งโดยปกติแล้วทางเทอร์โมไดนามิกส์จะนิยมใช้ค่าที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of performance, COP) ในการแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น (เจริญพร, 2547) ซึ่ง

สามารถหาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดังสมการต่อไปนี

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{Cool}}}{\text{Power}_{\text{input}}} \quad \text{สมการที่ 11}$$

โดยที่ค่า (Q_{Cool}) และ $\text{Power}_{\text{input}}$ เป็นค่าที่มาจากหน่วยเดียวกัน ดังนั้นการทำความเย็นที่ด้านเย็น (Q_{Cool}) จะสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_{\text{Cool}} = (\alpha_{\text{Sb}} \pi T_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T) \quad \text{สมการที่ 12}$$

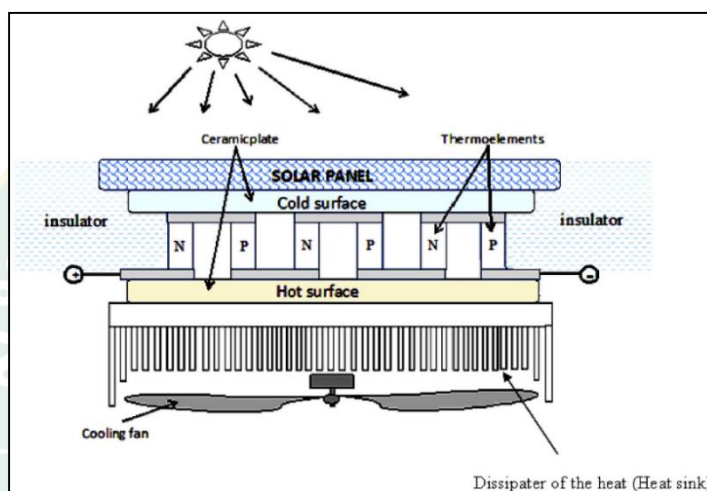
เมื่อ Q_{Cool}	= การทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)
α_{Sb}	= สัมประสิทธิ์ของซีเบก (V/K)
R	= ความต้านทานภายในของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Ω)
K	= ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (WK^{-1})
I	= กระแสไฟฟ้า (A)
T_c	= อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)
ΔT	= ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และอุณหภูมิด้านเย็น (K)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้งานร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ได้มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

Benghanem et al. (2016) ได้ศึกษาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหันด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดเข้ากับด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยจะใช้พัดลมที่ติดกับแผงระบายความร้อนเป็นตัวระบายความร้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 18 ซึ่งในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสภาพแวดล้อมของประเทศชูดาน จะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 40-50 °C จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเป็นเวลา 3 year และในบางครั้งอุณหภูมิอาจจะมีมากกว่า 50 °C จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดการสะสมของอุณหภูมิสูงสุดถึง 83 °C ซึ่งโดยปกติแล้วประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง 0.5% ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 °C จาก 25 °C เพื่อลดผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ และสร้างสมการจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานร่วมกับแผ่นเทอร์

โมอิล็กทริก และนำไปหาจำนวนเงินลงทุนในการติดตั้งระบบที่เปลี่ยนแปลงไปตามกำลังการผลิต ซึ่งเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการระบายความร้อนดังภาพที่ 19 จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการระบายความร้อน ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าสูงกว่าการไม่มีระบบระบายความร้อนดังภาพที่ 20 และพบว่าเมื่อใช้ระบบระบายความร้อนนี้กับกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงขึ้น จะทำให้มูลค่าในการลงทุนลดต่ำลงดังภาพที่ 21 ซึ่งระบบระบายความร้อนโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิล็กทริกในการทดลองนี้สามารถอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 18 °C ทำให้ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น 6%



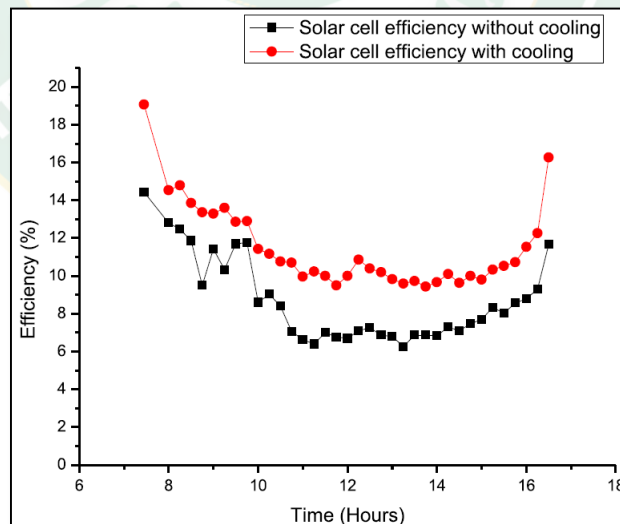
ภาพที่ 18 ระบบระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิล็กทริก

ที่มา: Benghanem et al. (2016)



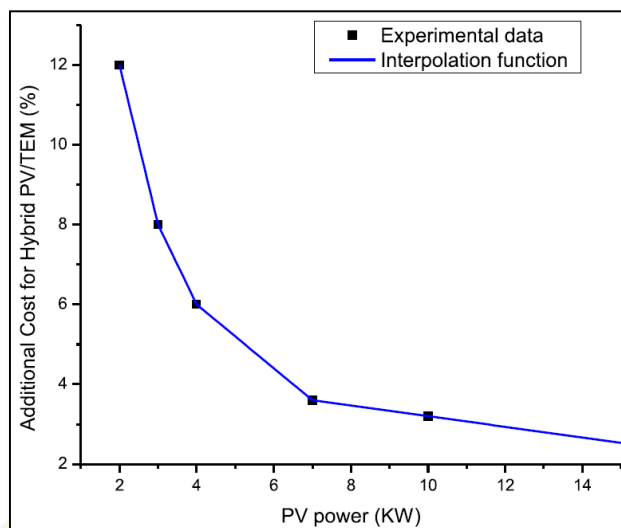
ภาพที่ 19 อุปกรณ์การทดลองเปรียบเทียบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีการระบายความร้อน

ที่มา: Benghanem et al. (2016)



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีและไม่มีการระบายความร้อน

ที่มา: Benghanem et al. (2016)

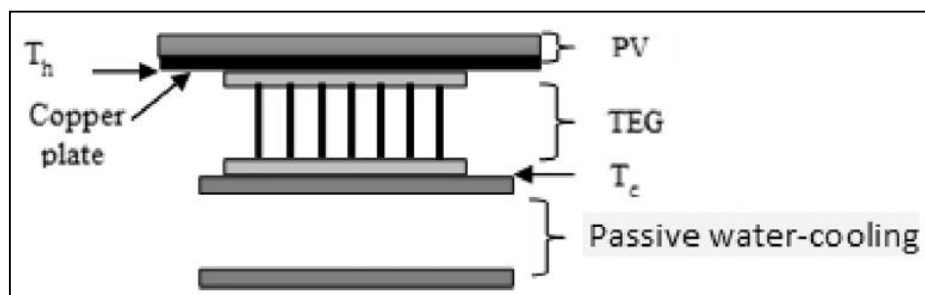


ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนติดตั้งระบบระบายความร้อนกับกำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: Benghanem et al. (2016)

Hashim et al. (2016) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทำงานร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งทำการทดลองในห้องสุญญากาศตามมาตรฐานการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสร้างสมการเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากบรรยากาศสภาพแวดล้อม ซึ่งโดยปกติแล้วความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อนที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะแตกต่างกับด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไม่มากนักทำให้ได้กระแสไฟฟ้าน้อยมาก จึงได้ใช้แผ่นทองแดงเป็นตัวดึงความร้อนด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำความร้อนถ่ายเทให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นการระบายความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกทางหนึ่ง ส่วนด้านเย็นสัมผัสไว้กับน้ำเพื่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านดังภาพที่ 22 ซึ่งจะกำหนดประเภทของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไว้ 8 ลักษณะดังตารางที่ 1 ในการสร้างแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์พบว่าแนวโน้มของสมการทางคณิตศาสตร์ และจากการทดลองมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างมาก ซึ่งจะเห็นได้จากภาพที่ 23 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในแต่ละลักษณะที่ทดสอบในห้องสุญญากาศ และนอกห้องสุญญากาศเปรียบเทียบกัน ส่วนภาพที่ 24 แสดงถึงขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจากการทดลองเปรียบเทียบกัน ซึ่งจากการทดสอบชี้ให้เห็นชัดเจนว่า สมการจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ และในการทดสอบนี้พบว่าเมื่อใช้แผ่นทองแดงที่ติดใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีขนาดเท่ากันจะทำให้เกิดความร้อนสะสม เป็นผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 2 mW ก็จะได้รับ การชดเชยกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 5.2 mW



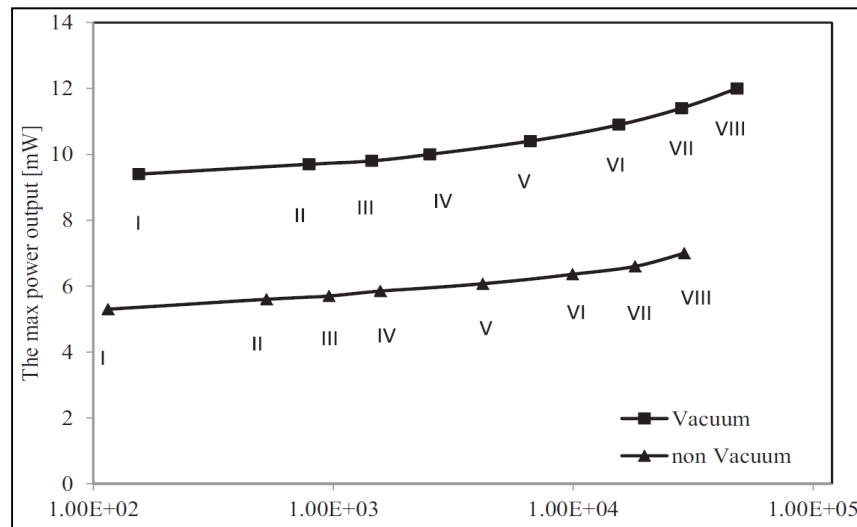
ภาพที่ 22 ลักษณะของการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

ที่มา: Hashim et al. (2016)

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดสอบ

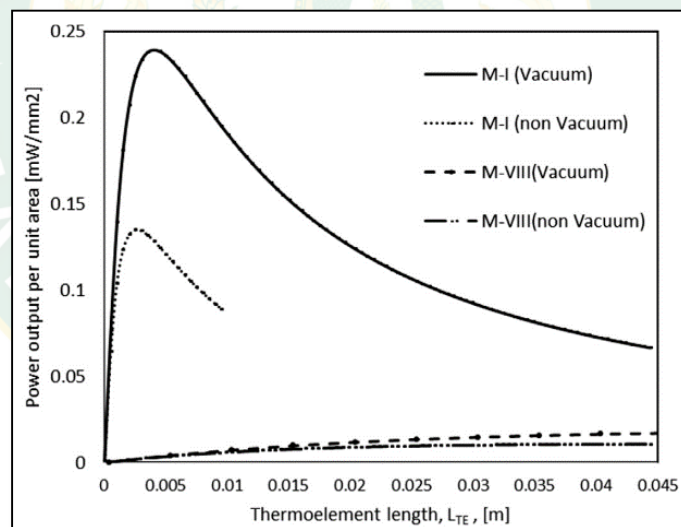
ประเภทของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	จำนวนคู่ P-N	พื้นที่ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (mm ²)
1	62	0.64
2	62	1.44
3	62	1.96
4	62	2.56
5	100	2.56
6	150	2.56
7	200	2.56
8	250	2.56

ที่มา: Hashim et al. (2016)



ภาพที่ 23 กำลังไฟฟ้าจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ทดสอบภายใน และภายนอกห้องสุญญากาศ

ที่มา: Hashim et al. (2016)

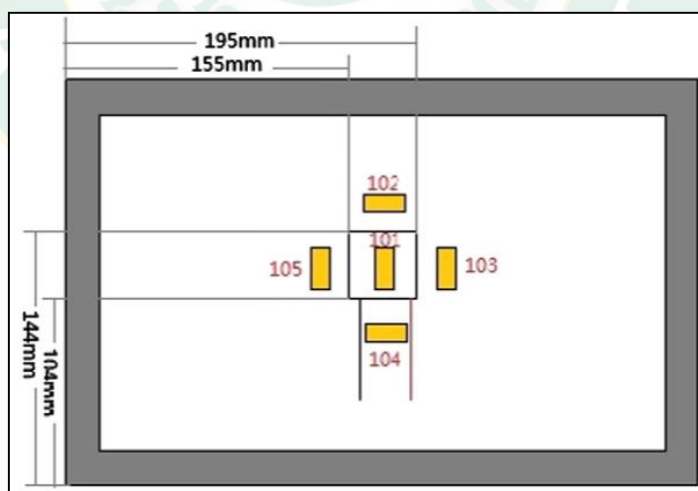


ภาพที่ 24 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อพื้นที่ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ที่มา: Hashim et al. (2016)

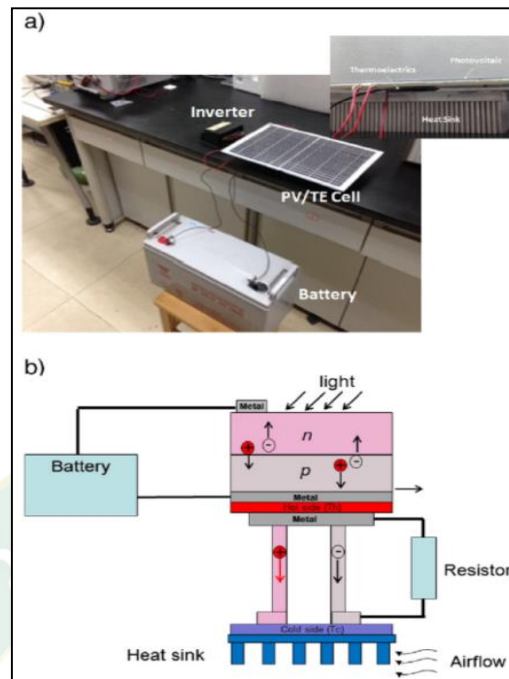
Wei Pang et al. (2014) ได้ศึกษาการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับแผงระบายความร้อนนิยมนแบบครีบบนแผ่นขนาด $128.8 \times 203.2 \times 35$ mm³ ครีบนหนา 4.45 mm ฐานสูง 5 mm ช่องว่างระหว่างครีบบน 10 mm และแบบครีบบนขนาด

132.4×210×30 mm³ หมุดหนา 4 mm ฐานสูง 10 mm ช่องว่างระหว่างหมุด 4 mm โดยวิธีการพาความร้อนแบบไม่บังคับมาใช้ในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ 25 °C ใช้ความเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten เครื่องหมายการค้า Philips รุ่น QVF137 ที่มีความเข้มแสง 1,000 W/m² โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว ประสิทธิภาพ 14.5% กำลังการผลิตไฟฟ้า 10 W พื้นที่รับแสง 0.0861 m² ในการทดสอบ และใช้ Thermistor รุ่น RTC103 ในการวัดอุณหภูมิ 5 ตำแหน่ง ใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงจุดที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848 ขนาด 40×40×3.8 mm บริเวณตรงกลาง และบริเวณโดยรอบด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพที่ 25 ซึ่งจะใช้ตัวต้านทานขนาด 1 k Ω เป็นตัวรับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบดังภาพที่ 26 ซึ่งจากการทดลองเริ่มแรกได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระหว่างแผงระบายความร้อนแบบครีบบ้าน และแบบครีบบน พบว่าแผงระบายความร้อนแบบครีบบนสามารถระบายความร้อนร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีกว่าแผงระบายความร้อนแบบครีบบ้านประมาณ 2 °C ดังภาพที่ 27 หลังจากนั้นเมื่อทำการทดสอบการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับแผงระบายความร้อนแบบครีบบน พบว่าอุณหภูมิบริเวณตรงกลางมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบอย่างมากดังภาพที่ 28 ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 6.75 °C และมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 27%



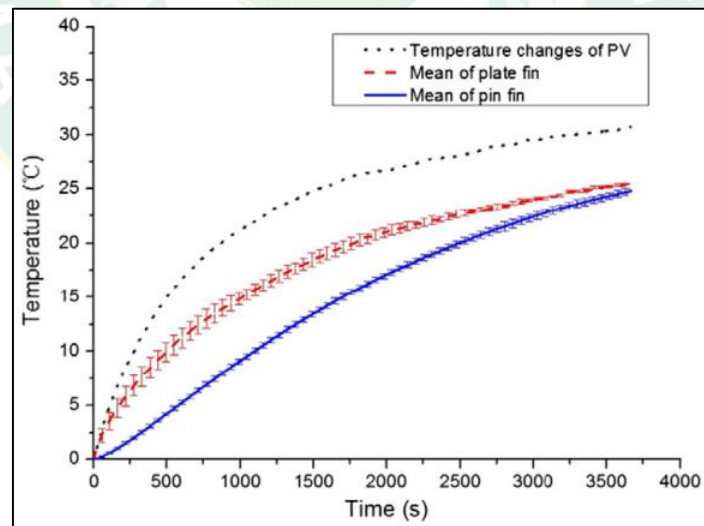
ภาพที่ 25 ตำแหน่งในการติด Thermistor สำหรับการวัดอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: Pang et al. (2015)



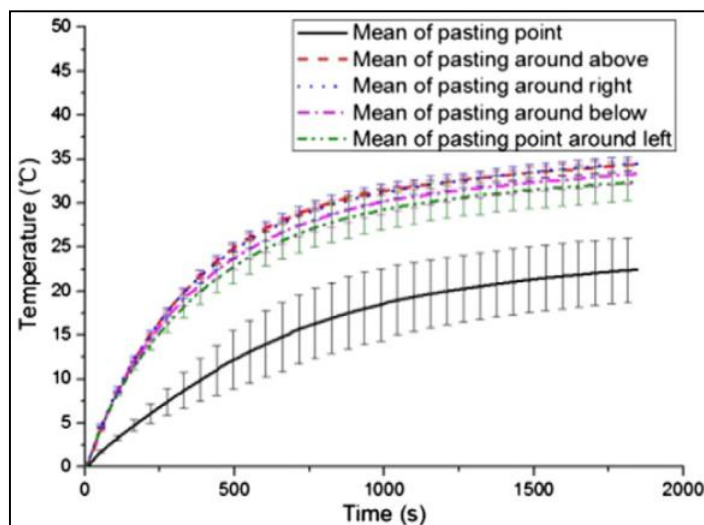
ภาพที่ 26 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ (a) ชุดทดสอบจริง และ (b) หลักการทำงานของชุดทดสอบ

ที่มา: Pang et al. (2015)



ภาพที่ 27 อุณหภูมิที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับ แผงระบายความร้อนแบบครีบบ้าน และแบบครีบกุ่ม

ที่มา: Pang et al. (2015)

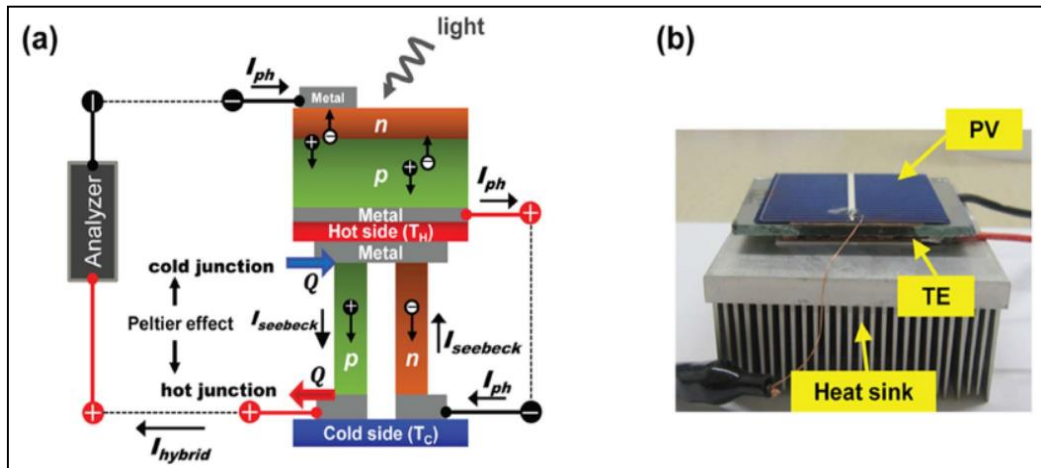


ภาพที่ 28 ตำแหน่งของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลดลง จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ร่วมกับแผงระบายความร้อนแบบครีบกมุด

ที่มา: Pang et al. (2015)

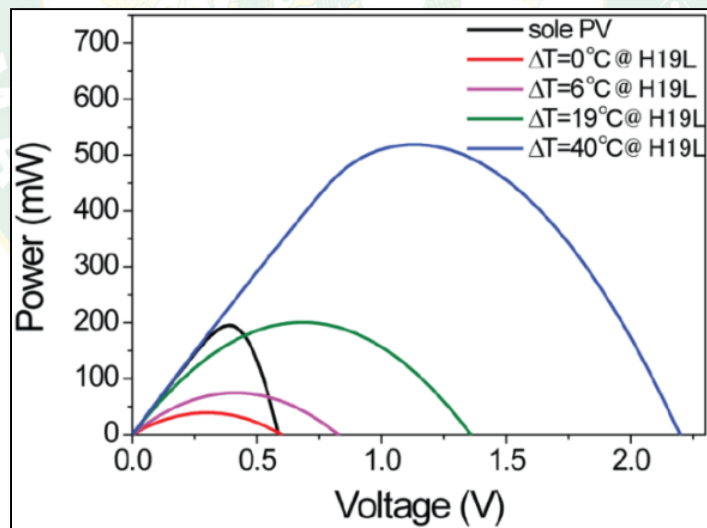
Kwang-Tae Park et al. (2013) ศึกษาวิธีการลดความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เกิดความร้อนสูงขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างการใช้งาน โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถเปลี่ยนจากความร้อนไปเป็นไฟฟ้า มาทำการระบายความร้อนเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งใช้วิธีการทดลองโดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 4, 8 และ 16 cm² ที่มีการสูญเสียแรงดันไฟฟ้าภายในเป็น 1.2, 1.9 และ 2.1 V ตามลำดับ ติดตั้งร่วมกับแผงระบายความร้อน เพื่อนำมาระบายความร้อนด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าดังภาพที่ 29 ภายใต้อุณหภูมิแผ่แสง 1,000 W/m² โดยทำการวัดค่าของอุณหภูมิจากการใช้สาย Thermocouples K-type ติดกับตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาความสามารถในการลดอุณหภูมิ และแสดงผลการทดลองออกมาในรูปแบบของกราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้า (I-V) จึงจะเห็นแนวโน้มของพลังงานไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกยังสามารถนำความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้าได้ดังภาพที่ 30 จึงสามารถนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอุปกรณ์ทั้งสองมารวมกันทำให้ได้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่มากขึ้น จากการออกแบบการทดลองดังกล่าวพบว่าเมื่อมีการสูญเสียแรงดันภายในที่แตกต่างกันไปตามขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีขนาด 4 cm² มีการสูญเสียแรงดันภายใน 1.2 V สามารถดึงความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดถึง 15 °C จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็น 30% ในการ

ผลิตไฟฟ้าร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจากเดิม 12.5% ตามรายละเอียดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระบุไว้



ภาพที่ 29 การติดตั้งอุปกรณ์ทดลอง (a) ลักษณะในการทดลอง และ (b) รูปแบบที่ใช้ทดลองจริง

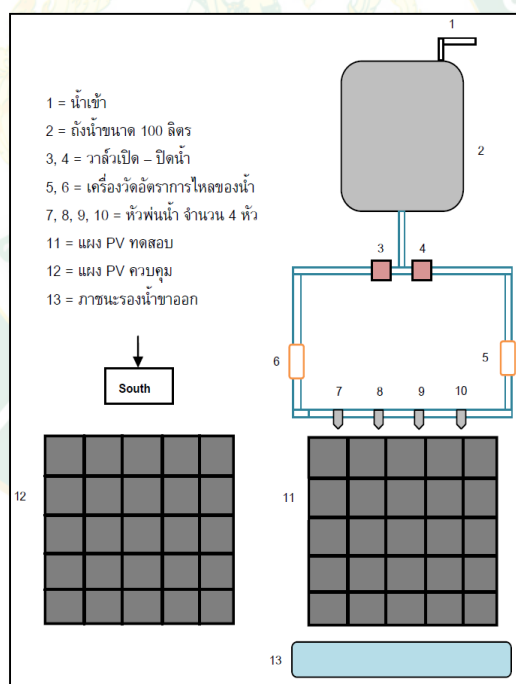
ที่มา: Park et al. (2013)



ภาพที่ 30 ไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ตามผลต่างของอุณหภูมิ

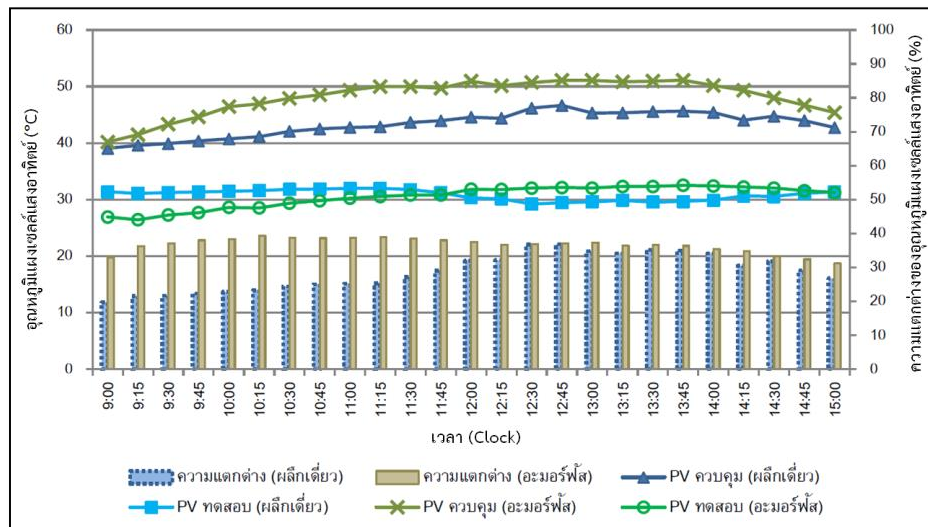
ที่มา: Park et al. (2013)

ประภาพิทยั และนุชิตา (2556) ได้ศึกษาผลของการระบายความร้อนบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้ทำการทดสอบด้วยการพ่นน้ำบนผิวหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชนิด คือแผงชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอนขนาด 40 W และแผงชนิดอะมอร์ฟัสขนาด 40 W ในแต่ละการทดสอบประกอบไปด้วยแผงควบคุม คือแผงที่ทำงานในสภาวะปกติ และแผงทดสอบคือแผงที่ติดตั้งระบบพ่นน้ำดังภาพที่ 31 ซึ่งจากข้อมูลในการทดสอบพบว่า น้ำสามารถลดอุณหภูมิในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้เป็นอย่างดีดังภาพที่ 32 และพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว และชนิดอะมอร์ฟัสนั้นอุณหภูมิแผงที่ใช้ทดสอบมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแผงควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.66% และ 36.59% ตามลำดับ และจากการลดอุณหภูมิของแผงด้วยวิธีการพ่นน้ำบนผิวหน้าของแผงในแต่ละการทดสอบพบว่า มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแผงทดสอบ และแผงควบคุม พบว่าแผงทดสอบชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน และชนิด อะมอร์ฟัสมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 10.05% และ 7.74% ตามลำดับ



ภาพที่ 31 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบระบายความร้อน โดยใช้พ่นน้ำบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์

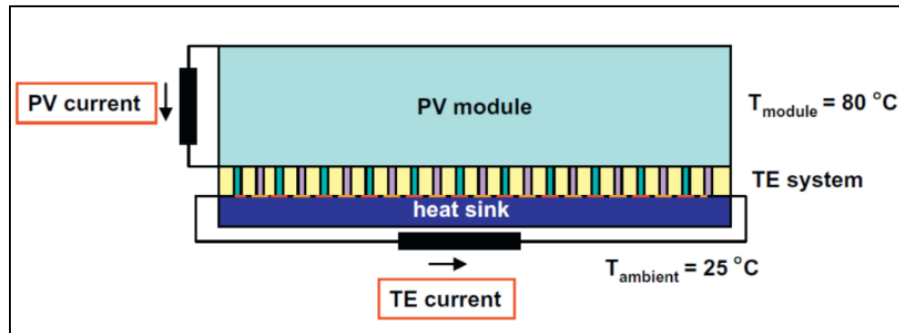
ที่มา: ประภาพิทยั (2556)



ภาพที่ 32 อุณหภูมิที่ต่างกันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบ และควบคุม ตามเวลาในการทดลอง

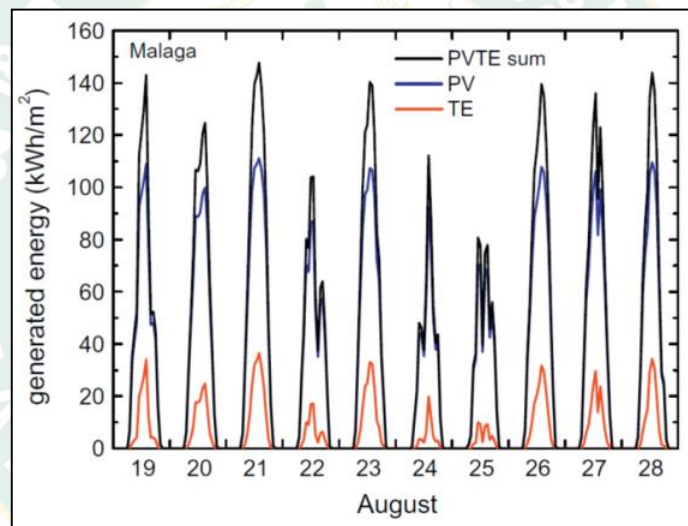
ที่มา: ประภาพathy (2556)

Sark (2011) ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งแผงระบายความร้อนเพื่อเพิ่มการผลิตกระแสไฟฟ้าให้สูงขึ้น โดยการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังภาพที่ 33 กำหนดค่าความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ ที่อุณหภูมิแตกต่างกันคือ $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ สำหรับอุณหภูมิแวดล้อม และ $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ สำหรับอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงเป็น 10.78% จาก 14.03% โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะสามารถเปลี่ยนความร้อนเป็นกระแสไฟฟ้าได้ และในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกก็จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน จึงนำคุณสมบัตินี้มาประยุกต์ใช้โดยการรับความร้อนใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานที่มีอุณหภูมิสูงสำหรับผลิตไฟฟ้าร่วมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่าการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีแผงระบายความร้อน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นเป็น 23% เมื่อนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มารวมกันดังภาพที่ 34



ภาพที่ 33 การผลิตไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งระบายความร้อน

ที่มา: Sark. (2011)

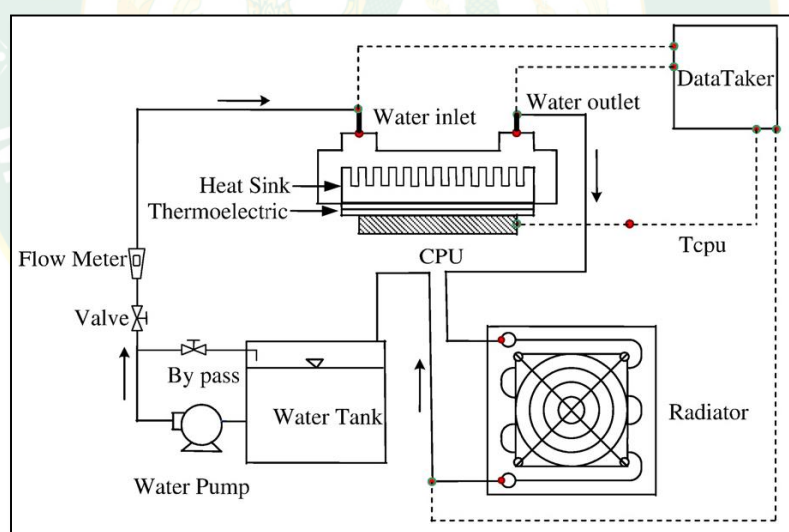


ภาพที่ 34 ไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งระบายความร้อน

ที่มา: Sark. (2011)

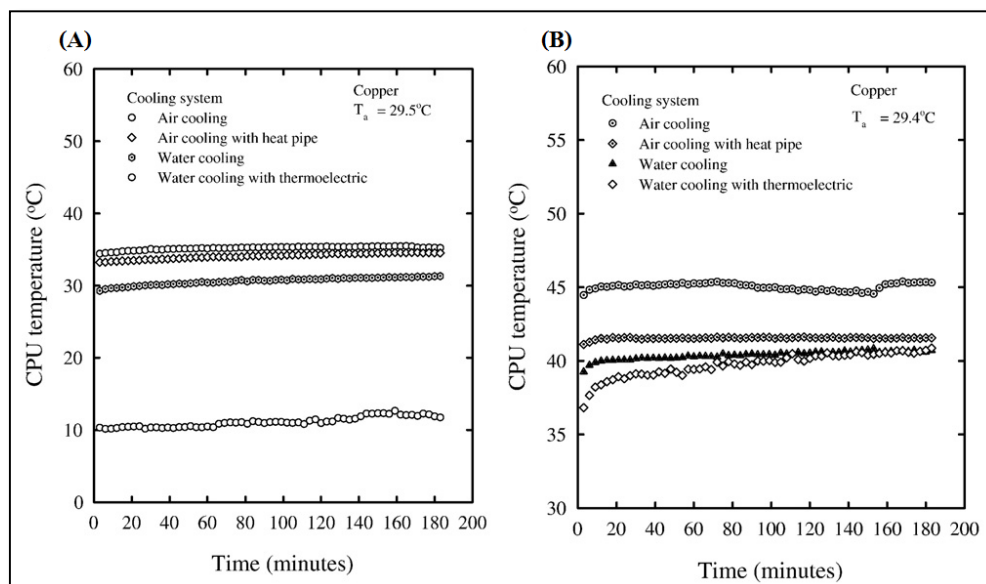
Paisarn & Songkran (2009) ได้ทำการออกแบบระบายความร้อน CPU โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 35 เนื่องจากโดยปกติแล้วเมื่อ CPU คอมพิวเตอร์ทำงานจะเกิดความร้อนสะสมขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโดยทั่วไปคอมพิวเตอร์มักจะออกแบบระบายความร้อนไว้เพียงอย่างเดียว และเมื่อ CPU เกิดความร้อนมากขึ้นก็จะส่งผลถึงการทำงานของคอมพิวเตอร์ซึ่งจะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง หรือหากความร้อนถึงขีดจำกัดคอมพิวเตอร์ก็จะหยุดทำงานลง เนื่องจากการระบายความร้อนที่ช้าเกินไป จึงเลือกที่จะนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก มาใช้ในการระบายความร้อน CPU ซึ่ง

สามารถช่วยระบายความร้อน และให้ความเย็นได้เร็วมาก โดยใช้ไฟกระแสตรงจากคอมพิวเตอร์เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จุดเด่นที่แตกต่างคือมีการสร้างระบบน้ำวนเพิ่มเข้าไปในระบบบริเวณด้านร้อน เพื่อให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดียิ่งขึ้น แล้วจึงนำไปใช้ในการระบายความร้อน CPU โดยเมื่อทำการทดสอบระบบระบายความร้อนเปรียบเทียบกัน 4 แบบ คือ การระบายความร้อนด้วยอากาศ, การระบายความร้อนด้วยอากาศร่วมกับท่อแลกเปลี่ยนความร้อน, การระบายความร้อนด้วยน้ำ และการระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าขณะการใช้งานที่ไม่มีโหลดดังภาพที่ 36 (A) ระบบการระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จะสามารถทำให้ CPU มีอุณหภูมิต่ำที่สุด แต่เมื่อมีโหลดการทำงานดังภาพที่ 36 (B) ในช่วงเริ่มต้นการระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะยังคงมีอุณหภูมิต่ำสุด เมื่อเวลาผ่านไปกลับทำให้การระบายความร้อนด้วยน้ำร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิสูงขึ้นใกล้เคียงกับการระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากระบบระบายความร้อนมีขนาดเล็กจึงเป็นขีดจำกัดที่ทำให้เกิดการสะสมความร้อน ส่งผลให้ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็นได้ลดลง ผลที่ได้จึงเป็นแนวทางที่จะนำไปพัฒนา และนำมาใช้ในการสร้างระบบระบายความร้อนในอนาคต



ภาพที่ 35 ระบบระบายความร้อน CPU ที่ใช้ในการทดสอบ

ที่มา: Naphon and Wiriyasart (2009)



ภาพที่ 36 การระบายความร้อน CPU ด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (A) แบบไม่มีโพลด และ (B) แบบมีโพลด

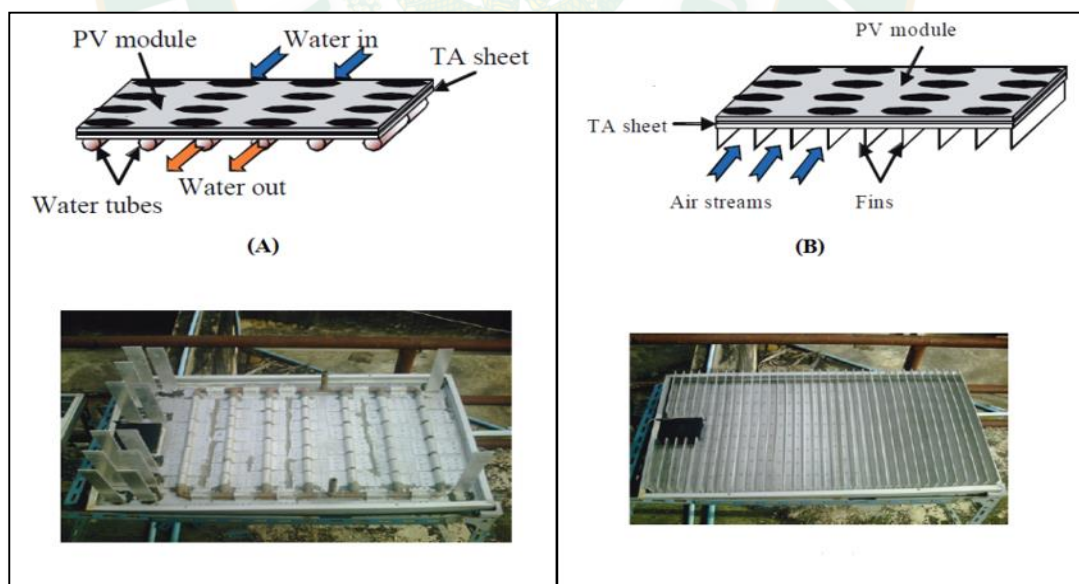
ที่มา: Naphon and Wiriyasart (2009)

Nikom et al. (2008) เนื่องจากอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงมากเกินไปจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีการเพิ่มสมรรถนะการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการลดอุณหภูมิส่วนเกินจากมาตรฐานการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในการทำวิจัยนี้ได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยวรุ่น BP253 ศึกษาพร้อมกับระบบหล่อเย็น 2 ระบบ คือระบบหล่อเย็นด้วยท่อน้ำแลกเปลี่ยนความร้อน และระบบหล่อเย็นด้วยแผงระบายความร้อนแบบครีบบแผ่น ซึ่งผลของการทดสอบได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2 โดยทำการศึกษาในสภาพอากาศแวดล้อมธรรมชาติดังภาพที่ 37 ซึ่งผลการทดลองพบว่าระบบหล่อเย็นด้วยน้ำที่อัตราการไหล $4.24 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ ให้ผลดีที่สุด โดยระบบหล่อเย็นด้วยน้ำที่อัตราการไหลดังกล่าว และระบบหล่อเย็นด้วยแผงระบายความร้อนแบบครีบบแผ่น ทำให้อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 23.15°C และ 10.70°C ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 0.46% และ 0.32% ตามลำดับ เป็นผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น 7.26% และ 5.39% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานโดยไม่มีระบบหล่อเย็น

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระบบหล่อเย็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ลักษณะ ของระบบ หล่อเย็น	อัตราการไหล ของน้ำ ($\times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$)	อุณหภูมิ °C				
		แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ ที่ไม่มี การระบาย ความร้อน	แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ที่มี ระบบหล่อเย็น	แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ ที่ลดลง	น้ำเข้า	น้ำ ออก
ท่อ	2.88	66.15	45.65	20.50	27.30	36.90
แลกเปลี่ยน	3.60	69.95	48.90	21.05	29.00	36.60
ความร้อน	4.24	71.40	48.25	23.15	30.10	39.20
	5.88	69.50	48.05	21.45	29.20	34.30
แผงระบาย ความร้อน	แบบครีบน้ำมัน	67.15	56.45	10.70	-	-

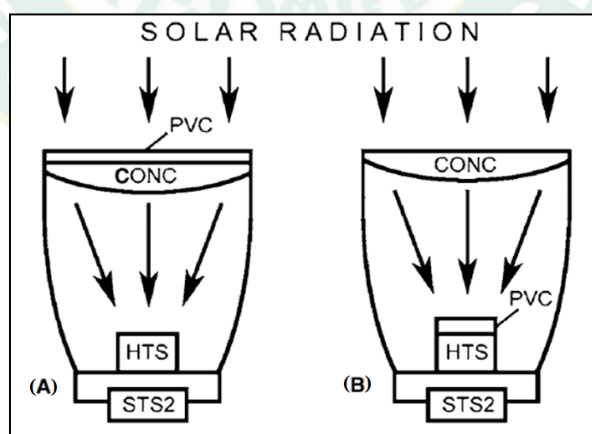
ที่มา: Nikom et al. (2008)



ภาพที่ 37 (A) รูปแบบการใช้น้ำหล่อเย็น และ (B) การใช้แผงระบายความร้อนแบบครีบน้ำมัน

ที่มา: Nikom et al. (2008)

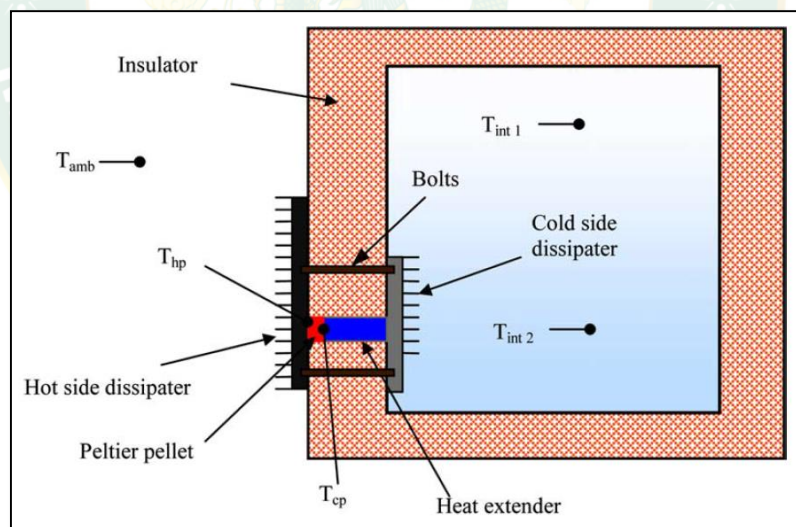
Vorobiev et al. (2005) ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผสมผสานกับระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำแสงที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มเติมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้เลนส์รวมแสง รวมแสงที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับรวบรวมความร้อนอีกทางหนึ่ง เพื่อนำความร้อนที่ได้มาหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้ากับอุปกรณ์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้จากความร้อน นั่นคือ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยการออกแบบการทดลอง 2 รูปแบบดังภาพที่ 38 คือ (A) จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง และนำแสงที่ส่องผ่านได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้เลนส์รวมแสง รวมแสงให้ตกกระทบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และ (B) จะใช้เลนส์รวมแสงที่ความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากันแสง รวมแสงให้ตกกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดอยู่กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยตรงเพื่อนำความร้อนที่สะสมจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากผลการทดลองพบว่ากรณีที่แสงส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แล้วใช้เลนส์รวมแสง เพื่อส่งความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการผลิตไฟฟ้า พบว่ารูปแบบนี้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 10% แต่จากการใช้เลนส์รวมแสง รวมแสงเพื่อให้ตกกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดอยู่กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยตรง แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 86.8% เป็นผลที่มีความสอดคล้องกันตามสมมุติฐาน ที่เป็นการชี้ให้เห็นว่าการนำแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้อีกทอดหนึ่งนั้นสามารถผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้ จึงเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้งานร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป



ภาพที่ 38 รูปแบบการทดสอบเพื่อนำความร้อนไปใช้ผลิตไฟฟ้าร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (A) รวมแสงที่ส่องผ่านแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ (B) รวมแสงส่องให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

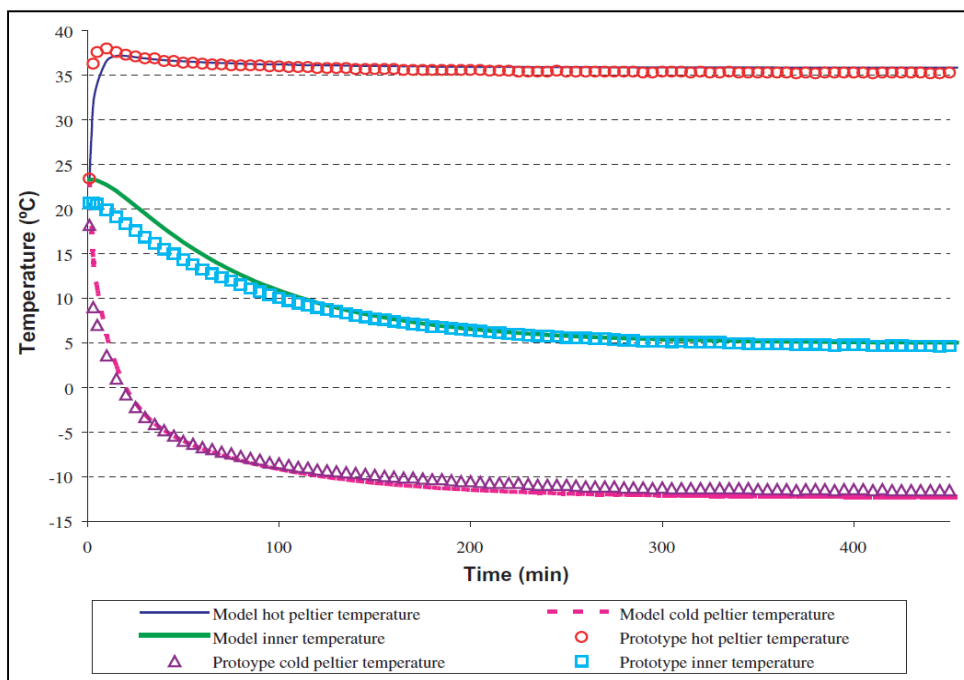
ที่มา: Vorobiev et al. (2005)

Astrain et al. (2005) ทำการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กจากคอมพิวเตอร์ดังภาพที่ 39 โดยได้เลือกใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 แผ่น ซึ่งมีขนาดเท่ากับ $40 \times 40 \times 40 \text{ mm}^3$ มาเป็นอุปกรณ์ทำความเย็นให้กับตู้เย็นขนาดเล็กขนาด 0.055 m^3 โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนี้จะอาศัยแผงระบายความร้อนแบบครีบบ้าน เป็นตัวระบายความร้อนด้านร้อน ภายนอกตู้เย็น และกระจายความเย็น ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกภายในตู้เย็นขนาดเล็ก ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้เย็นขนาดเล็ก ที่ได้สร้างขึ้นจริงหลังจากการออกแบบ และนำมาใช้ในการทดสอบครั้งนี้ เมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้ากับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 50 W สามารถทำความเย็นได้อย่างต่อเนื่องดังภาพที่ 40 ที่แสดงให้เห็นถึงการลดลงของความร้อนอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของฟังก์ชัน ซึ่งอุณหภูมิจะค่อยๆ ลดลงจากอุณหภูมิแวดล้อม และภายในเวลา 2 hr ตู้เย็นขนาดเล็กนี้สามารถทำความเย็นได้ถึง $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยตู้เย็นขนาดเล็กนี้มีข้อดีที่ทำงานเงียบ มีชิ้นส่วนน้อยในการทำงาน ไม่ต้องอาศัยคอมเพรสเซอร์ ทำให้ระบบนิเวศวิทยาดีขึ้นเพราะไม่มีการใช้สารทำความเย็น ซึ่งเหมาะกับการแช่เซิร์ฟเวอร์ไปใช้ยังพื้นที่ห่างไกล ซึ่งสามารถนำส่วนของการออกแบบที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็น และใช้แผงระบายความร้อน มาเป็นแนวทางในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้แผงระบายความร้อนช่วยในการระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอีกทางหนึ่ง



ภาพที่ 39 ออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็น

ที่มา: Astrain et al. (2005)

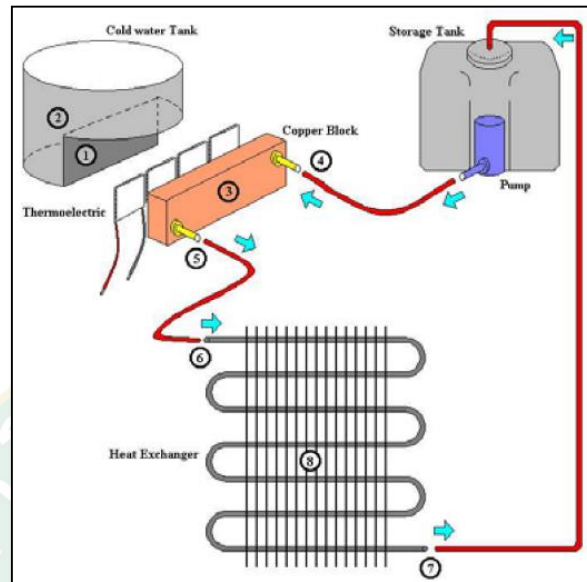


ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิของการทดลองการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับระบบอัดไอน้ำของตู้ทำความเย็น

ที่มา: Astrain et al. (2005)

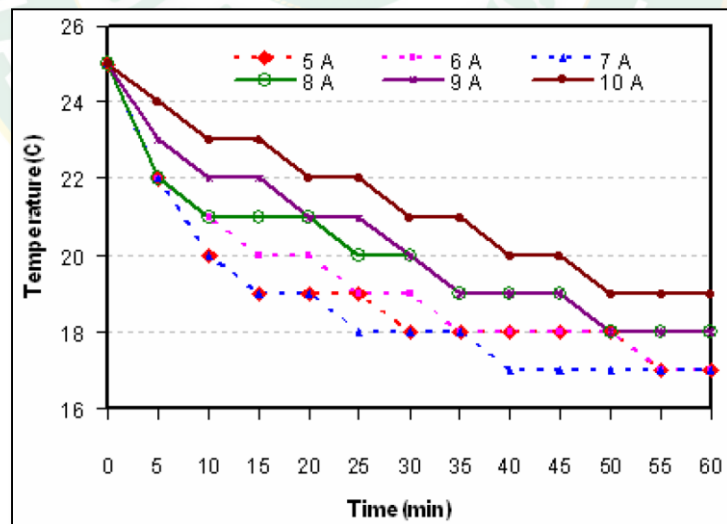
เจนศักดิ์ และสมิต (2548) ได้ศึกษาโดยการออกแบบสร้าง และทดสอบระบบตู้ทำน้ำเย็นที่ผลิตความเย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยตู้ทำน้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่สร้างขึ้นได้แบ่งการทำงานของระบบออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของระบบแลกเปลี่ยนความร้อน และส่วนของวงจรกำลัง การควบคุม โดยระบบจะใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดึงความร้อนออกจากน้ำในถังพักน้ำ แล้วระบายความร้อนผ่านน้ำที่ไหลในกล่องทองแดงที่ติดอยู่ทางด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยน้ำจะไหลไปสู่แผงระบายความร้อน เพื่อระบายความร้อนให้กับอากาศอีกทอดหนึ่ง ก่อนที่จะไหลกลับไปถังพักน้ำเพื่อวนกลับไปใช้งานอีกดังภาพที่ 41 ส่วนวงจรกำลัง และการควบคุมนั้นจะใช้สวิตชิงพาวเวอร์ซัพพลายในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งมีวงจรควบคุมที่รับสัญญาณจากไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ที่ถังน้ำดื่มเป็นตัวควบคุมการจ่ายกระแสให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อให้ได้อุณหภูมิของน้ำดื่มตามที่ต้องการ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12708 จำนวน 4 แผ่น ในการทำความเย็น ซึ่งพบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 7 A และแรงดันไฟฟ้า 4.1 V จะมีความเหมาะสมในการทำความเย็นแก่ระบบที่ได้สร้างทดสอบขึ้นมาที่สุดดังภาพที่ 42 ซึ่งทำให้เห็นได้ว่าการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันออกไปมีผลต่อการทำความเย็นของ

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และการระบายความร้อนด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม มีผลต่อการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 41 ระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของตู้ทำน้ำเย็นจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

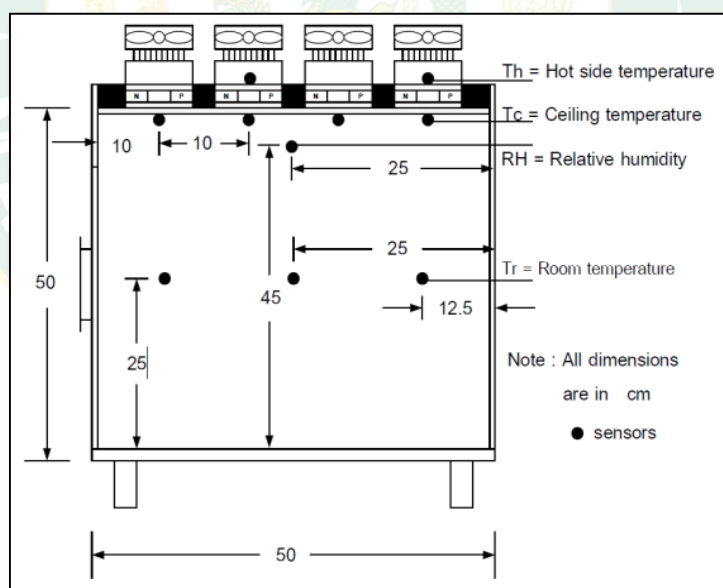
ที่มา: เจนศักดิ์ และสมิต (2548)



ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำเย็นกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

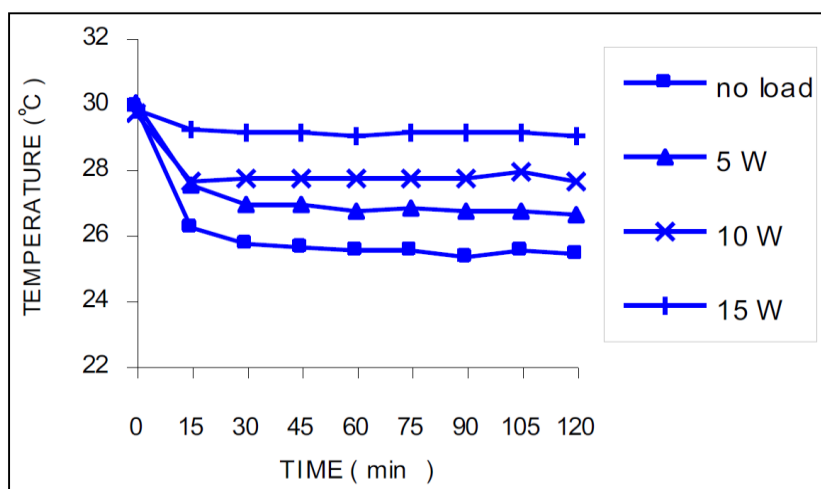
ที่มา: เจนศักดิ์ และสมิต (2548)

เจริญพร และวิชาญ (2547) ได้นำเสนอผลการทดสอบเพื่อหาศักยภาพสำหรับการประยุกต์ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก มาทำความเย็นให้กับฝ้าเพดานทำความเย็น ซึ่งในการศึกษานี้ได้ออกแบบสร้าง และทดสอบระบบการทำความเย็นจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งมีอัตราการทำความเย็น 173 W โดยด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดไว้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีใช้อยู่ทั่วไป (แผงระบายความร้อนแบบครีปที่ติดกับพัดลม) โดยให้ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดตั้งบนแผ่นฝ้าเพดานอะลูมิเนียมที่มีขนาด 0.25 m² ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้เป็นรุ่น TEC-12708 จำนวน 16 แผ่น ทำความเย็นให้กับฝ้าเพดานซึ่งเป็นอะลูมิเนียมที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของห้องทดสอบที่มีปริมาตร 0.125 m³ ดังภาพที่ 43 จากการทดสอบสมรรถนะของระบบซึ่งทดสอบโดยการแปรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตั้งแต่ 1-3 A พร้อมกับทดสอบแบบมีภาระโหลดจากหลอดไฟฟ้าตั้งแต่ 5-15 W และไม่มีภาระโหลดดังภาพที่ 44 พบว่าระบบสามารถรักษาอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วง 25-27 °C ได้อย่างเหมาะสม และมีค่า COP เท่ากับ 0.65-1.22 ซึ่งเป็นแนวทางในการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการทำความเย็นให้กับช่องว่างด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยลักษณะการทดสอบทำเป็นห้องว่างด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเดียวกับการทดสอบเพดานทำความเย็นของห้องขนาดเล็กที่ได้สร้างขึ้นมาทดสอบนี้



ภาพที่ 43 แผ่นฝ้าเพดานทำความเย็น และตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

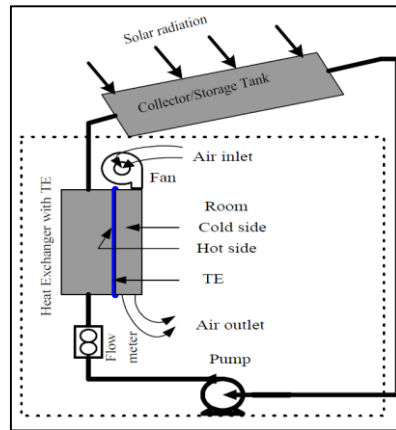
ที่มา: เจริญพร และวิชาญ (2547)



ภาพที่ 44 อุณหภูมิห้องทดสอบเฉลี่ย ขณะที่ไม่มีโหลดภาระความเย็น โดยจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 2.5 A

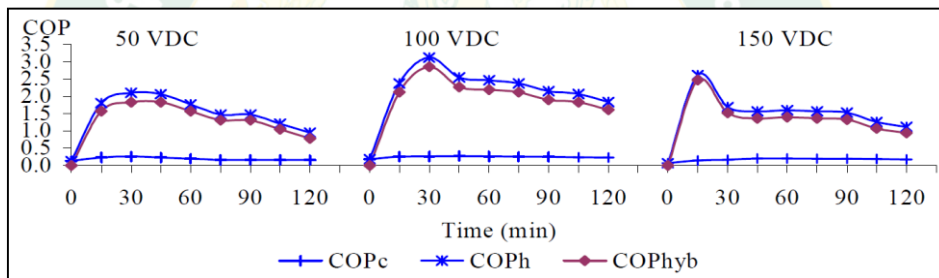
ที่มา: เจริญพร และวิชาญ (2547)

สมชาย และคณะ (2544) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบผสมผสานแบบใหม่เพื่อผลิตน้ำร้อน และปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งอาศัยตัวรับรังสีอาทิตย์ทำหน้าที่เป็นถังน้ำร้อนในเวลาเดียวกันมี ซึ่งถังน้ำร้อนมีขนาด 120 L และในห้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 2.5 m² ดังภาพที่ 45 จำนวน 30 แผ่น รุ่น TEC1-12704 ขนาด 40×40 mm แรงดันไฟฟ้า 13.5 VDC และกระแสไฟฟ้า 4.4 A ซึ่งใช้วิธีศึกษาโดยการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 50, 100 และ 150 VDC อัตราการไหลของน้ำ และความเร็วลมที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 10, 15 l/min และ 2.5, 5 m/s ตามลำดับ พบว่าระบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C ภายในเวลา 2 hr และสามารถผลิตความเย็นได้ 176 W หลังจากนั้นความสามารถในการผลิตความเย็นก็จะลดลง เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้น โดยจุดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตน้ำร้อน และการปรับอากาศ คือที่แรงดันไฟฟ้าป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 100 VDC อัตราการไหลของน้ำ 15 l/min และความเร็วลม 2.5 m/s ซึ่งเป็นจุดที่ให้ค่า COP มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.12 ดังภาพที่ 46 และภาพที่ 47



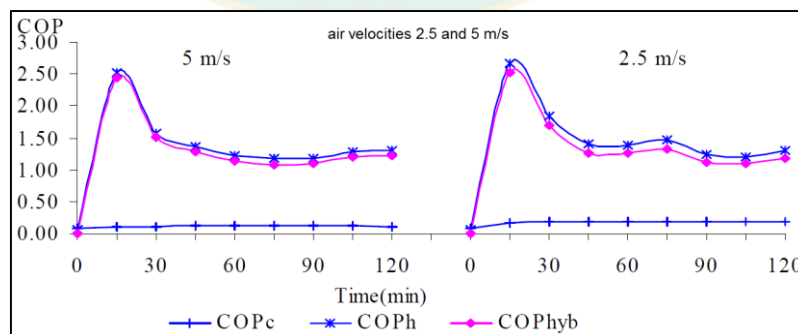
ภาพที่ 45 ระบบผลิตน้ำร้อน และปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ที่มา: (สมชาย, 2544)



ภาพที่ 46 การเปรียบเทียบค่า COP จากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าในระบบทดสอบ

ที่มา: (สมชาย, 2544)



ภาพที่ 47 การเปรียบเทียบค่า COP จากการปรับความเร็วลมในระบบทดสอบ

ที่มา: (สมชาย, 2544)

บทที่ 3

วิธีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้จะทดสอบวิธีการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเมื่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจะสามารถผลิตความเย็นได้ งานวิจัยนี้จึงได้อาศัยหลักการนี้มาเป็นแนวทางในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยให้ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดเข้ากับด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นอลูมิเนียม และฉนวนกันความร้อน ส่วนด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดไว้กับแผงระบายความร้อนซึ่งแช่ตัวอยู่ในน้ำ เป็นการดึงความร้อนออกจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้สูงขึ้น ซึ่งการศึกษาในลักษณะนี้ได้มีการมองภาพการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับโซลาร์ฟาร์มแบบลอยน้ำ ซึ่งจะเป็นที่นิยมสร้างต่อไปในอนาคต โดยการทดลองจะทำการติดจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กที่แตกต่างกันออกไป และจะทำการเก็บข้อมูลในส่วนของกระแส และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิด้านเย็น และความร้อนที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลดลงจากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กระแสไฟฟ้าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าสูงสุด และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลของการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการระบายความร้อนให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งวิธีการศึกษา และทดสอบวิธีระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัยมีขั้นตอน และรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

อุปกรณ์ และเครื่องมือตรวจวัดในงานวิจัย

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ทดสอบเป็นแผงชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว กำลังการผลิตไฟฟ้า 10 W ขนาดพื้นที่รับแสง 0.098 m² เนื่องจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกเดี่ยว จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่อกำลังไฟฟ้ามากที่สุด กล่าวคือเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปหรือเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นจะส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 48



ภาพที่ 48 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบ

2. แผ่นอลูมิเนียม

แผ่นอลูมิเนียมขนาด $27.5 \times 35.5 \times 0.2 \text{ cm}^3$ มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ $235 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (John, 2014) ซึ่งเป็นค่าที่สูงและอลูมิเนียมมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่น ใช้สำหรับปิดช่องว่างด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นช่องที่ปิดสนิทในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในภาพที่ 49



ภาพที่ 49 แผ่นอลูมิเนียม

3. แผ่นฉนวนกันความร้อน

แผ่นฉนวนกันความร้อน (Aeroflex insulator) ขนาด $27.5 \times 35.5 \times 0.5 \text{ cm}^3$ มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ $0.039 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (เจริญพร, 2547) ใช้เพื่อป้องกันความร้อนภายนอกที่จะส่งผลต่อการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะใช้ปิดในส่วนของแผ่นอลูมิเนียมด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกชั้นหนึ่งดังแสดงในภาพที่ 50



ภาพที่ 50 แผ่นฉนวนกันความร้อน

4. แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และแผงระบายความร้อนอลูมิเนียม

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในการทดสอบคือรุ่น TEC1-12706 ขนาดพื้นที่เท่ากับ $40 \times 40 \times 3.5 \text{ mm}^3$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบกเท่ากับ 0.051 V/K ซึ่งความต้านทานภายในของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเท่ากับ 1.956Ω และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.518 W/K (Shen et al., 2017) ส่วนแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมแบบครีบริปส์สี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดพื้นที่เท่ากับ $40 \times 40 \times 30 \text{ mm}^3$ ครีบริปส์หนา 1 mm ฐานสูง 4 mm ช่องว่างระหว่างครีบริปส์ 2 mm ดังแสดง ในภาพที่ 51



ภาพที่ 51 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมที่ใช้ทดสอบ

5. เครื่องพาวเวอร์ซัพพลาย

เครื่องพาวเวอร์ซัพพลายเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับจ่ายแรงดัน และกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก โดยเครื่องที่ใช้สำหรับการทดสอบเป็นรุ่น EA-PSI 8106-04 T ซึ่งสามารถจ่ายแรงดัน และกระแสไฟฟ้าได้ถึง 160 V และ 4 A ดังแสดงในภาพที่ 52



ภาพที่ 52 เครื่องพาวเวอร์ซัพพลาย

6. เครื่องมือวัดความเข้มแสง

เครื่องมือวัดความเข้มแสง ใช้สำหรับการวัดความเข้มแสง โดยเครื่องมือที่ใช้สามารถวัดความเข้มแสงได้ถึง 1999 W/m^2 และ $634 \text{ BTU}/(\text{ft}^2 \cdot \text{h})$ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์เท่ากับ $\pm 10 \text{ W/m}^2$ หรือ $\pm 5\%$ ซึ่งได้นำมาใช้ในการทดสอบนี้ดังแสดงในภาพที่ 53



ภาพที่ 53 เครื่องมือวัดความเข้มแสง

7. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เครื่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะใช้เครื่อง Prova 210 module analyzer สามารถรับกระแสไฟฟ้า และแรงดันได้สูงสุด 12 A และ 60 V ซึ่งเป็นเครื่องที่สามารถบันทึกค่าได้โดยอัตโนมัติ และสามารถแสดงค่าออกมาในรูปแบบของกราฟได้โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1\%$ ดังแสดงในภาพที่ 54



ภาพที่ 54 เครื่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์

8. สายเทอร์โมคัปเปิล

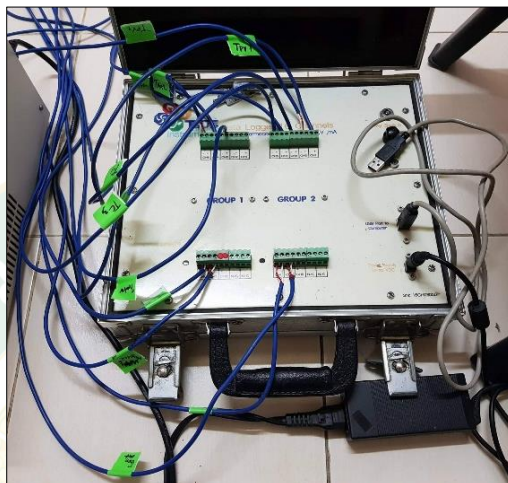
การทดสอบที่เป็นการเก็บบันทึกค่าข้อมูลของอุณหภูมิ จะใช้สายเทอร์โมคัปเปิล (Type K thermocouple) ที่ห่อหุ้มด้วยวัสดุ PVC สามารถวัดอุณหภูมิได้อยู่ในช่วง $-20-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ $\pm 0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ ดังแสดงในภาพที่ 55



ภาพที่ 55 สายเทอร์โมคัปเปิล Type K

9. เครื่องบันทึกข้อมูล

สำหรับการบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิจะใช้ EZ data logger รุ่น I-7018R ซึ่งสามารถใช้กับสายเทอร์โมคัปเปิลได้ทุกชนิด สามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้งหมดจำนวน 16 ค่า นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับเครื่องตรวจวัดรังสีอาทิตย์รุ่น Apogee instruments ซึ่งจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันหรือกระแสไฟฟ้า โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องบันทึกข้อมูล $\pm 1\%$ ดังแสดงในภาพที่ 56



ภาพที่ 56 เครื่องบันทึกข้อมูลรุ่น EZ data logger รุ่น I-7018R

10. โคมสปอร์ตไลท์ และหลอดไฟ Halogen tungsten

โคมจากหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบจะใช้จากหลอดไฟ Halogen tungsten เครื่องหมายการค้า Philips ที่สามารถทนกำลังไฟฟ้าได้ถึง 1,500 W และมีอายุการใช้งานจำนวน 2,000 hr ซึ่งในการทดสอบจะกำหนดความเข้มแสงอยู่ที่ $1,000 \text{ W/m}^2$ ดังแสดงในภาพที่ 57



ภาพที่ 57 โคมสปอร์ตไลท์ และหลอดไฟ Halogen tungsten

11. เสาตั้งคอมสปอร์ตไลท์

เสาติดตั้งคอมสปอร์ตไลท์ เพื่อใช้สำหรับฉายแสงให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำการทดสอบ ซึ่งจัดทำให้สามารถปรับระดับความสูงต่ำได้ เพื่อให้ในการทดสอบสามารถปรับความเข้มแสงได้ $1,000 \text{ W/m}^2$ ดังแสดงในภาพที่ 58



ภาพที่ 58 เสาตั้งคอมสปอร์ตไลท์

12. โครงเสาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงเสาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้สำหรับติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในการทดลองที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสูง-ต่ำได้ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ใช้สำหรับการระบายความร้อนด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังแสดงในภาพที่ 59



ภาพที่ 59 โครงเสาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

13. ภาพขณะสำหรับชุดทดสอบกับปริมาตรน้ำ

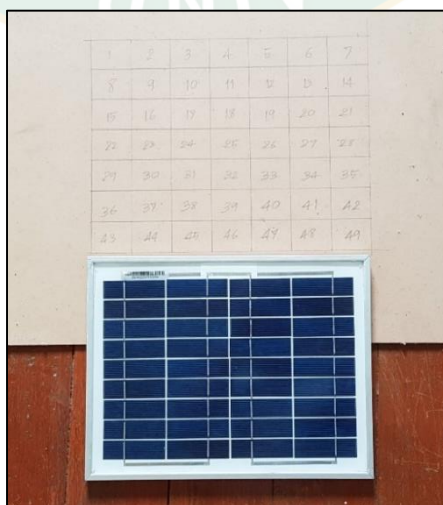
ภาพขณะสำหรับชุดทดสอบกับปริมาตรน้ำ เป็นถังพลาสติกสีเหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดความกว้าง×ความยาว×สูง เท่ากับ $40 \times 62 \times 32 \text{ cm}^3$ สำหรับบรรจุปริมาตรน้ำในการทดสอบกับชุดทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อใช้น้ำเป็นส่วนช่วยในการระบายความร้อนด้านร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขณะใช้งาน



ภาพที่ 60 ภาพขณะสำหรับชุดทดสอบกับปริมาตรน้ำ

14. กระจาดตารางเช็คความเข้มแสง

เป็นแผ่นไม้อัดที่ตีช่องตารางให้มีขนาดความกว้าง×ความยาวเท่ากับขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะใช้ในการทดสอบคือ $27.5 \times 35.5 \text{ cm}^2$ ซึ่งสามารถสร้างช่องกริดได้จำนวน 49 ช่อง โดยแต่ละช่องเล็กจะมีขนาดกว้าง×ยาว เท่ากับ $3.93 \times 5.07 \text{ cm}^2$ เพื่อใช้ในการเช็คความเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten ให้ความเข้มแสงที่ใช้ทดสอบเฉลี่ยแล้วทั่วทั้งพื้นที่รับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะได้รับแสง $1,000 \text{ W/m}^2$



ภาพที่ 61 กระจาดตารางเช็คความเข้มแสง

การติดตั้งชุดทดสอบ

การติดตั้งชุดทดสอบจะเริ่มต้นโดยการตั้งเสาสำหรับติดตั้งคอมไฟสปอร์ตไลท์ที่ใช้หลอดไฟ Halogen tungsten สำหรับให้ความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ เพื่อทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงภาพที่ 62



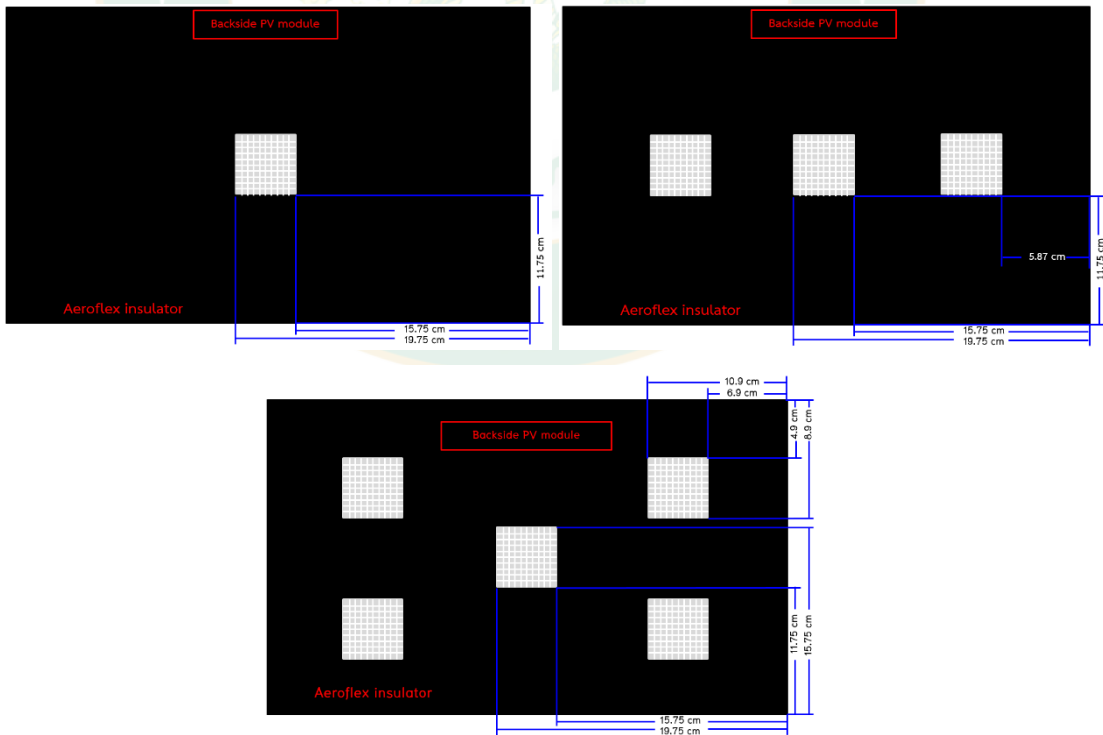
ภาพที่ 62 ลักษณะของชุดทดสอบ

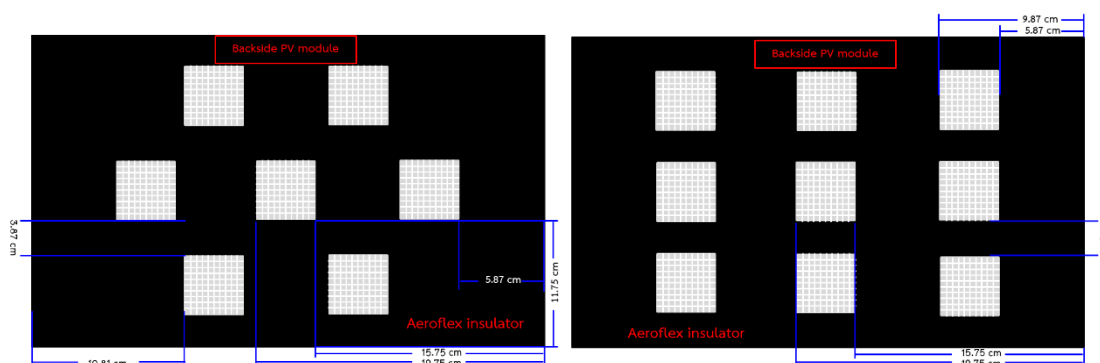
จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการเตรียมแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการทดสอบ โดยการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลเปิดด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และจุดวัดอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้เรียบร้อย ภายในช่องว่างด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นอลูมิเนียมขนาดความกว้าง และความยาวเท่ากับ $27.5 \times 35.5 \text{ cm}^2$ ซึ่งมีขนาดเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการติดแผ่นอลูมิเนียมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้โพลียูรีเทน ยานวนบริเวณขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผ่นอลูมิเนียมเพื่อให้ยึดแน่นติดกัน และใช้กาวสำหรับติดฉนวนกันความร้อน ทาทั่วบริเวณด้านหลังของแผ่นอลูมิเนียมโดยเว้นช่องว่างที่มีการเจาะช่องไว้สำหรับการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกก่อนที่จะติดฉนวนกันความร้อนทับลงไปดังแสดงในภาพที่ 63



ภาพที่ 63 ลักษณะการติดแผ่นอลูมิเนียม และฉนวนกันความร้อน

เมื่อติดแผ่นอลูมิเนียม และฉนวนกันความร้อนเสร็จแล้ว ก็ทำการขนานแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามจำนวนแผ่น และติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบนั้นคือจำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ดังแสดงในภาพที่ 64 ซึ่งรายละเอียดของระยะห่าง สำหรับการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 64 อาจจะไม่ชัดเจนมากนัก ทางผู้วิจัยขอแสดงรายละเอียดของระยะห่างสำหรับการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละจำนวนแผ่นไว้ในภาคผนวก ค





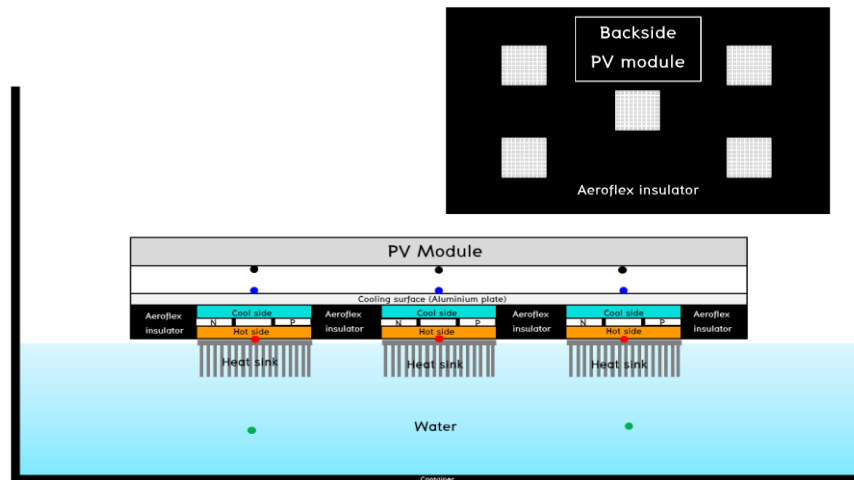
ภาพที่ 64 ลักษณะรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากนั้นใช้ซิลิโคนระบายความร้อนป้ายบางๆ บริเวณด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และด้านเรียบของแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมเพื่อให้ผสานกัน อีกทั้งยังเป็นผลทำให้มีประสิทธิภาพในการนำความร้อนได้ดียิ่งขึ้นดังแสดงในภาพที่ 65

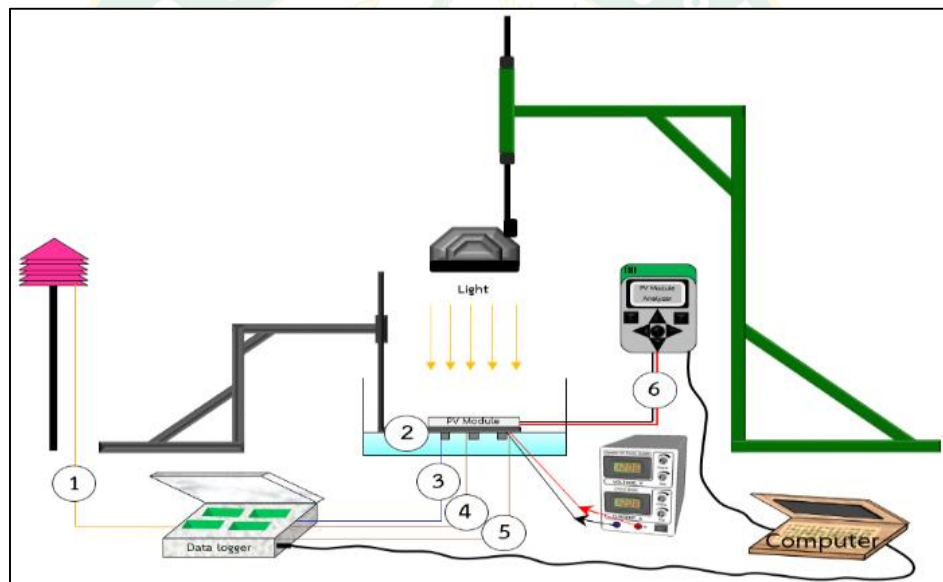


ภาพที่ 65 ลักษณะการป้ายซิลิโคนระบายความร้อน

โดยลักษณะของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังภาพที่ 66 โดยจะอาศัยโครงเสาตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถยกตัวได้ตามระดับของปริมาณน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ปริมาณสำหรับการทดสอบ 2 L สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10 โดยมีเมื่อได้ดำเนินการจัดเตรียมชุดทดสอบในขั้นต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็ทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และค่ากำลังไฟฟ้าในจุดต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 67 และรายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่งแสดงดังตารางที่ 3



ภาพที่ 66 จุดวัดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ 67 จุดวัดข้อมูลของชุดทดสอบ

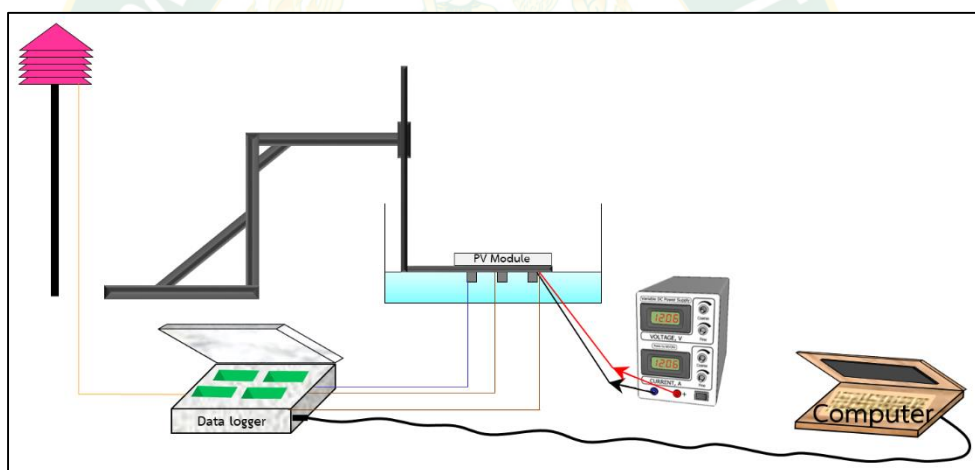
ตารางที่ 3 รายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่ง และเครื่องมือวัดสำหรับบันทึกข้อมูล

จุดวัดที่	ความหมาย	เครื่องมือวัด
1	อุณหภูมิสภาพแวดล้อม	Data logger + Type K
2	อุณหภูมิน้ำ	Data logger + Type K
3	อุณหภูมิด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	Data logger + Type K
4	อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	Data logger + Type K
5	อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์	Data logger + Type K
6	กำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์	PV Module analyzer

วิธีการทดสอบ

สำหรับวิธีทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน ได้แบ่งวิธีการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะทดสอบหาการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์ แสงอาทิตย์ และส่วนที่ 2 จะเป็นการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่าง แผงเปล่า (แผงปกติ) กับแผงที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (แผงทดสอบ) จากนั้นจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้ ทดสอบจากส่วนที่ 2 ซึ่งการทดสอบทั้งสองส่วนมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) และสัมประสิทธิ์ สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (COP)



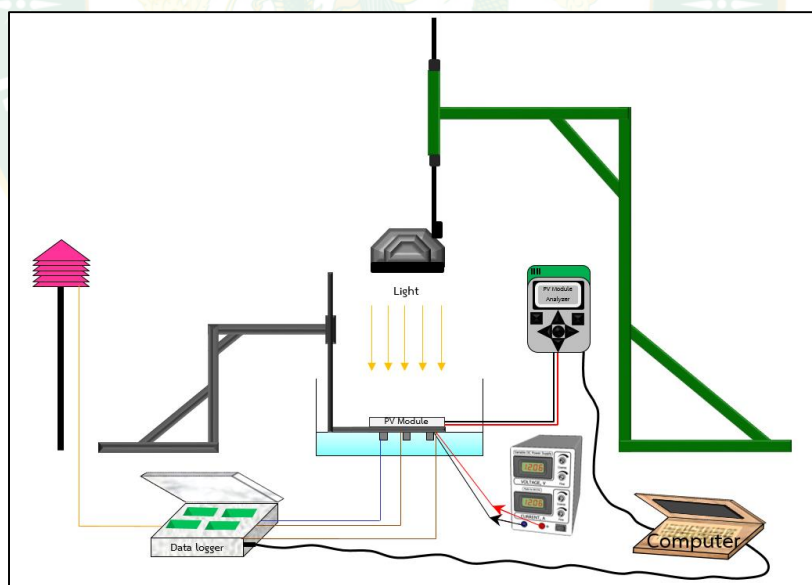
ภาพที่ 68 ชุดทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์ สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

1. ทำการติดตั้งชุดทดสอบดังภาพที่ 68 ให้พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล เพื่อทดสอบหาการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 11 และสัมประสิทธิ์ สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 10

2. ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลตามจุดต่างๆ กับเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) เพื่อบันทึก ค่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิด้านร้อน-เย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิน้ำที่ใช้ใน การระบายความร้อนและบันทึกผลของอุณหภูมิ โดยรายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่งแสดง ดังตารางที่ 3 แต่จะยังไม่มีการวัดกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามจำนวนแผ่น และติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบคือจำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ดังแสดงในภาพที่ 64
4. ใช้ภาชนะพลาสติกแบบเปิดสำหรับชุดทดสอบบรรจุปริมาตรน้ำ 1 L สำหรับช่วยระบายความร้อนด้านร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
5. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทดสอบแต่ละรูปแบบจำนวน 3 ค่า คือ 2, 4 และ 6 V อีกทั้งทำการปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจำนวน 4 ค่า คือ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A โดยใช้เครื่องพาวเวอร์ซัพพลายในการปรับเปลี่ยนค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
6. ทำการทดสอบแต่ละครั้งใช้เวลา 1 hr และบันทึกข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 1 s
7. วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีที่สุด เพื่อพิจารณาหาจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนด และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม สำหรับนำไปทดสอบในส่วนที่ 2 ต่อไป

ส่วนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ



ภาพที่ 69 ชุดทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบในส่วนที่ 1 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะทำให้ทราบจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบ และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ให้ค่า Q_{Cool} และ COP ดีที่สุด สำหรับนำมาทดสอบกับความเข้มแสง เพื่อหา กำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตได้ และคำนวณหาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เปรียบเทียบกันระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบในส่วนที่ 2 ซึ่งการทดสอบจะมีวิธีการเช่นเดียวกับการทดสอบในส่วนที่ 1 เพียงแต่จะมีการทดสอบเปรียบเทียบกันระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบที่ใช้ทดสอบกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดไฟ Halogen tungsten ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

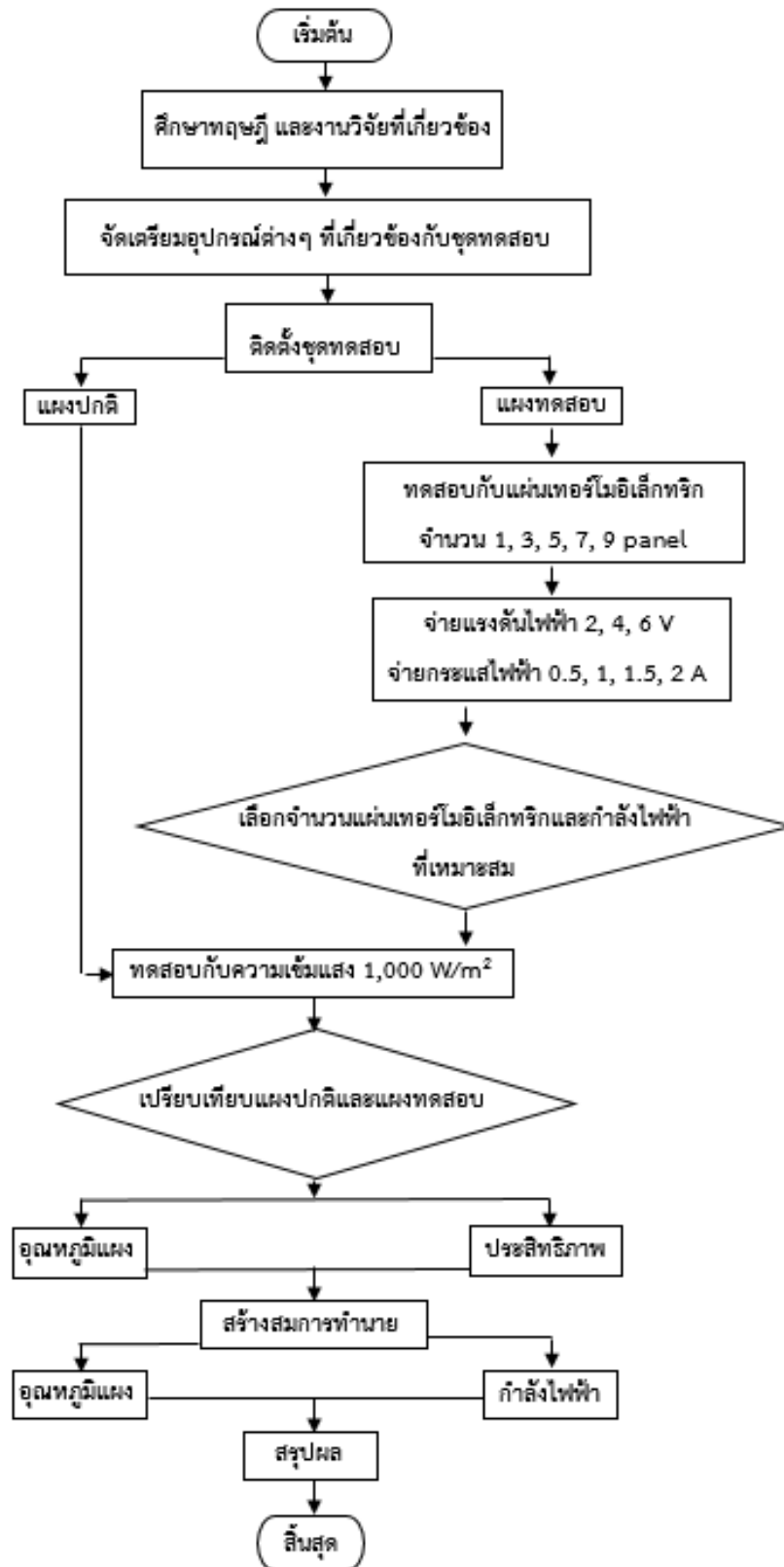
1. ทำการติดตั้งชุดทดสอบดังภาพที่ 69 ให้พร้อมสำหรับการเก็บข้อมูล โดยใช้เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Module analyzer) บันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ โดยรายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่งแสดงดังตารางที่ 3
2. ทำการปรับระดับความสูง-ต่ำของโคมไฟจากหลอด Halogen tungsten ให้แสงที่ตกกระทบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าความเข้มแสงอยู่ที่ $1,000 \text{ W/m}^2$ โดยใช้เครื่องมือวัด Solar power meter เป็นเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. นำรูปแบบของจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม ที่ได้จากการทดสอบในส่วนที่ 1 มาใช้ทดสอบต่อในส่วนที่ 2 สำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะทดสอบกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$
4. การทดสอบใช้เวลา 1 hr บันทึกข้อมูลอุณหภูมิทุกๆ 1 s ส่วนการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 min
5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์อุณหภูมิ และประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 2 เปรียบเทียบกันระหว่างแผงควบคุมกับแผงทดสอบ

จากวิธีการทดสอบที่ได้กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปวิธีการทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนได้ดังภาพที่ 70

สร้างสมการทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้จากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหมายถึงหากทราบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยสามารถคำนวณจากสมการที่ 2 ดังนั้นหลังจากที่ได้ข้อมูลจากการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนเมื่อทดสอบกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดหลอดไฟ Halogen tungsten แล้วจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการศึกษาวิเคราะห์การสร้างสมการทำนายกำลังไฟฟ้าโดยอ้างอิงตามทฤษฎีของกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะเปลี่ยนแปลงตามค่ารังสีแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิแผง $P_{pv}(I_t, T_{pv})$ โดยที่อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งชุดระบายความร้อนด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะสามารถทำนายได้จาก $T_{pv}(I_t, T_c, T_a)$

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 70 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

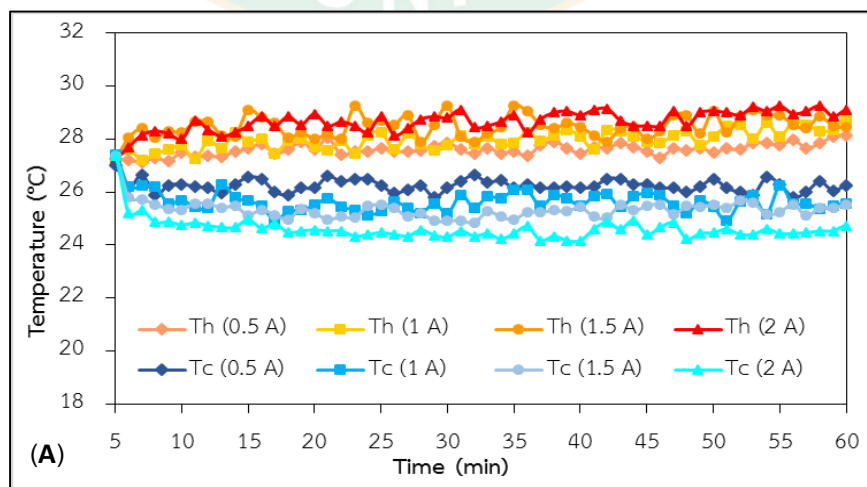
ในรายละเอียดของผลที่ได้จากการทดสอบงานวิจัยในครั้งนี้ โดยได้แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ตามที่ได้กล่าวไปในวิธีการทดสอบ โดยส่วนที่ 1 จะเป็นผลการทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (COP) และส่วนที่ 2 จะเป็นผลการทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบทั้งสองส่วนสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาได้ดังนี้

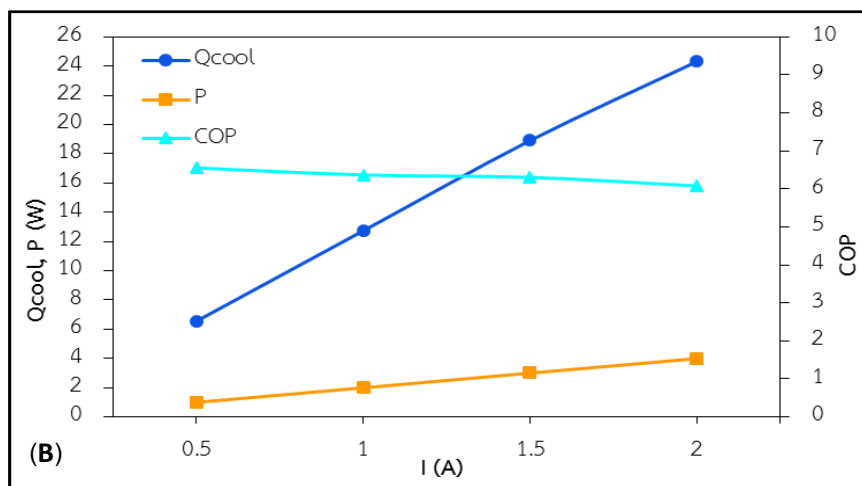
ผลทดสอบการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์

จะเป็นผลการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีที่สุด เพื่อพิจารณาหาจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกคือแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ดังแสดงในภาพที่ 64 และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม

ผลการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น

1. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





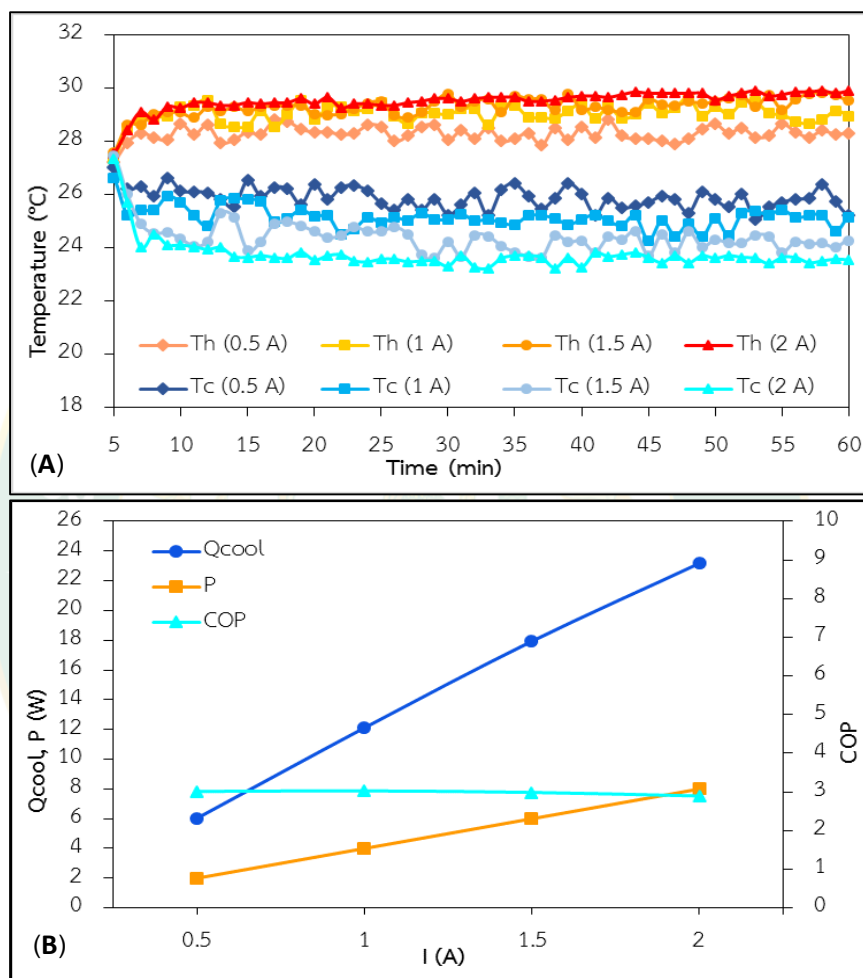
ภาพที่ 71 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 71 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็น เมื่อทำการเก็บบันทึกข้อมูลในขณะที่อุณหภูมิที่จุดวัดทุกจุดมีค่าใกล้เคียงกันที่ 27 °C เป็นระยะเวลา 5 min ก่อนที่จะเริ่มทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นของการจ่ายแรงดัน และกระแสไฟฟ้า ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.7 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 0.9 °C ที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.0 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 1.7 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.5 °C เป็น 28.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 1.9 °C เป็น 25.2 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.7 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 2.6 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 4 °C

ภาพที่ 71 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 6.56, 6.37, 6.31 และ 6.08 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งหากใช้กระแสไฟฟ้ามากก็หมายถึงการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้น โดยในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้า

จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 6.6, 12.7, 18.9 และ 24.3 W ตามลำดับ ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 0.5 A ที่กำลังไฟฟ้า 1 W

2. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



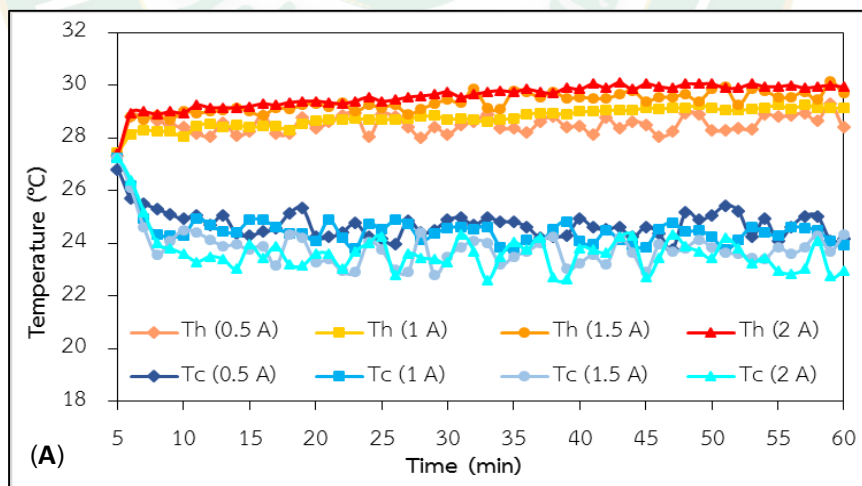
ภาพที่ 72 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

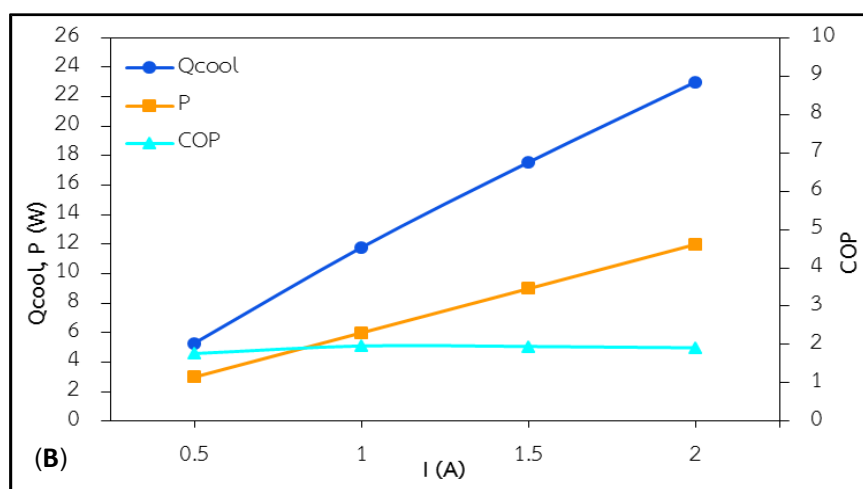
ภาพที่ 72 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min ซึ่งรวดเร็วกว่าการทดสอบที่การจ่ายแรงดัน 2 V เล็กน้อย เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่า ด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่ง

ที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 1.3 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 1.1 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 1.9 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.0 °C เป็น 29.4 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 3.0 °C เป็น 24.3 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.4 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.6 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้า ทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 6 °C

ภาพที่ 72 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 3.01, 3.03, 2.99 และ 2.90 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ซึ่งนั่นหมายถึงการใช้กำลังไฟฟ้าน้อย แต่ในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 6.0, 12.1, 17.9 และ 23.2 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมดีที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 1 A ที่กำลังไฟฟ้า 4 W

3. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





ภาพที่ 73 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

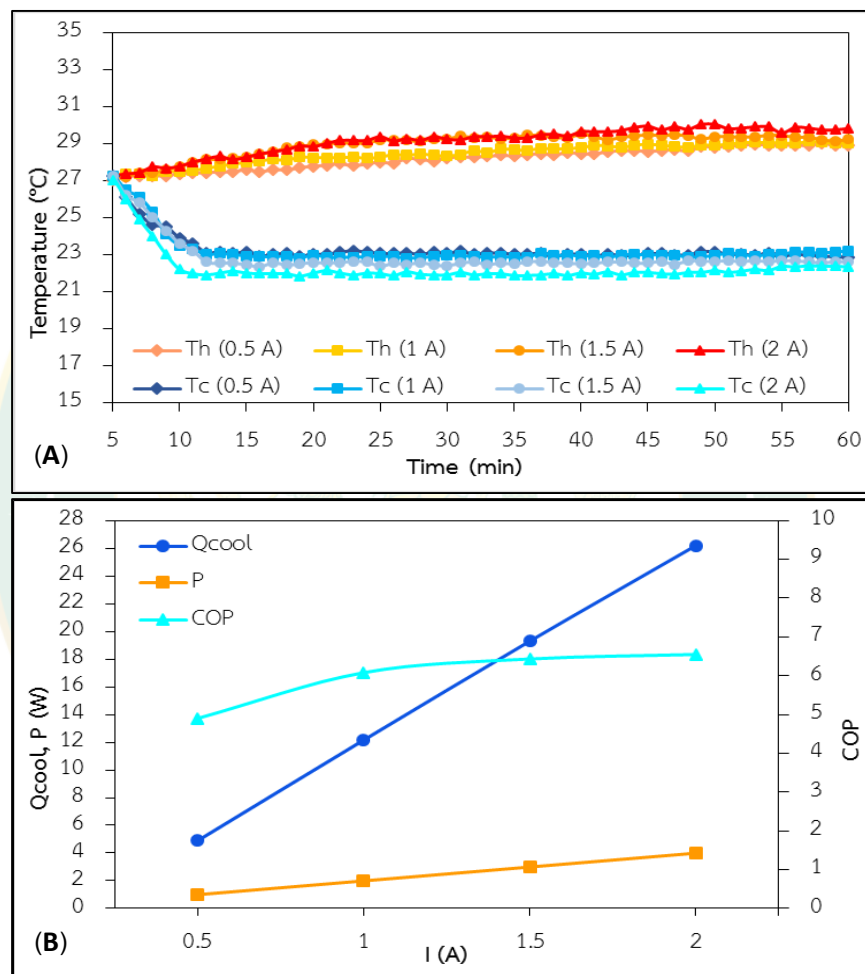
ภาพที่ 73 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min ซึ่งมีความรวดเร็วกว่าที่การจ่ายแรงดัน 2 V และ 4 V อยู่ประมาณ 10 min และ 5 min ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 1.5 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 2.2 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 2.6 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.4 °C เป็น 29.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 3.2 °C เป็น 23.9 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.7 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.6 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 6.4 °C

ภาพที่ 73 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 1.77, 1.97, 1.95 และ 1.92 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A จะให้ค่า Q_{cool} สูงสุดประมาณ 5.3, 11.8, 17.6

และ 23.0 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{cool} เหมาะสมดีที่สุดคือ กระแสไฟฟ้า 1 A กำลังไฟฟ้า 6 W

ผลการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 3 แผ่น

1. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



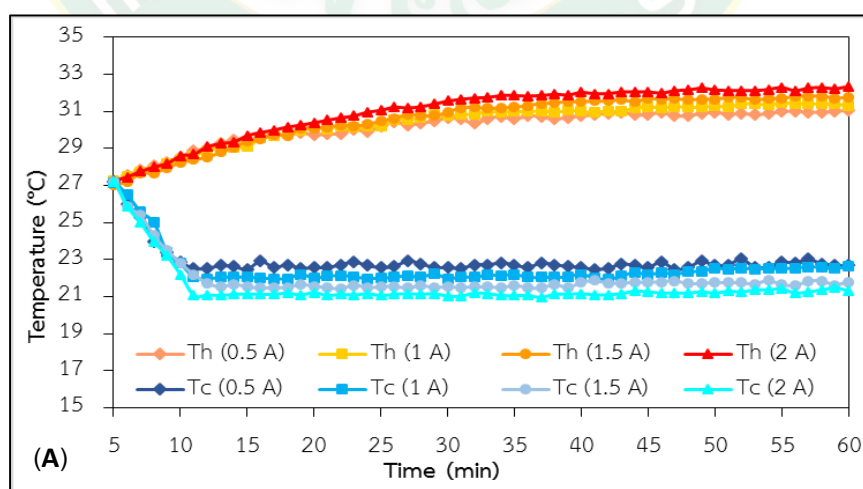
ภาพที่ 74 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

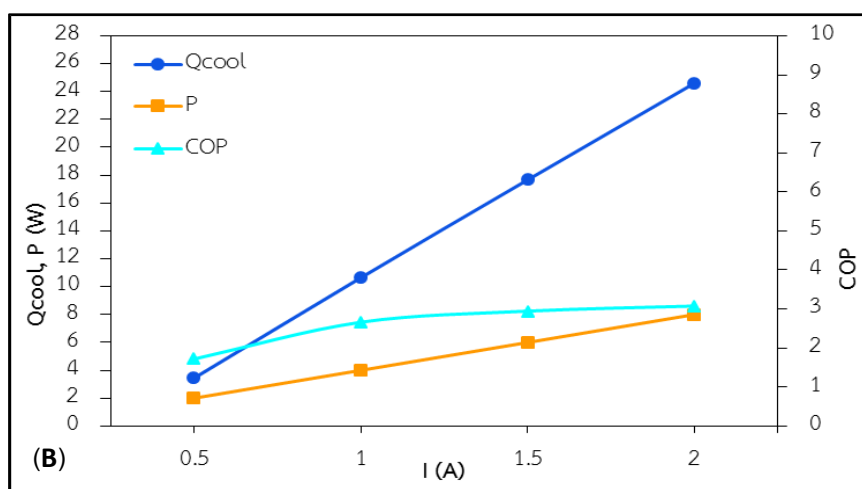
ภาพที่ 74 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 3 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 min ในส่วนของด้านร้อน ซึ่งในส่วนของด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min แต่ทั้งด้านร้อน และด้านเย็นก็ยังคงมีค่าที่ไม่คงที่

มากนัก เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 1.5 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 3.6 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.7 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.9 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.0 °C เป็น 29.2 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 4.2 °C เป็น 22.9 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 4.5 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 7 °C

ภาพที่ 74 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 3 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 4.90, 6.08, 6.43 และ 6.55 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 4.9, 12.2, 19.3 และ 26.2 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 4 W

2. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





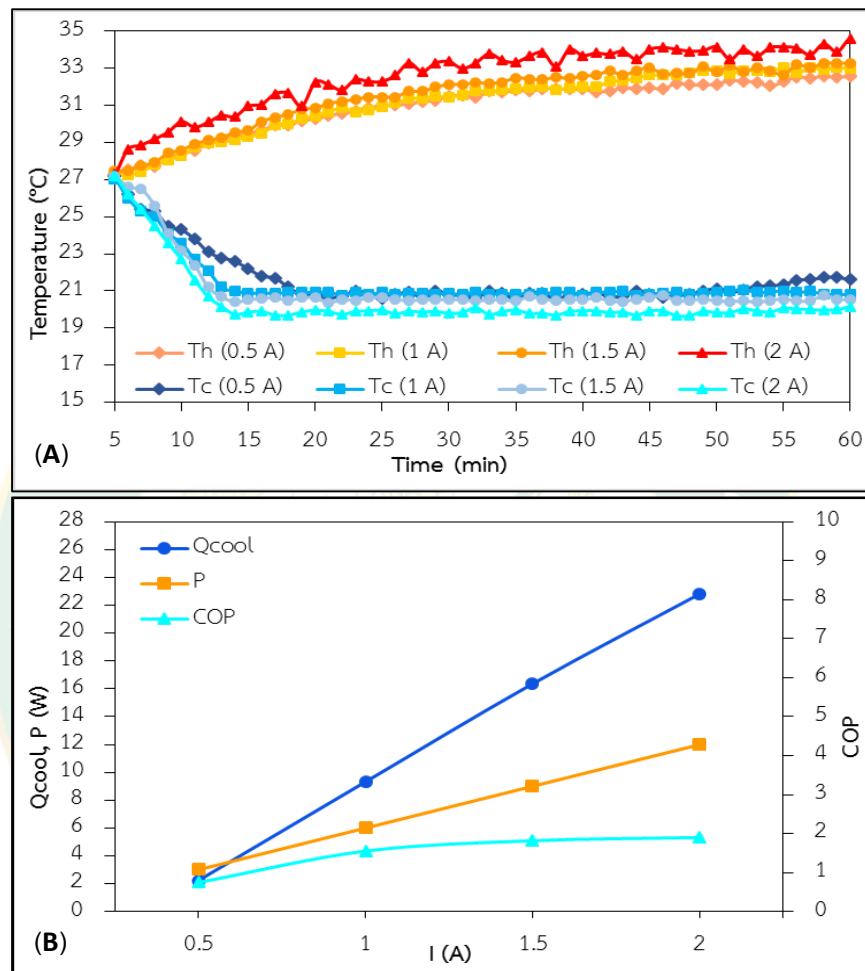
ภาพที่ 75 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 75 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 3 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 min ซึ่งในส่วนของด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 3.6 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 4.2 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 3.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 4.5 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.4 °C เป็น 31.3 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 5.1 °C เป็น 21.9 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 5.5 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 10 °C

ภาพที่ 75 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 3 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 1.72, 2.66, 2.94 และ 3.08 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A จะให้ค่า Q_{cool} สูงสุดประมาณ 3.4, 10.6, 17.7

และ 24.6 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{cool} เหมาะสมดีที่สุดคือ กระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 8 W

3. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



ภาพที่ 76 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

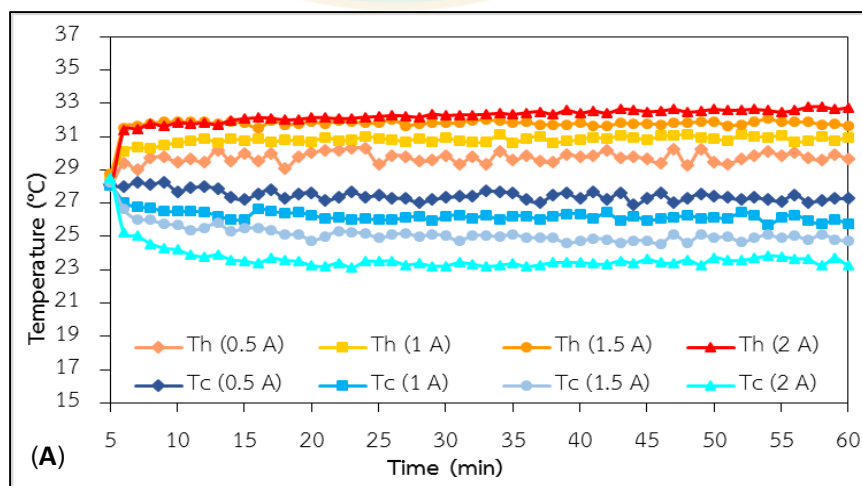
ภาพที่ 76 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 3 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 45 min ซึ่งในส่วนของด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min แต่ก็ยังคงมีค่าที่ไม่คงที่บ้าง เช่นในส่วนของอุณหภูมิด้านเย็นที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A เป็นต้น เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการ

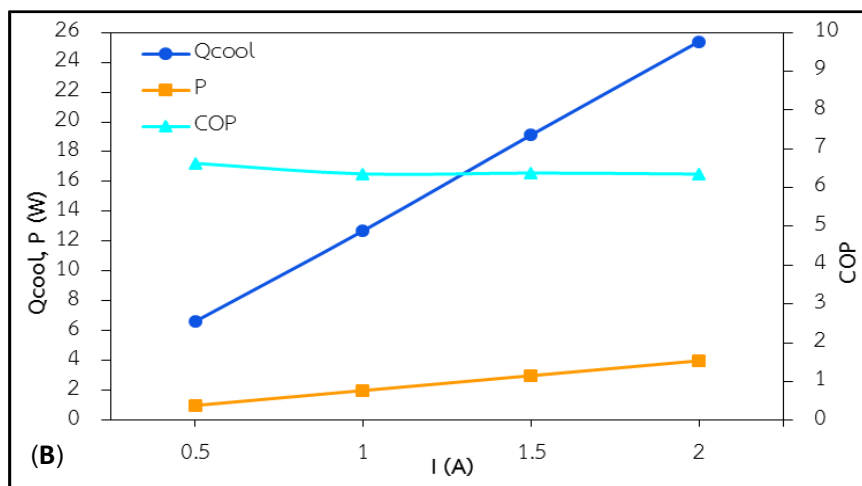
เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในส่วนของด้านเย็น แต่ในส่วนของด้านร้อนจะค่อยๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีน้ำปริมาตร 3 L เป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนด้านร้อนอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ด้านร้อนค่อยๆ สะสมความร้อนอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง แล้วค่อยๆ ที่จะคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยอาศัยน้ำ ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 4.6 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 5.5 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.0 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 5.6 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.3 °C เป็น 32.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 6.2 °C เป็น 21.0 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 6.3 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 6.9 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 13 °C

ภาพที่ 76 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 3 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 0.74, 1.55, 1.82 และ 1.90 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 2.2, 9.3, 16.4 และ 22.8 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 12 W

ผลการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 5 แผ่น

1. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



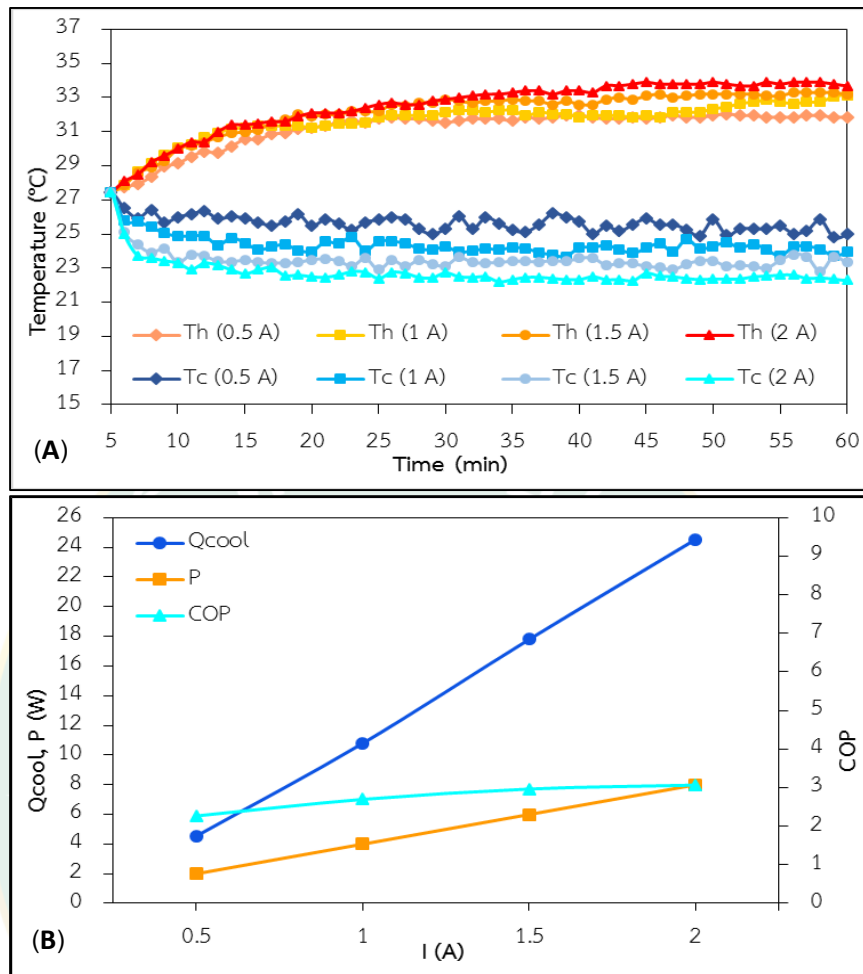


ภาพที่ 77 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 77 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 5 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V ที่ปรับกระแสไฟฟ้า 4 ค่าตั้งแต่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A พบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไป 10 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 1.7 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 0.6 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 1.9 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 3.8 °C เป็น 31.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 3.1 °C เป็น 24.9 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 4.4 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 6 °C

ภาพที่ 77 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 5 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 6.63, 6.35, 6.38 และ 6.35 ตามลำดับ ในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{cool} สูงสุดประมาณ 6.6, 12.7, 19.1 และ 25.4 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{cool} เหมาะสมดีที่สุที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 1.5 A ที่กำลังไฟฟ้า 3 W

2. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



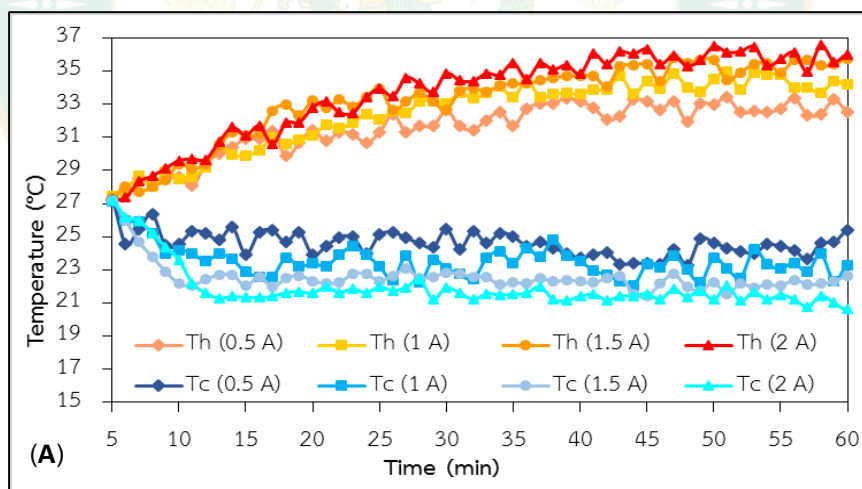
ภาพที่ 78 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

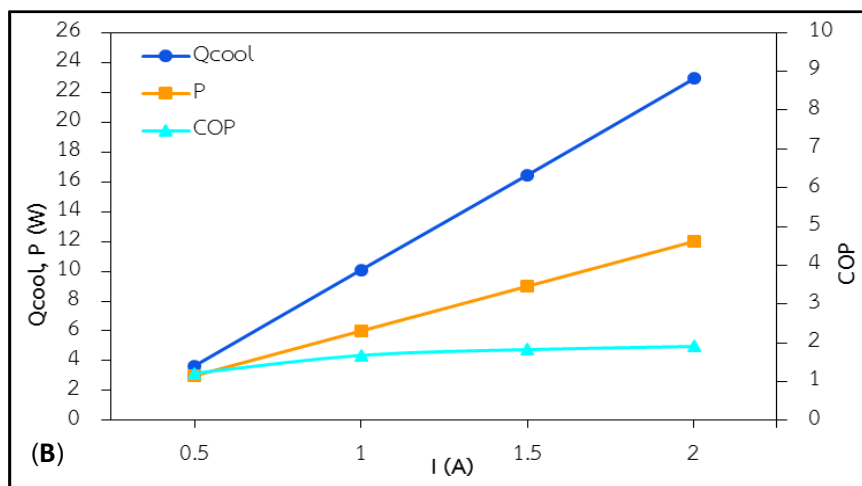
ภาพที่ 78 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 5 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 45 min ซึ่งในส่วนของด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min แต่ก็ยังคงมีค่าในส่วนของด้านร้อนที่ยังไม่คงที่มากนัก เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในส่วนของด้านเย็น แต่ในส่วนของด้านร้อนจะค่อยๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 4.0 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 1.9 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.0 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A

อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.4 °C เป็น 32.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 4.0 °C เป็น 23.4 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 6.0 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 4.8 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 10.8 °C

ภาพที่ 78 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 5 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 2.27, 2.70, 2.97 และ 3.07 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไรก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 4.5, 10.8, 17.8 และ 24.5 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 8 W

3. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





ภาพที่ 79 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

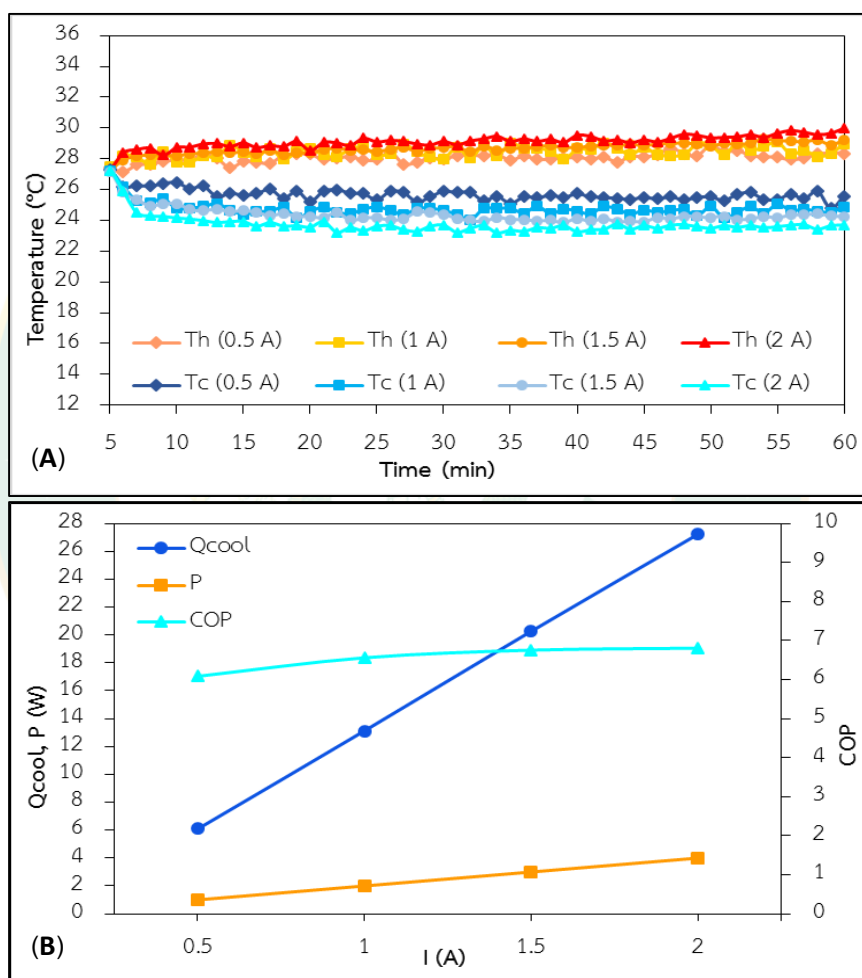
ภาพที่ 79 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 5 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 45 min เช่นเดียวกับการทดสอบแรงดัน 4 V ซึ่งในส่วนของด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในส่วนของด้านเย็น แต่ในส่วนของด้านร้อนจะค่อยๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 5.1 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 2.3 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.9 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.5 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 7.0 °C เป็น 34.2 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 4.8 °C เป็น 22.3 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 7.9 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 5.7 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 13.7 °C

ภาพที่ 79 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 5 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 1.22, 1.68, 1.83 และ 1.91 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะยิ่งทำให้ได้ค่า Q_{cool}

มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 3.7, 10.1, 16.5 และ 22.9 W ตามลำดับ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 12 W

ผลการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น

1. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



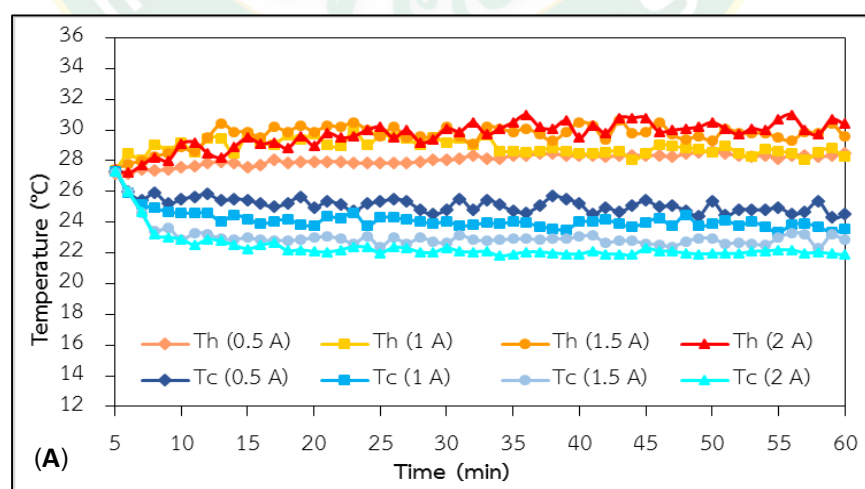
ภาพที่ 80 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

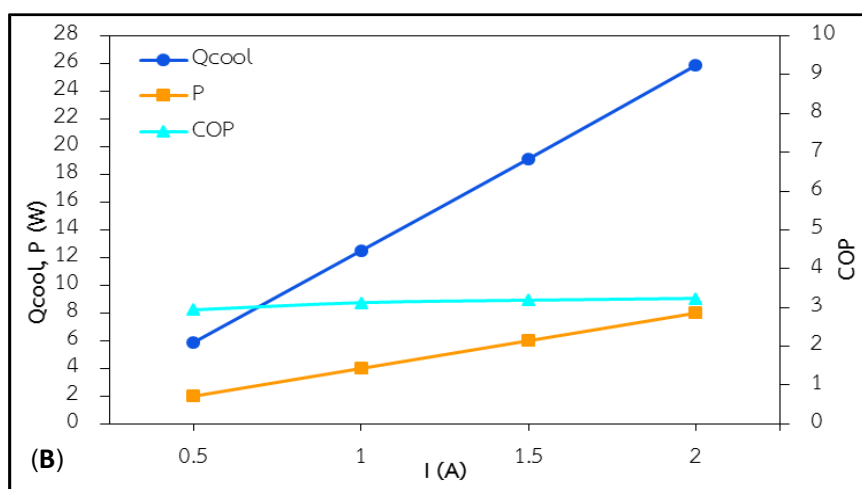
ภาพที่ 80 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน

และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 0.9 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 0.6 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.2 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 2.4 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.9 °C เป็น 29.0 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 2.8 °C เป็น 24.3 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.3 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.4 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 6 °C

ภาพที่ 80 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 6.09, 6.56, 6.76 และ 6.81 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 6.1, 13.1, 20.3 และ 27.2 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 4 W

2. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





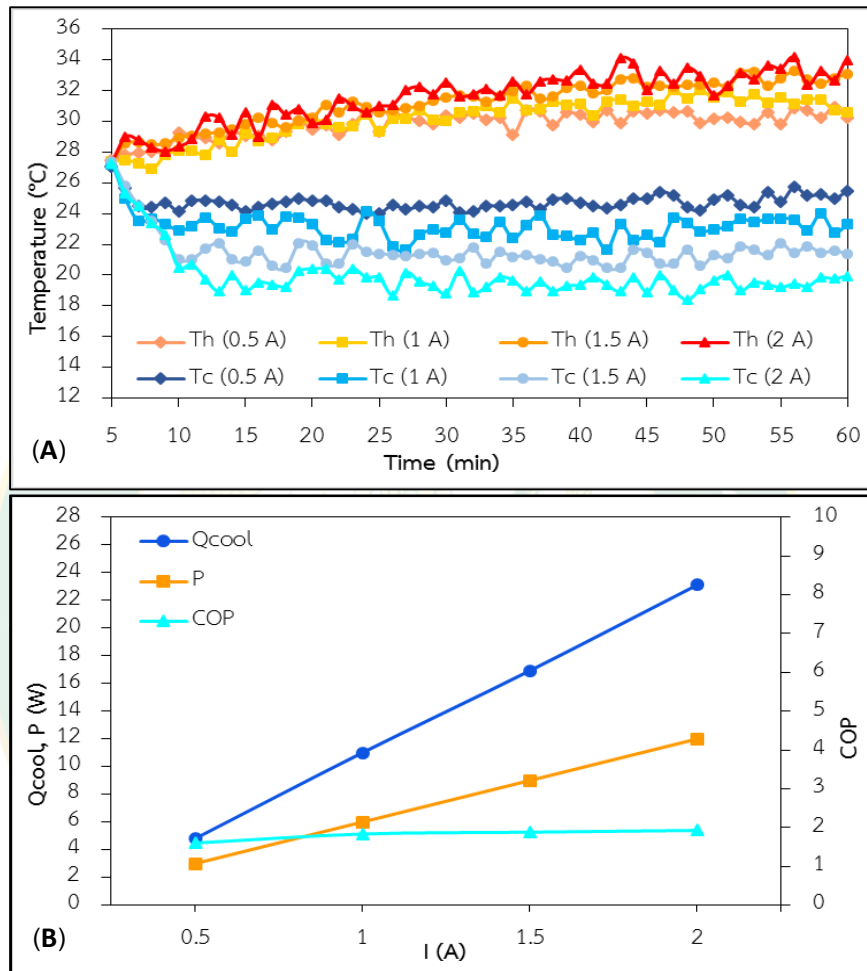
ภาพที่ 81 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 81 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 min ส่วนด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 0.9 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 2.2 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.7 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.2 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.3 °C เป็น 29.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 4.2 °C เป็น 23.0 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.9 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 5.0 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 8 °C

ภาพที่ 81 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 2.94, 3.12, 3.19 และ 3.24 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{cool} สูงสุดประมาณ 5.9, 12.5, 19.1 และ

25.9 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 8 W

3. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



ภาพที่ 82 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

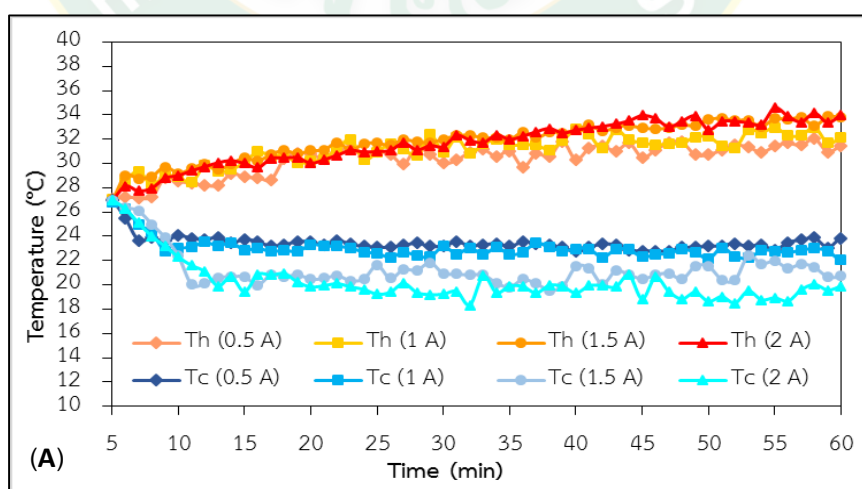
ภาพที่ 82 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 min ส่วนด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 5 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา

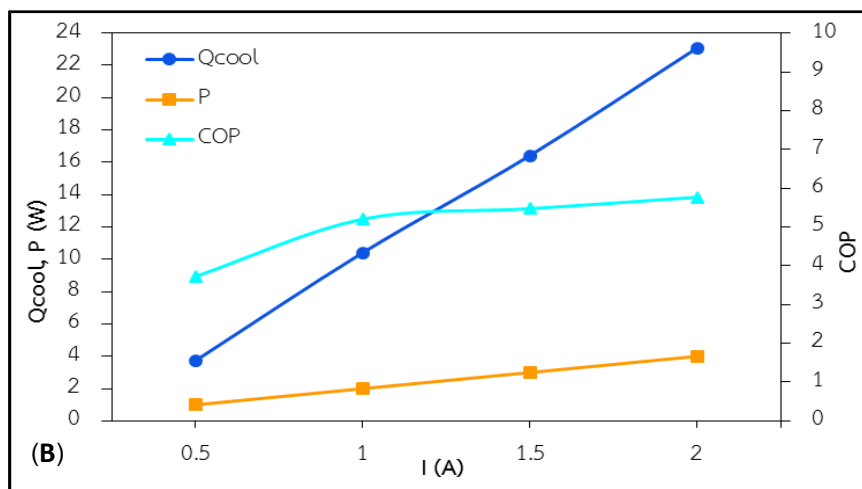
2.9 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 2.1 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 3.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 3.8 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.0 °C เป็น 32.3 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 5.9 °C เป็น 21.4 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.0 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 7.3 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 12.9 °C

ภาพที่ 82 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 1.60, 1.83, 1.88 และ 1.93 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 4.8, 11.0, 16.9 และ 23.1 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 12 W

ผลการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 9 แผ่น

1. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





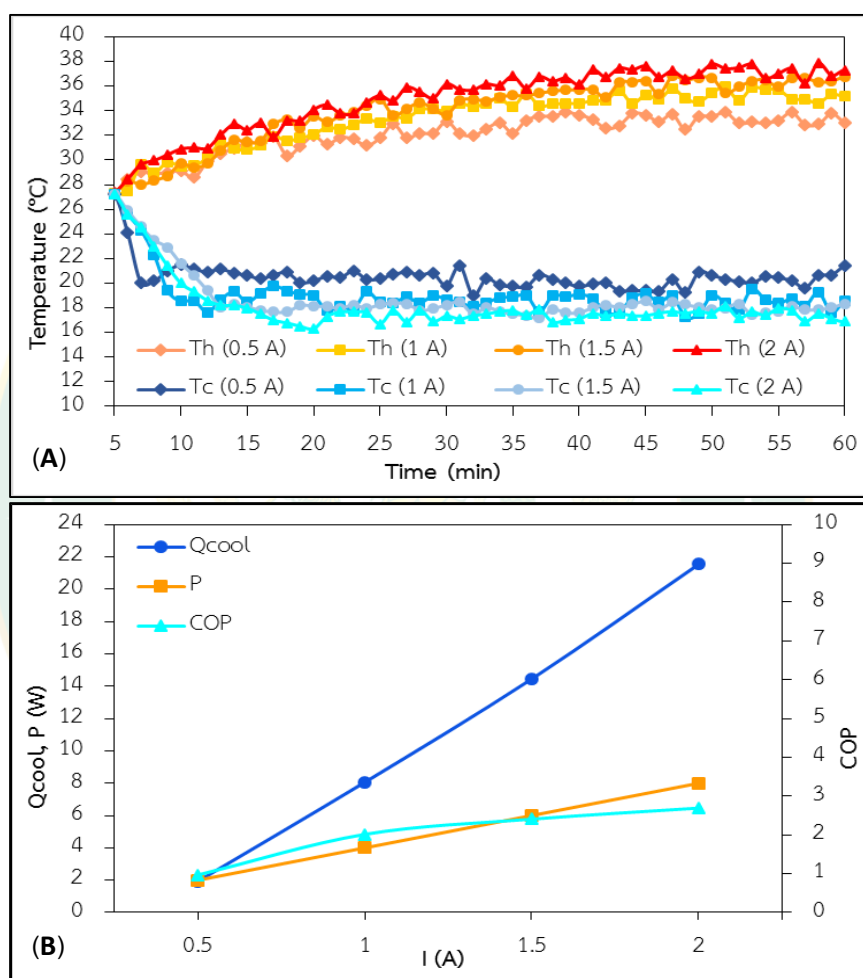
ภาพที่ 83 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 83 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 9 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 45 min ซึ่งในส่วนของด้านร้อนที่ค่ากระแสไฟฟ้า 1.5 และ 2 A ยังคงมีค่าไม่คงที่ในช่วงเวลาที่ 50-60 min ซึ่งเป็นผลมาจากเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบ แต่ก็ไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาแต่อย่างใด ส่วนด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปเฉลี่ยประมาณ 10 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.8 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลงเฉลี่ย 7.2 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 4.5 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 4.2 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.5 °C เป็น 32.7 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้เฉลี่ย 5.9 °C เป็น 21.1 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 7.2 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 13 °C

ภาพที่ 83 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 9 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 3.72, 5.20, 5.47 และ 5.77 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 3.7, 10.4, 16.4 และ 23.1 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 4 W

2. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A



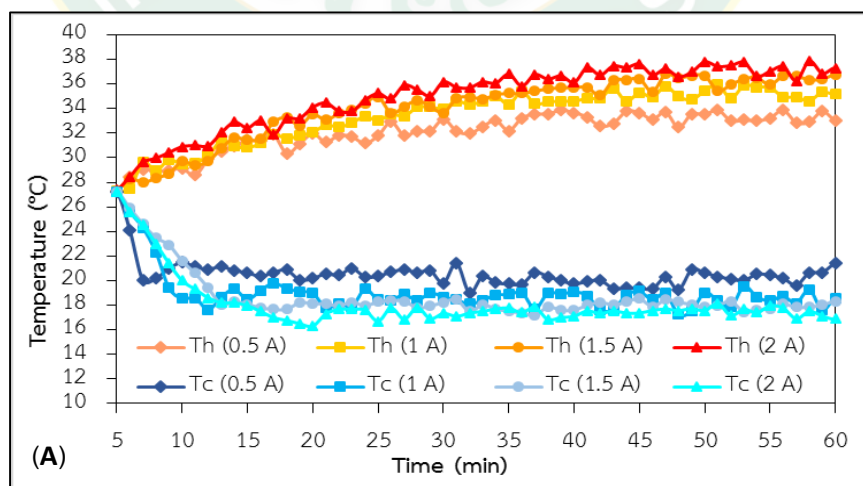
ภาพที่ 84 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

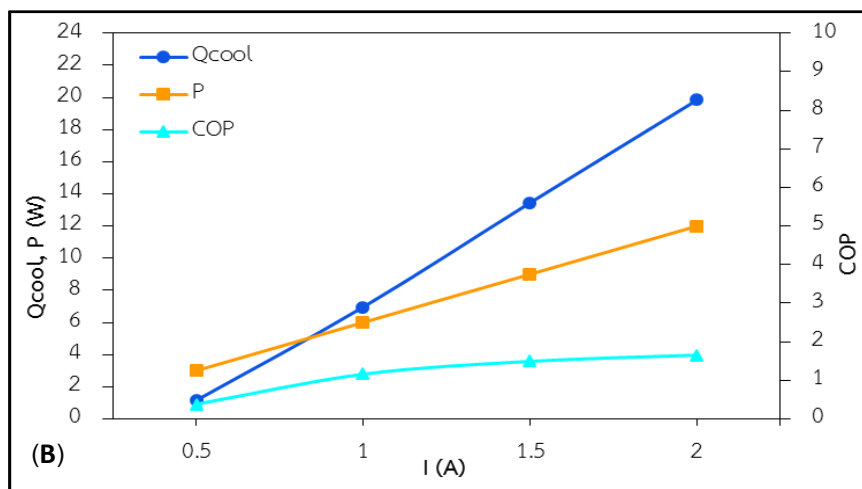
ภาพที่ 84 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 9 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 40 min ส่วนด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปเฉลี่ยประมาณ 5 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่าย

กระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมาเฉลี่ย 5.3 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 5.3 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.2 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 7.0 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.6 °C เป็น 33.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้เฉลี่ย 8.7 °C เป็น 18.6 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.9 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 8.7 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 15.7 °C

ภาพที่ 84 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 4 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 9 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 0.97, 2.02, 2.41 และ 2.69 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 1.9, 8.1, 14.5 และ 21.5 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 8 W

3. ผลการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A





ภาพที่ 85 อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น (A), สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (B) ที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A

ภาพที่ 85 (A) แสดงถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 9 แผ่น ซึ่งจากการทดสอบอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่าอุณหภูมิด้านร้อนจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 35 min ส่วนด้านเย็นอุณหภูมิจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปเฉลี่ยประมาณ 10 min เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.7 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลงเฉลี่ย 6.4 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 7.1 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 8.2 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 8.1 °C เป็น 35.2 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้เฉลี่ย 8.8 °C เป็น 18.3 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 9.1 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเฉลี่ย 9.6 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 18.8 °C

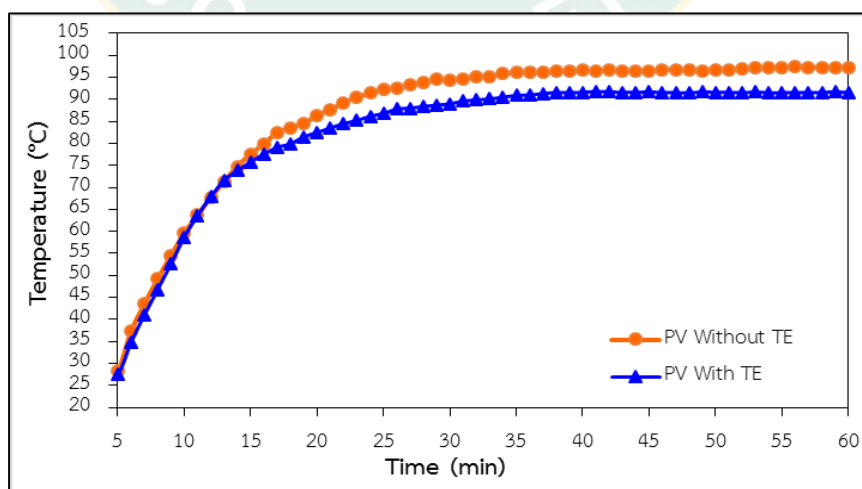
ภาพที่ 85 (B) แสดงถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดันไฟฟ้า 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5-2 A ที่การทดสอบกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 9 แผ่น เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 0.38, 1.16, 1.49 และ 1.65 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้า โดยในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 1.1, 7.0, 13.4 และ 19.8 W

ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 2 A ที่กำลังไฟฟ้า 12 W

จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้สำหรับการทดสอบคือจำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ทั้งหมดแล้วพบว่าผลการทดสอบจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดตั้งด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับทำความเย็นเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามรูปแบบจำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A สามารถให้ค่าการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (COP) ได้สูงสุดอยู่ที่ 27.2 W และ 6.81 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในรูปแบบอื่น จึงเป็นกำลังไฟฟ้า และรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนำมาทดสอบกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดไฟ Halogen tungsten เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น ตามรูปแบบที่กำหนดไว้เปรียบเทียบกับผลของการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่อไป

ผลของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติ และแผงทดสอบ

จากการนำรูปแบบของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น ที่ติดตั้งด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามรูปแบบที่กำหนดไว้สำหรับทำความเย็นเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาทดสอบกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดไฟ Halogen tungsten แล้วสามารถแสดงผลการทดสอบออกมาได้ดังภาพที่ 86

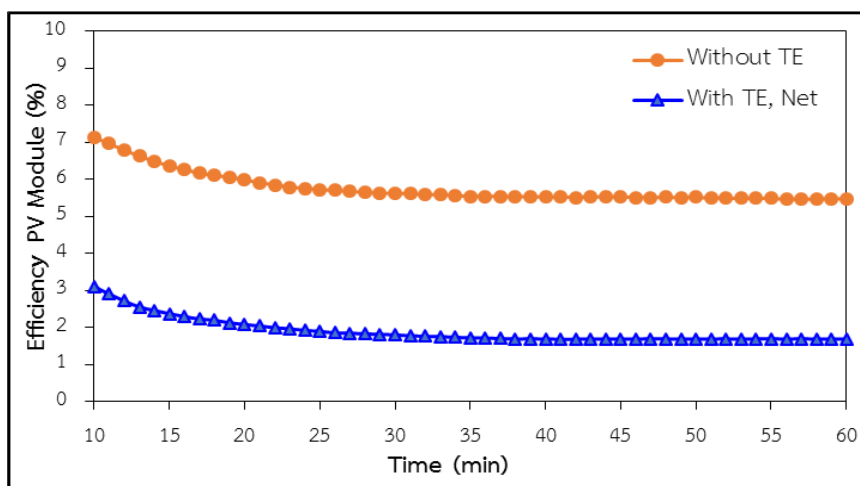


ภาพที่ 86 อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติกับแผงทดสอบที่ความเข้มแสง

ภาพที่ 86 เมื่อนำรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น แรงดันไฟฟ้า 2 V ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 2 A มาจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทำความเย็น สำหรับช่วยลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานกับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดไฟ Halogen tungsten ที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ พบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 10 min แรก ทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีและไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับระบายความร้อน แต่เมื่อเวลาผ่านไปหลังจาก 10 min แล้วพบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะยังคงมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกระยะเวลาหนึ่ง แตกต่างกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งจะมีอุณหภูมิแผงที่ต่ำกว่า โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 20 min ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 20-120 min ประมาณ $96 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ส่วนอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนของอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองอยู่ $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$

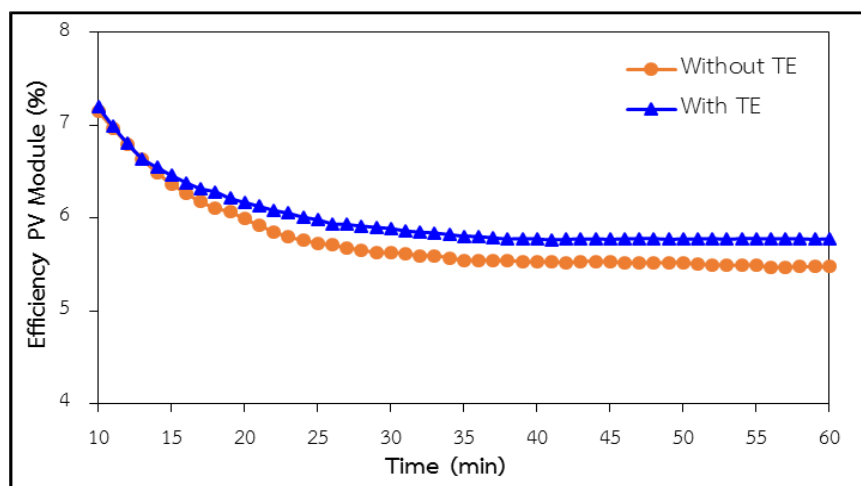
ผลทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงปกติกับแผงทดสอบ

จากการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ จากหลอดไฟ Halogen tungsten และทำการเก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่องตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Prova 210 module analyzer) แล้วนำข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสมการที่ 2 เพื่อหาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกันระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปกติกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทดสอบซึ่งผลที่ได้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 87 และภาพที่ 88



ภาพที่ 87 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยคิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ภาพที่ 87 แสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการคิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไปด้วย ซึ่งจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่ำกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอย่างมาก เนื่องจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องมีการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นถึง 4 W โดยในช่วงแรกประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองจะยังคงมีค่าที่สูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นลดลงไป ซึ่งเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงตามไปด้วย ซึ่งเมื่อนำกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ประมาณ 6 W มาหักลบกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จึงส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกลดลงเหลือเพียง 2 W ทำให้ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพลดลง ซึ่งประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อคิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแล้วจะมีประสิทธิภาพเพียง 2.1% ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 7.2%



ภาพที่ 88 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่คิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ภาพที่ 88 แสดงให้เห็นถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยไม่มีการคิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งหากไม่มีการคิดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อช่วยในการระบายความร้อนแล้ว หรือหากมีวิธีการอื่นในอนาคตที่สามารถทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยไม่ต้องมีการใช้พลังงานก็จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้นั้นเพิ่มขึ้นจากแผงที่ไม่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากไม่มีการหักลบกำลังไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าในช่วงแรกของการทดสอบที่เวลาประมาณ 5 min ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองจะมีค่าที่สูงเป็นอย่างมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปกลับทำให้ประสิทธิภาพที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความร้อนสะสมสูงขึ้นจึงส่งผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงทำให้ประสิทธิภาพที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงตามไปด้วย ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งแผงปกติและแผงทดสอบจะมีค่าที่ลดลง แต่หากไม่มีการนำกำลังไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็นเพื่อช่วยลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาหักลบกับกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ ก็จะมีผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อไม่คิดหรือไม่มีการหักลบกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแล้วจะมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 7.5% ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 7.2% ซึ่งเมื่อคำนวณหาประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากแผงที่ไม่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอยู่ที่ 4.2%

การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้จากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งหมายถึงหากทราบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 สำหรับการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายเพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute deviation, MAD), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean squared error, MSE), รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean square error, RMSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean absolute percentage error, MAPE) (Premalatha and Valan Arasu, 2016) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ 13-16

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n}$$

สมการที่ 13

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}$$

สมการที่ 14

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}}$$

สมการที่ 15

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i - Y_i}{X_i} \right|}{n} \times 100$$

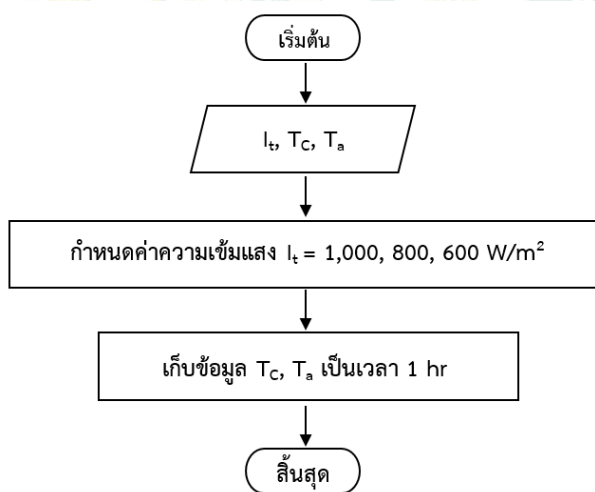
สมการที่ 16

เมื่อ X_i = ผลที่ได้จากการทดลอง
 Y_i = ผลที่ได้จากการทำนายทางคณิตศาสตร์
 n = จำนวนข้อมูล

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างผลการสร้างสมการทำนายทางคณิตศาสตร์กับผลจากการทดสอบโดยใช้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE), รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความ

คลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูลและความถูกต้องแม่นยำระหว่างผลจากการทดลองและผลจากการใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหากค่าที่คำนวณออกมามีค่าน้อยจะบ่งบอกถึงความแม่นยำของสมการทำนายทางคณิตศาสตร์

สำหรับการสร้างสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ สำหรับทำนายประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นในสิ่งที่มีผลเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นก็คือกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับและอุณหภูมิสภาพแวดล้อมนั้นๆ อีกทั้งในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งาน จึงมีผลที่เกี่ยวข้องในส่วนของอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกขณะทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกด้วย ซึ่งสามารถสร้างสมการทำนายทางคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบของงานวิจัยนี้ได้แก่ ค่าความเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten (I_c), ค่าอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (T_c) และค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม (T_a) โดยภาพที่ 89 จะอธิบายถึงขั้นตอนการทำนายอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 89 ขั้นตอนการทำนายอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 89 เมื่อได้ข้อมูลตามลำดับของการทดสอบแล้วจะนำข้อมูลที่ได้อมาทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงสถิติสำหรับศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม โดยมีรูปแบบของสมการทั่วไปแสดงดังสมการที่ 17

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad \text{สมการที่ 17}$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

X = ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตาม

a และ b = ค่าคงที่ ที่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ

สำหรับงานวิจัยนี้ อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะใช้รูปแบบของสมการที่ 17 สำหรับทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง, อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ซึ่งสามารถสร้างสมการทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ตั้งสมการที่ 18

$$T_{pv} = a + b_1 I_t + b_2 T_C + b_3 T_a \quad \text{สมการที่ 18}$$

เมื่อ I_t = เข้มเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten (W/m^2)

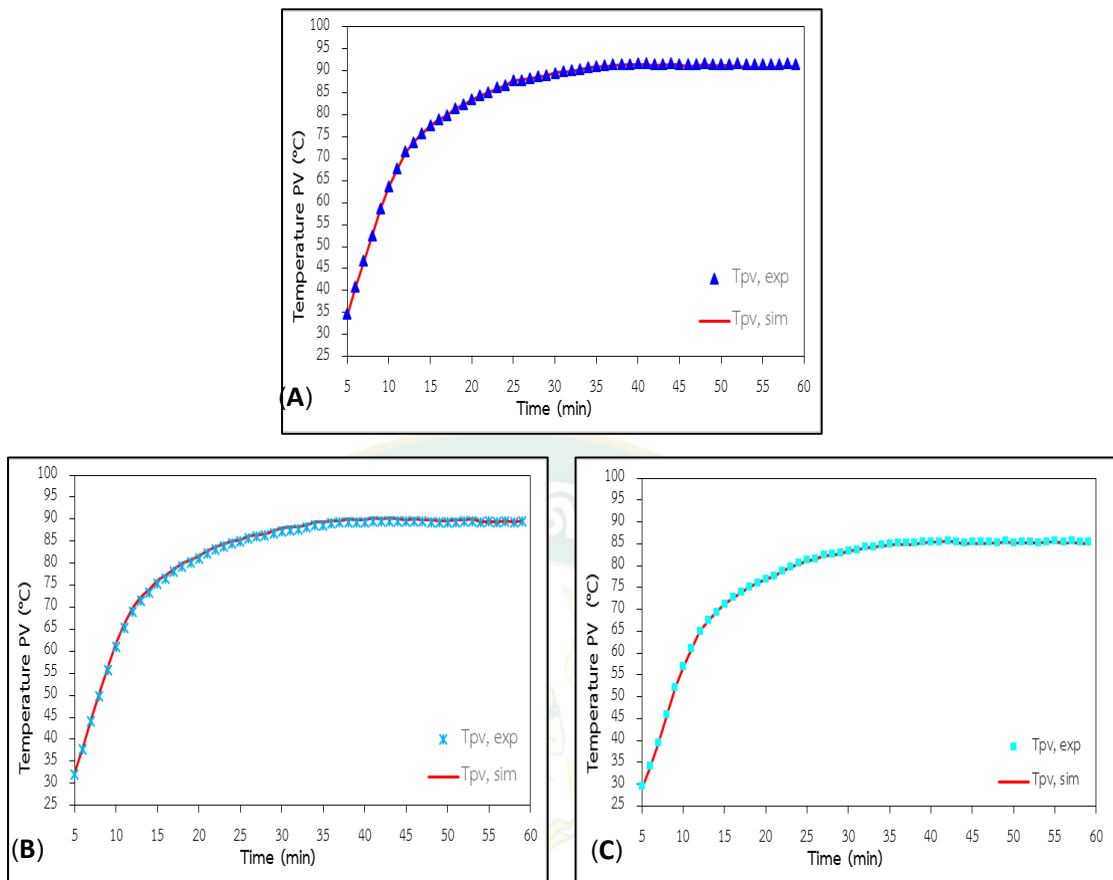
T_C = อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ($^{\circ}C$)

T_a = อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ($^{\circ}C$)

โดยค่าคงที่ที่สัมพันธ์กับความเข้มแสง, อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสำหรับงานวิจัยนี้ได้แก่

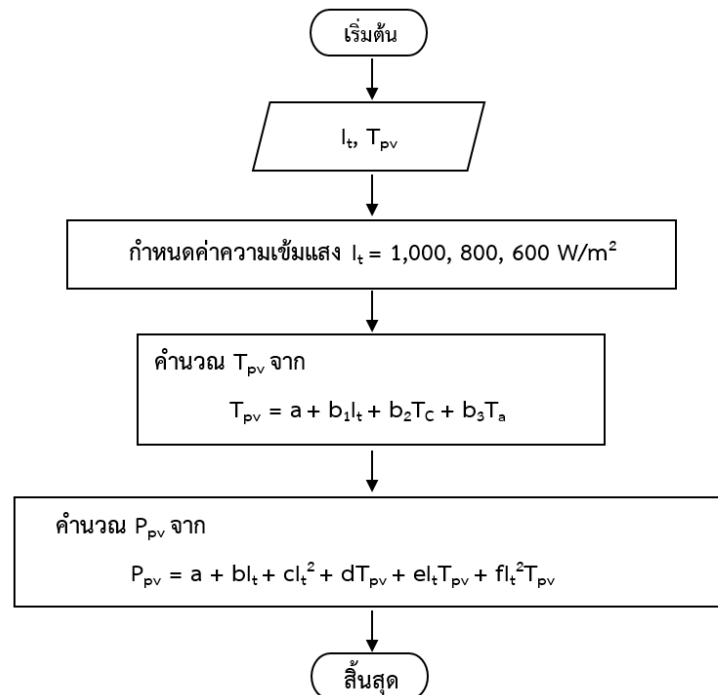
$$a = 21.9732 \quad b_1 = -0.0056 \quad b_2 = 1.0077 \quad b_3 = -0.5487$$

จากการที่ได้ใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับผลจากการทดสอบแล้วพบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ ($T_{pv, Sim}$) เปรียบเทียบกับผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ($T_{pv, Exp}$) ที่ระดับความเข้มแสง $1,000 W/m^2$ ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE), รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ 0.376, 0.188, 0.433 และ 0.495% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเป็นอย่างมาก จึงถือได้ว่าสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับงานวิจัยนี้มีความแม่นยำสูงดังแสดงในภาพที่ 90 (A) จากนั้นจึงได้ใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสง 800 และ $600 W/m^2$ เปรียบเทียบกับผลการทดสอบ ซึ่งพบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสง 800 และ $600 W/m^2$ เป็นอย่างมากสามารถสังเกตได้ดังภาพที่ 90 (B) และ (C) ตามลำดับ



ภาพที่ 90 ผลการเปรียบเทียบสมการทำนายกับผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความเข้มแสง (A) = $1,000 \text{ W/m}^2$, (B) = 800 W/m^2 และ (C) = 600 W/m^2

เมื่อทำการทดสอบผลที่มีต่ออุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ การถดถอยเชิงสถิติทำให้ได้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอุณหภูมิแผงเซลล์ แสงอาทิตย์สำหรับนำมาใช้ในการวิเคราะห์กับสมการทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อไป ซึ่งการสร้างสมการทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แสดงดังภาพที่ 91



ภาพที่ 91 ขั้นตอนการทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพที่ 91 เมื่อใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์อุณหภูมิแผงเซลล์และนำค่าที่ได้จากการทำนายมาใช้ในการทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะสามารถทำนายกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับในงานวิจัยนี้ได้จากสมการที่ 19

$$P_{pv} = a + bI_t + cI_t^2 + dT_{pv} + eI_t T_{pv} + fI_t^2 T_{pv} \quad \text{สมการที่ 19}$$

เมื่อ I_t = เข้มเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten (W/m²)

T_{pv} = อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (°C)

โดยที่

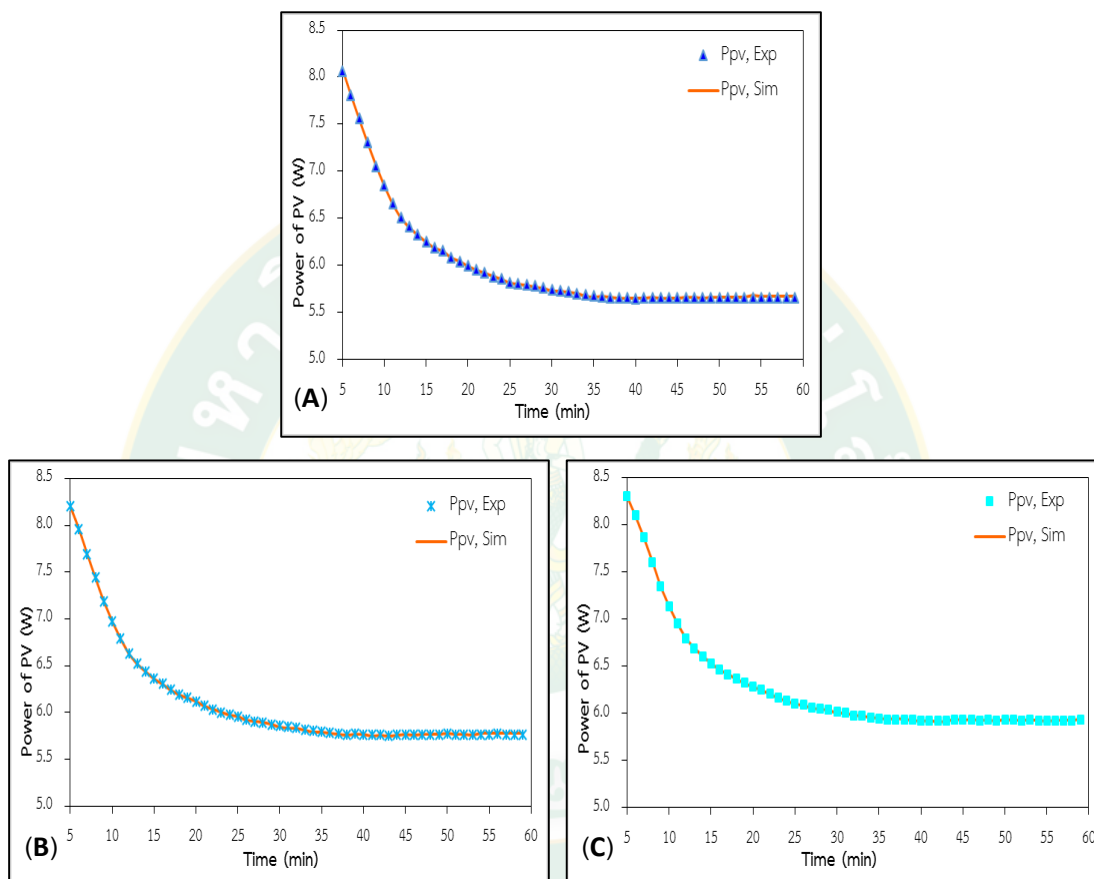
$$a = 8.7111 \quad b = 0.0022$$

$$c = -1.3988 \times 10^{-6} \quad d = -0.0396$$

$$e = -7.2311 \times 10^{-6} \quad f = 4.3545 \times 10^{-9}$$

จากการที่ได้ใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับผลจากการทดสอบแล้วพบว่ากำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ ($P_{pv, Sim}$) เปรียบเทียบกับผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ($P_{pv, Exp}$) ที่ระดับความเข้มแสง 1,000 W/m² ให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAD), ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (MSE), รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) เท่ากับ 5.321×10^{-3} , 4.975×10^{-5} , 7.053×10^{-3} และ 0.089% ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าที่ต่ำเป็นอย่างมาก จึงถือได้ว่าสมการ

ทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับงานวิจัยนี้มีความแม่นยำสูง ดังแสดงในภาพที่ 92 (A) จากนั้นจึงได้ใช้สมการทำนายทางคณิตศาสตร์ทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสง 800 และ 600 W/m² เปรียบเทียบกับผลการทดสอบ ซึ่งพบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสง 800 และ 600 W/m² เป็นอย่างมาก สามารถสังเกตได้ดังภาพที่ 92 (B) และ (C) ตามลำดับ



ภาพที่ 92 ผลการเปรียบเทียบสมการทำนายกับผลการทดสอบกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความเข้มแสง (A) = 1,000 W/m², (B) = 800 W/m² และ (C) = 600 W/m²

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนโดยปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้า และจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์และใช้น้ำสำหรับระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนผ่านแผงระบายความร้อนอลูมิเนียม ในขณะที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้ในการทำความเย็นให้กับด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านแผ่นอลูมิเนียมที่ติดแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่การทำความเย็นใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหา กำลังไฟฟ้า และจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสมสำหรับระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และนำมาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยสรุปผลการวิจัยแล้วมีรายละเอียดดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. จากการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อระบายความร้อน ซึ่งทำการทดสอบตามรูปแบบที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น จากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 2, 4 และ 6 V กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2 A พบว่าจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีความเหมาะสมสำหรับการระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A กำลังไฟฟ้า 4 W สามารถให้ค่าการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{cool}) เฉลี่ยสูงสุด 27.2 W และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) เฉลี่ยสูงสุด 6.81

2. จากการทดสอบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (แผงปกติ) มีประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย 7.2% โดยสามารถให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 5.7 W ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (แผงทดสอบ) จำนวน 7 แผ่น สำหรับระบายความร้อนมีประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย

7.5% สามารถให้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 6.0 W โดยรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น สำหรับระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 4.2%

3. เมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์สำหรับสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เชิงสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์สร้างสมการ สามารถสร้างสมการทำนายกำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการระบายความร้อนด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ได้ดังสมการ
$$P_{pv} = a + bI_t + cI_t^2 + dT_{pv} + eI_t T_{pv} + fI_t^2 T_{pv}$$

ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีคุณสมบัติที่สามารถทำความเย็นได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา ไม่ต้องพึ่งสารทำความเย็นที่หากเกิดการรั่ว ก็จะไม่ส่งผลในการทำลายชั้นบรรยากาศของโลก อีกทั้งยังมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ทำงานเงียบโดยไม่ส่งเสียงดังรบกวน แต่การนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้มีข้อจำกัดในเรื่องของการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้า 10 W จึงเป็นผลให้การหักลบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์น้อยลงไปเมื่อทำการหักลบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จึงทำให้เห็นว่ายังไม่คุ้มค่าแก่การติดตั้งเพื่อนำไปใช้งานจริง และเนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทดสอบเพื่อหาลำดับกำลังไฟฟ้า และจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสมสำหรับระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ฉะนั้นเพื่อให้งานวิจัยเกิดความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และอธิบายถึงความคุ้มค่าแก่การติดตั้งเพื่อใช้งานจริงหรือไม่ จึงควรที่จะหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความร้อน ในช่วงที่ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงมากเกินไป เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับนำค่าพลังงานไปหักลบกับกำลังไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ จึงจะเห็นความชัดเจนของความคุ้มค่าแก่การนำไปติดตั้งกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานจริง

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). **โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย: กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.**
- กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน. (2558). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.**
- เขตเวลา.2558.เขตเวลา. [Online]. Available <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%95%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%B2> (3 พฤศจิกายน 2558).
- เจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์ และสมิต อินทร์ศิริพงษ์. 2548. **ตู้น้ำเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก Thermoelectric Water Cooler. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1.**
- เจริญพร เลิศสถิตธนกร และวิชาญ ศรีสุวรรณ. 2547. **การศึกษาเชิงทดลองของผ้าเปดานทาความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก. วารสารวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย. ครั้งที่ 18.**
- ชัยวัช ชูชัยและสรอรรถ ธนศิลป์. (2555). **เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก Thermoelectric Generator (12-43).** ขอนแก่น: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชายชีวกฤต และชนานันท์ บัวเขียว. 2543. **การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์.** [Online]. Available <http://project.rid.go.th/site/index.php/th/news/knowledge/263-2015-06-23-09-38-06> (29 ตุลาคม 2558).
- เดชนิตติธร อิมปริดา และวันชัย ทรัพย์สิงห์. 2554. **แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา.**
- ประภาพิพย์ บุญหล้า และนุชิตา สุวแพทย์. 2556. **การระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกชนิดผลึกเดี่ยวและชนิดอะมอร์ฟัส. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 9.**
- ไพบุลย์ โกวิทเจริญกุล. 2550. **การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.**

- ไพสิฐ ตัณฑุลพงษ์. 2554. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ [Online]. Available http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell_pg5.htm. (29 ตุลาคม 2558).
- โรงไฟฟ้ากอกพัฒนาพลังงานทดแทนฝ่ายแผนงานพัฒนา. 2554. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell). การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. [Online]. Available <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>. (3 พฤศจิกายน 2558).
- เรื่องเล่าในรั้วโซลาร์ฟาร์ม. 2550. การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของโซลาร์ฟาร์มในไทย. [Online]. Available http://www2.egco.com/th/energy_knowledge_solar4.asp (29 ตุลาคม 2558).
- วฤทธิ มิตรธรรมศิริ. 2557. ฤดูกาลและการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์. [Online]. Available <http://www.sc.mahidol.ac.th/usr/?p=400>. (3 พฤศจิกายน 2558).
- สมชาย มณีวรรณ และคณะ. 2544. ระบบผสมผสานแบบใหม่เพื่อผลิตน้ำร้อนและปรับอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเทอร์โมอิเล็กทริก. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39, 336-343.
- เสมอใจ สุขสุเมฆ . 2557. โครงสร้างราคาน้ำมัน. [Online]. Available [http://www.eppo.go.th/index.php/th/petroleum/price/structure-oil-price?orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/th/petroleum/price/structure-oil-price?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1). (3 พฤศจิกายน 2558).
- อิทธิเทพ พึ่งเมือง. 2555. เครื่องควบแน่นน้ำโดยประยุกต์ใช้เพลเทียร์. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก. (2557). ทฤษฎีและหลักการอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก.
- Astrain, D., Vián, J. G. & Albizua, J. 2005. Computational model for refrigerators based on Peltier effect application. *Applied Thermal Engineering*, 25 (17-18), 3149-3162.
- Benghanem, M., Al-Mashraqi, A. A. & Daffallah, K. O. 2016. Performance of solar cells using thermoelectric module in hot sites. *Renewable Energy*, 89 (51-59).
- Cadafalch, J., Carbonell, D., Consul, R. & Ruiz, R. 2015. Modelling of storage tanks with immersed heat exchangers. *Solar Energy*, 112(154-162).
- Frank, I. 2006. *Fundamentals of heat and mass transfer*.
- Hashim, H., Bompfrey, J. J. & Min, G. 2016. Model for geometry optimisation of thermoelectric devices in a hybrid PV/TE system. *Renewable Energy*, 87(458-463).

- John. 2014. High Efficient Seebeck Thermoelectric Device for Power System Design and Efficiency Calculation: A Review of Potential Household Appliances. **International Journal of Computer Applications**, 97(0975-8887).
- Lee, K. T. P., S.M. Shin-A.S. Tazebay, H.D.Um, J.Y. Jung-S.W. Lee, M.W. Oh, S.D. Park, B.Y. Yoo, C.H. Yu, J.H. 2013. **Lossless hybridization between photovoltaic and thermoelectric devices**. 3.
- Naphon, P. & Wiriyasart, S. 2009. Liquid cooling in the mini-rectangular fin heat sink with and without thermoelectric for CPU. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, 36(2), 166-171.
- Nikom, P. 2008. **Increasing Performance of Solar Cell panels by Cooling System**. Master. Songkla University.
- Omer, G., Yavuz, A. H. & Ahiska, R. 2017. Heat pipes thermoelectric solar collectors for energy applications. **International Journal of Hydrogen Energy**, 42(12), 8310-8313.
- Pang, W., Liu, Y., Shao, S. & Gao, X. 2015. Empirical study on thermal performance through separating impacts from a hybrid PV/TE system design integrating heat sink. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, 60 (9-12).
- Park, K. T., Shin, S. M., Tazebay, A. S., Um, H. D., Jung, J. Y., Jee, S. W., Oh, M. W., Park, S. D., Yoo, B., Yu, C. & Lee, J. H. 2013. Lossless hybridization between photovoltaic and thermoelectric devices. **Sci Rep**, 3(21-23).
- Premalatha, N. & Valan Arasu, A. 2016. Prediction of solar radiation for solar systems by using ANN models with different back propagation algorithms. **Journal of Applied Research and Technology**, 14(3), 206-214.
- Sark, W. G. J. H. M. v. 2011. Feasibility of photovoltaic-Thermoelectric hybrid modules. **Applied Energy**, 88(8), 2785-2790.
- Shen, L., Tu, Z., Hu, Q., Tao, C. & Chen, H. 2017. The optimization design and parametric study of thermoelectric radiant cooling and heating panel. **Applied Thermal Engineering**, 112(688-697).
- Shepherd, S. 1998. **Spectral irradiance of the sun**. [Online]. Available https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_irradiance (8 June 2017).

- Siecker, J., Kusakana, K. & Numbi, B. P. 2017. A review of solar photovoltaic systems cooling technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 79 (192-203).
- Tabet , I. 2014. Performances improvement of photovoltaic thermal air collector by planer reflector. **Revue des Energies Renouvelables SIENR** 14(219-225).
- Vorobiev, Y., González-Hernández, J., Vorobiev, P. & Bulat, L. 2005 .Thermal-photovoltaic solar hybrid system for efficient solar energy conversion. **Solar Energy**, 80(2), 170-176.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการทดสอบ

ภาคผนวก ก. 1 ผลการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V
กระแสไฟฟ้า 2 A

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านร้อน (K)	อุณหภูมิด้านเย็น (K)	ผลต่างของ อุณหภูมิ (K)	Q_{Cool} (W)	อุณหภูมิน้ำ (°C)	COP
1	300.2	300.2	0.07	30.49	28.3	7.62
2	300.2	300.1	0.06	30.49	28.0	7.62
3	300.3	300.2	0.06	30.50	28.1	7.63
4	300.3	300.2	0.06	30.50	28.3	7.62
5	300.4	300.3	0.06	30.51	28.1	7.63
6	300.2	300.2	0.06	30.50	28.4	7.62
7	301.5	299.2	2.30	29.23	28.5	7.31
8	301.7	297.7	4.07	28.17	28.0	7.04
9	301.6	297.3	4.27	28.03	28.1	7.01
10	301.9	297.6	4.27	28.06	28.5	7.01
11	301.9	297.3	4.57	27.87	28.2	6.97
12	301.7	297.4	4.31	28.02	28.2	7.00
13	302.0	297.4	4.61	27.86	28.4	6.97
14	302.0	296.9	5.01	27.61	28.3	6.90
15	302.1	297.1	4.91	27.68	28.2	6.92
16	302.1	296.8	5.27	27.46	28.1	6.87
17	302.1	296.9	5.17	27.52	28.5	6.88
18	301.9	297.2	4.71	27.79	28.5	6.95
19	301.8	296.7	5.11	27.53	28.2	6.88
20	302.1	296.6	5.44	27.35	28.1	6.84
21	302.1	296.7	5.41	27.38	28.3	6.84
22	302.0	297.0	4.94	27.65	28.5	6.91

ภาคผนวก ก. 1 ผลการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านร้อน (K)	อุณหภูมิด้านเย็น (K)	ผลต่างของ อุณหภูมิ (K)	Q_{Cool} (W)	อุณหภูมิน้ำ (°C)	COP
23	302.4	297.0	5.31	27.46	28.4	6.87
24	302.1	296.6	5.51	27.31	28.0	6.83
25	302.4	296.6	5.71	27.22	28.4	6.80
26	302.2	296.6	5.51	27.32	27.9	6.83
27	302.2	296.6	5.64	27.24	27.9	6.81
28	302.5	296.5	6.01	27.04	28.0	6.76
29	302.2	296.7	5.51	27.32	28.4	6.83
30	302.1	296.8	5.27	27.46	28.0	6.86
31	302.2	296.4	5.77	27.15	28.0	6.79
32	302.6	296.6	6.01	27.06	28.2	6.76
33	302.8	296.5	6.27	26.91	28.0	6.73
34	302.2	296.4	5.71	27.20	27.9	6.80
35	302.7	296.7	5.94	27.10	28.2	6.78
36	302.4	296.6	5.77	27.18	28.0	6.79
37	302.4	296.7	5.67	27.24	28.1	6.81
38	302.5	296.7	5.84	27.15	28.0	6.79
39	302.6	296.4	6.11	26.99	28.1	6.75
40	302.2	296.5	5.64	27.24	28.1	6.81
41	302.6	296.8	5.81	27.18	27.9	6.79
42	302.6	296.3	6.27	26.89	27.9	6.72
43	302.7	296.6	6.07	27.02	27.9	6.76
44	302.3	296.7	5.64	27.25	27.9	6.81
45	302.5	296.9	5.57	27.32	28.2	6.83
46	302.4	296.6	5.81	27.16	27.9	6.79
47	302.7	296.6	6.11	27.00	27.9	6.75

ภาคผนวก ก. 1 ผลการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิด้านร้อน (K)	อุณหภูมิด้านเย็น (K)	ผลต่างของ อุณหภูมิ (K)	Q_{Cool} (W)	อุณหภูมิน้ำ (°C)	COP
48	302.5	296.7	5.77	27.19	28.3	6.80
49	302.8	296.9	5.87	27.15	28.4	6.79
50	302.9	296.8	6.01	27.08	28.3	6.77
51	302.4	296.7	5.71	27.22	28.1	6.81
52	302.9	296.7	6.21	26.96	28.4	6.74
53	302.7	296.9	5.84	27.17	28.0	6.79
54	303.0	296.7	6.31	26.91	28.0	6.73
55	302.4	296.7	5.67	27.24	28.3	6.81
56	302.9	296.8	6.07	27.04	28.4	6.76
57	302.6	296.6	5.94	27.10	28.4	6.77
58	303.0	296.4	6.54	26.76	28.0	6.69
59	302.9	297.1	5.77	27.23	28.4	6.81
60	302.7	296.6	6.04	27.04	28.0	6.76

หมายเหตุ ค่าในตารางเป็นค่าที่นำมาแสดงทุกๆ 1 min ซึ่งการทดสอบจริงจะเก็บข้อมูลทุกๆ 1 s

ภาคผนวก ก. 2 ผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
จำนวน 7 แผ่น และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

เวลา (min)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	ผลต่างของอุณหภูมิ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (°C)
1	28.1	27.5	0.6
2	28.3	27.4	0.9
3	28.2	27.5	0.7
4	28.1	27.6	0.5
5	28.3	27.5	0.8
6	37.3	34.8	2.5
7	43.5	41.0	2.5
8	49.2	46.8	2.4
9	54.5	52.6	1.9
10	59.6	58.7	0.9
11	63.7	63.6	0.1
12	67.7	67.9	0.2
13	71.4	71.6	0.2
14	74.8	73.8	1.0
15	77.6	75.8	1.8
16	79.9	77.6	2.3
17	82.5	79.1	3.4
18	83.6	79.9	3.7
19	84.6	81.5	3.1
20	86.3	82.5	3.8
21	87.7	83.5	4.2
22	89.2	84.5	4.7
23	90.5	85.2	5.3
24	91.4	86.2	5.2

ภาคผนวก ก. 2 ผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
จำนวน 7 แผ่น และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	ผลต่างของอุณหภูมิ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (°C)
25	92.2	86.8	5.4
26	92.6	87.8	4.8
27	93.3	88.0	5.3
28	93.8	88.4	5.4
29	94.5	88.7	5.8
30	94.4	89.0	5.4
31	94.7	89.6	5.1
32	95.2	89.9	5.3
33	95.2	90.1	5.1
34	95.8	90.5	5.3
35	96.1	90.9	5.2
36	96.2	91.0	5.2
37	96.2	91.3	4.9
38	96.3	91.6	4.7
39	96.4	91.5	4.9
40	96.6	91.6	5.0
41	96.5	91.8	4.7
42	96.8	91.7	5.1
43	96.4	91.6	4.8
44	96.5	91.6	4.9
45	96.5	91.7	4.8
46	96.8	91.6	5.2
47	96.8	91.5	5.3
48	96.7	91.5	5.2

ภาคผนวก ก. 2 ผลการทดสอบอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
จำนวน 7 แผ่น และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ต่อ)

เวลา (min)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	อุณหภูมิแผงฯ ที่ มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (°C)	ผลต่างของอุณหภูมิ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (°C)
49	96.5	91.7	4.8
50	96.7	91.6	5.1
51	96.8	91.6	5.2
52	96.9	91.5	5.4
53	97.1	91.7	5.4
54	97.1	91.5	5.6
55	97.1	91.5	5.6
56	97.4	91.6	5.8
57	97.3	91.5	5.8
58	97.3	91.6	5.7
59	97.2	91.7	5.5
60	97.2	91.6	5.6

หมายเหตุ ค่าในตารางเป็นค่าที่นำมาแสดงทุกๆ 1 min ซึ่งการทดสอบจริงจะเก็บข้อมูลทุกๆ 1 s

ภาคผนวก ก. 3 ประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกระจายความร้อน

เวลา (min)	กำลังไฟฟ้าแผงฯ ที่	ประสิทธิภาพแผงฯ ที่	กำลังไฟฟ้าแผงฯ	ประสิทธิภาพแผงฯ
	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)
1	8.33	8.5	8.38	8.55
2	8.33	8.5	8.38	8.55
3	8.33	8.5	8.38	8.55
4	8.33	8.5	8.37	8.54
5	8.33	8.5	8.38	8.55
6	7.95	8.1	8.07	8.23
7	7.69	7.8	7.80	7.96
8	7.44	7.6	7.56	7.71
9	7.22	7.4	7.31	7.46
10	7.00	7.1	7.05	7.20
11	6.83	7.0	6.85	6.99
12	6.66	6.8	6.66	6.80
13	6.50	6.6	6.51	6.64
14	6.36	6.5	6.41	6.54
15	6.24	6.4	6.33	6.46
16	6.14	6.3	6.25	6.38
17	6.05	6.2	6.19	6.31
18	5.98	6.1	6.15	6.28
19	5.94	6.1	6.09	6.21
20	5.87	6.0	6.04	6.17
21	5.80	5.9	6.00	6.12
22	5.74	5.9	5.96	6.08
23	5.68	5.8	5.93	6.05
24	5.65	5.8	5.89	6.01

ภาคผนวก ก. 3 ประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกระจายความร้อน (ต่อ)

เวลา (min)	กำลังไฟฟ้าแผงฯ ที่	ประสิทธิภาพแผงฯ ที่	กำลังไฟฟ้าแผงฯ	ประสิทธิภาพแผงฯ
	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)
25	5.61	5.7	5.86	5.98
26	5.59	5.7	5.82	5.94
27	5.57	5.7	5.81	5.93
28	5.54	5.7	5.79	5.91
29	5.52	5.6	5.78	5.90
30	5.52	5.6	5.77	5.89
31	5.50	5.6	5.74	5.86
32	5.48	5.6	5.73	5.85
33	5.48	5.6	5.72	5.84
34	5.46	5.6	5.70	5.82
35	5.43	5.5	5.69	5.80
36	5.43	5.5	5.68	5.80
37	5.43	5.5	5.67	5.79
38	5.43	5.5	5.66	5.77
39	5.42	5.5	5.66	5.78
40	5.42	5.5	5.66	5.77
41	5.42	5.5	5.65	5.76
42	5.41	5.5	5.65	5.77
43	5.42	5.5	5.66	5.77
44	5.42	5.5	5.66	5.77
45	5.42	5.5	5.65	5.77
46	5.41	5.5	5.66	5.77
47	5.41	5.5	5.66	5.78
48	5.41	5.5	5.66	5.78

ภาคผนวก ก. 3 ประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี และไม่มีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อน (ต่อ)

เวลา (min)	กำลังไฟฟ้าแผงฯ ที่	ประสิทธิภาพแผงฯ ที่	กำลังไฟฟ้าแผงฯ	ประสิทธิภาพแผงฯ
	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ไม่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (W)	ที่มีแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก (%)
49	5.41	5.5	5.65	5.77
50	5.41	5.5	5.66	5.77
51	5.39	5.5	5.66	5.77
52	5.39	5.5	5.66	5.78
53	5.38	5.5	5.65	5.77
54	5.38	5.5	5.66	5.78
55	5.38	5.5	5.66	5.78
56	5.36	5.5	5.66	5.77
57	5.36	5.5	5.66	5.78
58	5.36	5.5	5.66	5.77
59	5.37	5.5	5.65	5.77
60	5.37	5.5	5.66	5.77

ภาคผนวก ข
วิธีการคำนวณ

ภาคผนวก ข. 1 ส่วนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

1. ความต้านทานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

เนื่องจากค่าที่ดีที่สุด เป็นค่าจากการทดสอบที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น โดยวิธีการต่อขนาน ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 1 แผ่น ให้ค่าความต้านทานเท่ากับ 1.956 Ω (Shen et al., 2017) ซึ่งสามารถหาค่าความต้านทานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ต่อขนานกัน จำนวน 7 แผ่น ได้ดังนี้

$$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_7}$$

$$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{1.956} + \frac{1}{1.956} + \frac{1}{1.956} + \dots + \frac{1}{1.956}$$

$$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{7}{1.956}$$

$$R_{\text{รวม}} = 0.2794 \Omega$$

2. การทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก. 1 ณ ที่เวลา 23 min จากผลการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 7 แผ่น ที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กระแสไฟฟ้า 2 A ซึ่งมีอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนอยู่ที่ 302.4 K และด้านเย็นอยู่ที่ 297.0 K ซึ่งสัมประสิทธิ์ซีเบกของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 0.357 VK^{-1} (Shen et al., 2017) ค่าความต้านทานภายในของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 0.2794 Ω (Shen et al., 2017) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 0.518 WK^{-1} (Shen et al., 2017) เมื่อแทนค่าลงในสมการจะทำให้ได้ค่าการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกดังนี้

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Cool}} &= (\alpha_{\text{sb}} \Pi_c - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T) \\
 &= (0.357 [\text{VK}^{-1}] \times 0.285 [\text{A}] \times 297 [\text{K}] - (0.5 \times 0.285^2 \times 0.2794 [\text{V}]) - (0.518 [\text{WK}^{-1}] \times 5.31 [\text{K}]) \\
 &= 27.46 [\text{W}]
 \end{aligned}$$

3. สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ในส่วนของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จะใช้ข้อมูลจากใช้ข้อมูลจากจากภาคผนวก ก. 1 ณ ที่เวลา 23 min เช่นเดียวกันกับการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับการหาค่า COP ซึ่งเมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 11 โดยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปเท่ากับ 4 W และค่า Q_{Cool} มีค่าเท่ากับ 27.46 W จะสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{COP} &= \frac{Q_{\text{Cool}}}{\text{Power}_{\text{input}}} \\
 &= \frac{27.46 [\text{W}]}{4 [\text{W}]} \\
 &= 6.87
 \end{aligned}$$

4. ปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับสำหรับดึงความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบ โดยทำการหันด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้แผ่นอลูมิเนียมปิดช่องว่างด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเป็นช่องว่างสำหรับทำความเย็นเพื่อช่วยลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ส่วนด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดอยู่กับแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมแบบครีบบแช่ตัวอยู่ในน้ำ โดยจะใช้วิธีการคำนวณปริมาณน้ำแบบมีการสะสมความร้อนและน้ำได้รับอัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอย่างเต็มอัตราที่ 12 W ซึ่งกำหนดให้อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นที่ 25 °C และมีความต้องการให้อุณหภูมิที่สะสมในระยะเวลา 1 hr มีความร้อนสะสมไม่เกิน 35 °C เมื่อค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4,180 J/kg · K (Cadafalch et al., 2015) ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้สำหรับช่วยระบายความร้อนด้านร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 10

$$Q_{\text{TE}} = (Mcp)_s \frac{T_t + \Delta t - T_s}{\Delta t}$$

$$M = \frac{Q_{TE} \times \Delta t}{C_p \times (T_s^t + \Delta t - T_s)}$$

$$M = \frac{12 \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 1 \text{ hr} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{hr}}}{4180 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 10 \text{ K}}$$

$$M = 1.03 \text{ kg}$$

$$M \approx 1 \text{ L}$$

ภาคผนวก ข. 2 ส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

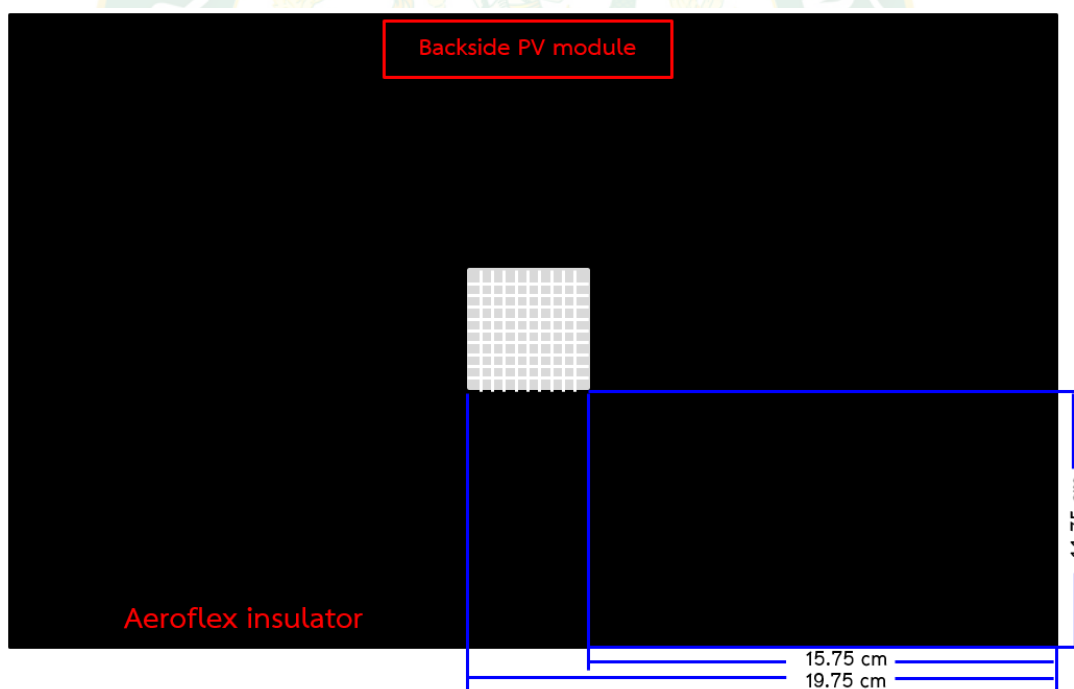
สำหรับการคำนวณค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะหาค่าโดยใช้ข้อมูลจากภาคผนวก ก. 3 ณ ที่เวลา 24 min ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกจะบายความร้อน สามารถให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 6.18 W โดยทำการทดสอบที่ความเข้มแสง 1,000 W/m² พื้นที่รับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่า 0.098 m² ซึ่งสามารถหาค่าประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \eta_m &= \frac{P_{\max}}{I_A \times A_{\text{mpv}}} \times 100 \% \\ &= \frac{5.89 \text{ [W]}}{1,000 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \times 0.098 \text{ [m}^2\text{]}} \times 100 \% \\ &= 6.01\% \end{aligned}$$

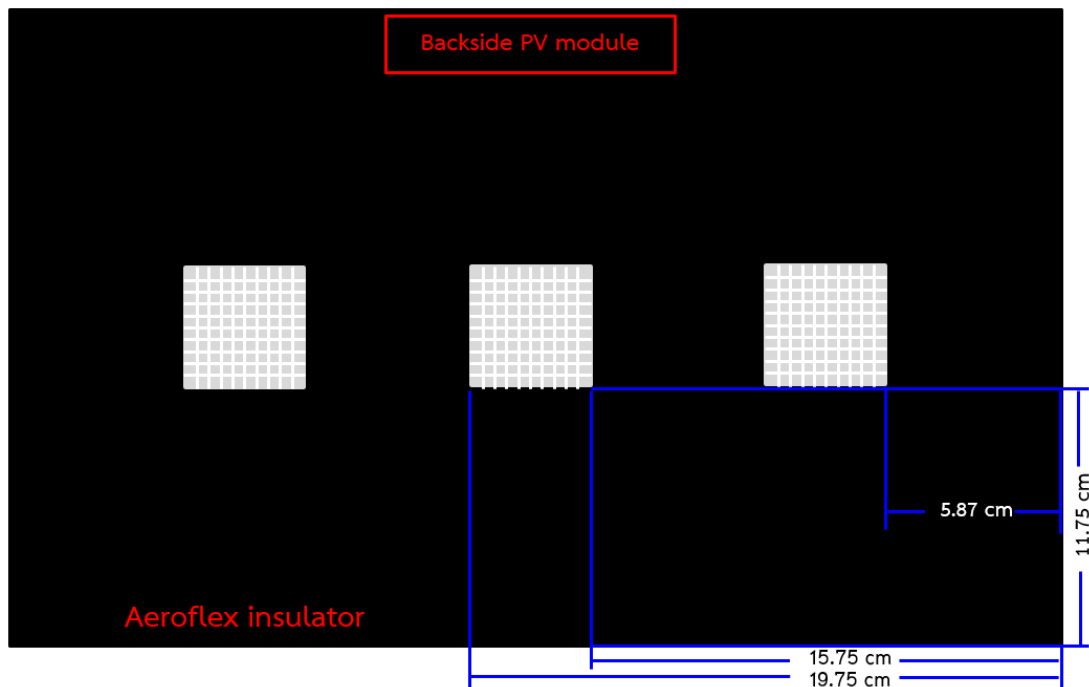
ภาคผนวก ค
รายละเอียดการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบที่กำหนดสำหรับจำนวน 1, 3, 5, 7 และ 9 แผ่น ซึ่งแต่ละรูปแบบการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงในภาคผนวก ค. 1-5 โดยจะมีการระบุระยะห่างของการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งพื้นที่สีดำจะเป็นฉนวนกันความร้อนที่ติดอยู่กับแผ่นอลูมิเนียม โดยแผ่นอลูมิเนียมจะมีขนาดเท่ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์คือ กว้าง \times ยาว เท่ากับ 27.5×35.5 cm ติดอยู่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยแต่ละช่องว่างจะติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งหันด้านเย็นติดกับแผ่นอลูมิเนียม ส่วนด้านร้อนจะหันออกทางด้านนอกซึ่งติดอยู่กับแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมโดยมีซิลิโคนระบายความร้อนเป็นตัวประสานหน้าสัมผัส ซึ่งรายละเอียดการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตามรูปแบบสำหรับการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

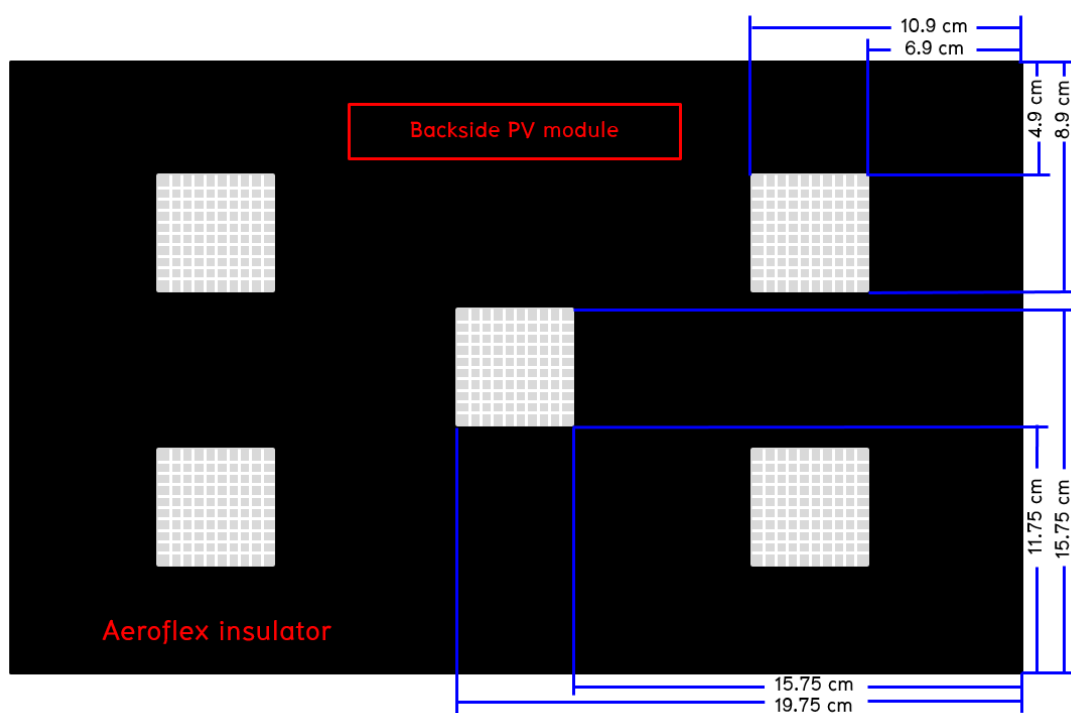
ภาคผนวก ค. 1 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 1 แผ่น



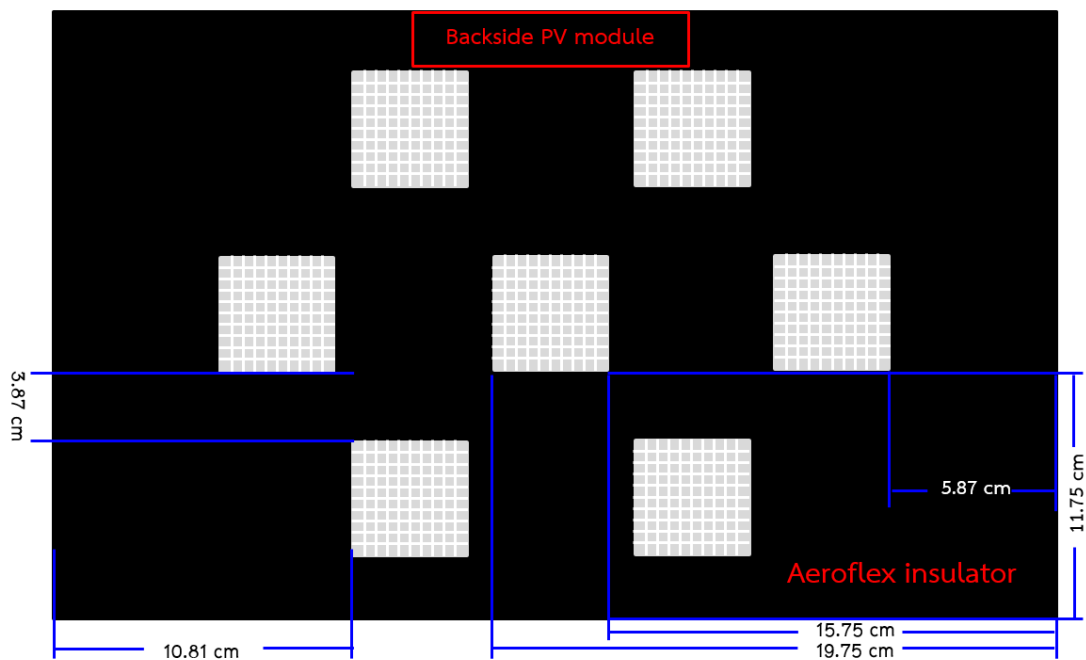
ภาคผนวก ค. 2 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 3 แผ่น



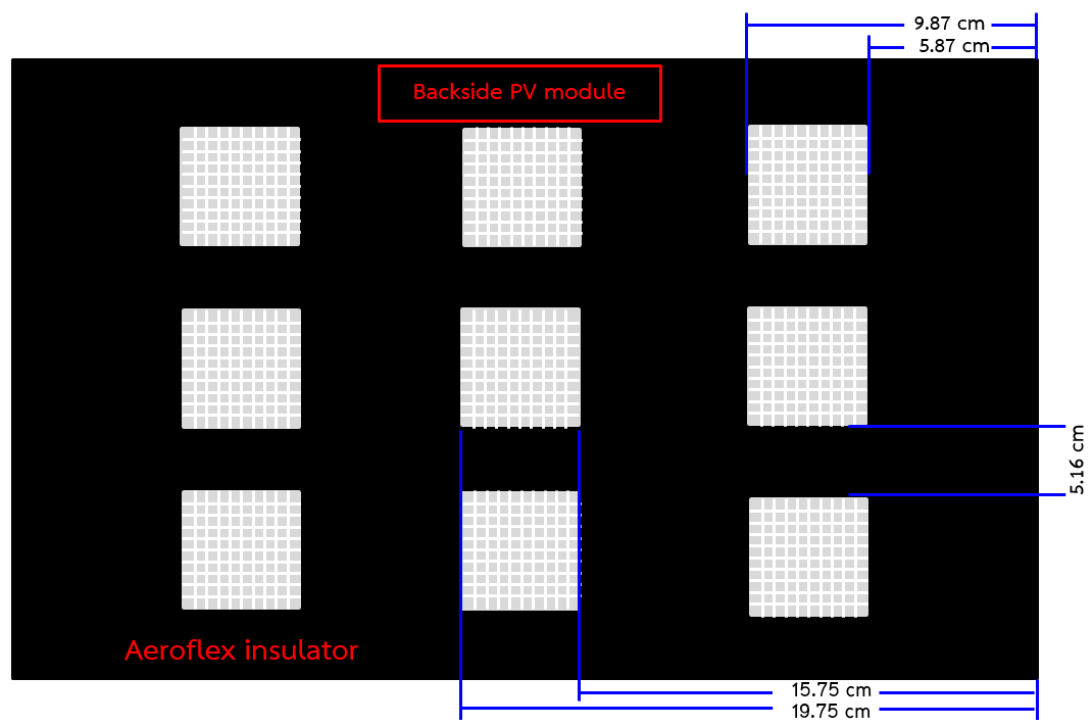
ภาคผนวก ค. 3 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 5 แผ่น



ภาคผนวก ค. 4 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 7 แผ่น



ภาคผนวก ค. 5 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 9 แผ่น



ภาคผนวก ง
บทความนำเสนอทางวิชาการ

ภาคผนวก ง. 1 ผลงานบทความนำเสนอทางวิชาการครั้งที่ 1

ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์
โดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกระจายความร้อนร่วมกับน้ำ

บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการ และประกวด
นวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ **1**

“เกิดพระเกียรติวันแม่แห่งชาติ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน”

1st National Graduate Research Conference and
Creative Innovation Competition

วันที่ 17-18 สิงหาคม 2560
ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชั้น 1 อาคารเทพศาสตร์สถิตย์
63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
โทร 0-5387-5520 Fax 0-5349-8133 E-mail : GCICI.MJU@gmail.com

ตารางนำเสนอ ภาคบรรยาย วันที่ 17 สิงหาคม 2560								
ห้อง	Chiangmai 1	Chiangmai 2	Chiangmai 3	Chiangmai 4	Board room1	Board room2	Board room3	Board room 4
เวลา	กลุ่มเกษตรศาสตร์ Session 1 แพ็วอุตร แสนมณี ปุณกร กิติชัชธรรม สันติ ปิยะเดช พรแก้ว อานุกัณฑ์ ดร.อรทัย สุทธิศรีนำ เวียงพระจันทร์ บันดาลสุข เสาวนีย์ เมธานุกัณฑ์	กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี Session 1 นิธิพร วรอนโสดาน จักรพันธ์ วงศ์กัณฑ์ วีระพล ศรีเมือง ตะวัน จะ ศิรพงศ์ ลิ้มประสิทธิ์วงศ์ รชต มณีโชติ รัฐวุฒิ สุดสงวน	กลุ่มวิทยาศาสตร์กายภาพและสุขภาพ Session 1 อลงกต สิงห์โต มนสิรา เขียวบุษยามณี สียามา ปิยะยะโกะ อเนวัช ฤทธิรงค์ พลอยไฉลิม สุดานล ไฉลิม สุระคำแพง พลอยนวล พันธุ์อมงชัย	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 1 สาทิศร์ อ้ออ้อโพ อัญชลดา อุดอึ้งแก้ว บุรดี อภิตาพิงศ์ชัย ทินารัตน์ ปุริไล รัชชภรณ์ วีระวัฒน์สกุล วิวัฒน์ โศภิตกานัญจน์ นิสภากรณ์ วิมาณย์	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 2 ณัฐชานันท์ นันทพงษ์โกสิน รัฐฉันทน์ นันทพงษ์โกสิน ชวัลกร แก้วเกษทอง วีระยุทธ เศรษฐเสถียร พรุณีมา แก้วทอง Khaing Khani Bone Kyaw ปิยะณัฐ ชันแข็ง	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 3 ธงศรี ภาษา ณัฐวุฒิ ทรัพย์บุญมี ชนกานัน ศรีวงษ์ วรางคนา เต็มอมกิจไพศาล สุภาพร บาลี กิ่งกานต์ สารีวาท ลุทธิชชา พันธุ์	กลุ่มสังคมและมนุษยศาสตร์ Session 1 นิฐิตานัน ละคระยังะ ศิสิญ์ สังขประเสริฐ จารุวรรณ สันหา อนุชิตา ชุมวัน รศ.จ. บุญประชา ภัทรชนา วงศ์ใหญ่ วศินันท์ อิกทิมชัย อ.ดร.สมเกียรติ อิมพาลัง	กลุ่มสังคมและมนุษยศาสตร์ Session 2 ปาณิสรา สัมฤทธิเมธ อรรถวิทย์ โทวรรณ ภาณุวัฒน์ เมษะ นางฉัตรญา ศรีปัฐ ศศ.ดร.มัท อัยการณณ์ สวรรค์นิมิต เตชะวงศ์ อ.ดร.สมเกียรติ อิมพาลัง
พัก 15 นาที								
เวลา	กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี Session 2 ณัฐพล เข็มเพชร สมบัติ สันแก้ว ภาณุพงศ์ สุเบ็ง ศักดิ์เงินทร์ วรอนโด มนต์ชัย ทิวาวรรชัย ธนพงศ์ สุขบุญชาติ อุติชา ธิฐิตมณฑ	กลุ่มวิทยาศาสตร์กายภาพและสุขภาพ Session 2 จิรินต์ ไชยตระกูล DANTE JR. MENDILLO FABROS ธมนต์ ศิริแสง วัลลภา วาสนาสมปอง เกียรติกร ราชกิจ	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 4 ธนภฤต แก้วมณี นนัสการ เหล่าวานิชวัฒนา นนัสสันต์ สุวัติกาล อัญชิวาฬ สิงดาญา พิชญภา จันศรี บุญนุช จันทประเสริฐศรี ชวลา นุภาพ	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 5 จักรกฤษ กงมแทน ณัฐพันธ์ นิลชัย กุศลสิน ทรัพย์นิลสิงห์ มณีวรรณ บรรณสิทธิ์ ปันศักดิ์ ไตรโพธิ์ ณัฐวิวัฒน์ จิตมังกะ จุสยา เข็มอุไร	กลุ่มบริหาร บัญชี และพาณิชย์ศาสตร์ Session 6 อังชราพรรณ จัญญ สติลา ชัยวัฒน์สุวรรณิช ศศิธร บัวงะสิ ณัฐวุฒิ เขียวจันทร์ คณวิช พรหมเดช เกวลิน ชัยวัฒน์สุวรรณิช กุสลา พรหมยามณี	กลุ่มสังคมและมนุษยศาสตร์ Session 3 อังคนา จะเชียว ธนัง ธาปุกิจบุญโญ จิตธรา ชวดมณี เพ็ญกมล โลภณกิจ วัจน์ สีตมัย กมลทิพย์ แก้วทิพย์ นางเยภาวิภา มานคุณ	กลุ่มสังคมและมนุษยศาสตร์ Session 4 สุทธิชัย สมฤทธิ์ นันทพรดี นิตยพงศ์ชัย เศรษฐา สุทิน นาดชา มาลาพัฒน์ ดวงใจ สีเขียว สุวรรณดี ชัยเตน จุฑานกศ ศรีจันทร์อมาร์	
พัก 15 นาที								

การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1
1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition
วันที่ 17-18 สิงหาคม 2560 โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

**ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการใช้แผ่น
เทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนร่วมกับน้ำ
Feasibility Study to Reduce the Temperature of Solar Panels
Using Thermoelectric Cooling With Water**

ณัฐพล เข้มเพ็ชร และ อัครินทร์ อินทิเวศน์
N. Khemphet and A. Intaniwet

School of Renewable Energy, Maejo University, 63 Tumbal Nong Han Amphoe Sansai, Chiang Mai, 50290

*Corresponding author, e-mail: a.intaniwet@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

การอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้ในการระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ เป็นแนวทางที่จะรักษาอายุการใช้งาน และยังเป็นการประหยัดพื้นที่ดิน ลดการระเหยของน้ำ หากมีการนำไปใช้ในรูปแบบของฟาร์มโซลาร์เซลล์ลอยน้ำ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12706 ที่ 2.4 และ 6 V และใช้ปริมาณน้ำในการระบายความร้อนด้านร้อนปริมาตร 1, 3 และ 5 L โดยใช้เวลาทดสอบเป็นเวลา 2 hr ทำการทดสอบในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 °C ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าแรงดันไฟฟ้า และปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทดสอบนี้คือที่แรงดันไฟฟ้า 4 V ปริมาณน้ำ 1 L โดยจะสามารถทำความเย็นได้ในอัตรา 10.28 W และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็นเท่ากับ 2.71 อุณหภูมิด้านเย็นเฉลี่ยอยู่ที่ 6.5 °C การศึกษาโดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนร่วมกับน้ำจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อระบายความร้อนได้ ซึ่งหากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นก็จะทำให้เกิดการนำพลังงานทดแทนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พาวเวอร์ซัพพลาย

Abstract

The difference of temperature between the cold and hot side of the thermoelectric can be used to dissipate heat from the back of the solar panel to increase its efficiency. This technique also provides the mean to extend the life time of the panel, to efficiently manage the installation area, to reduce the evaporation rate of the water if the panel is installed on reservoir. This work aims to study the feasibility of reducing the solar panel temperature using the thermoelectric. The external power supply is used to provide constant voltages of 2, 4 and 6 V to the thermoelectric (model TEC1-12706). The heat from the hot side of the thermoelectric is dissipated using 1, 3 and 5 L of water. The test is carried out for 2 h inside the room and the temperature inside the room is controlled at 25 °C. The results showed that the suitable amount of water and voltage is 1 L and 4 V, respectively. At this condition, the thermoelectric generated the cooling power of 10.28 W and the COP was found to be 2.71. The average temperature on the cold side of the thermoelectric was 6.5 °C. Based on this finding, the thermoelectric has demonstrated the feasibility to be used to reduce the temperature of the solar panel and eventually will lead to the improvement of the solar panel performance.

Keywords: Coefficient of cooling performance, thermoelectric plate, Power supply

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ (กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน, 2558) ซึ่งประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร จึงมีค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบรมรายวันอยู่ในระดับสูง โดยค่ารังสีอาทิตย์จะมีค่ามากในส่วนของพื้นที่ภาคกลาง และภาคตะวันออก ซึ่งปริมาณรังสีรวมรายวันเฉลี่ย

ต่อปีของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ถือได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพทางพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่อนข้างสูง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นคือ อุณหภูมิ (โพบูลย์, 2550) ซึ่งจากการใช้งานจริงพบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก และส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงมีค่าลดลง (ประภาทิพย์ และนุชิตา, 2556) ที่ผ่านมามีการค้นคว้าวิจัยในการหาวิธีที่จะลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างการใช้งานลง เพื่อจะรักษาอายุการใช้งานและประสิทธิภาพให้มีค่ามากขึ้น โดยหนึ่งในวิธีการลดอุณหภูมิแผงคือการใช้ความเย็นจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อนแล้วจะสามารถเปลี่ยนความร้อนเป็นกระแสไฟฟ้าได้ และในทางตรงกันข้ามเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกก็จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน จึงนำคุณสมบัตินี้มาประยุกต์ใช้ในการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อระบายความร้อน

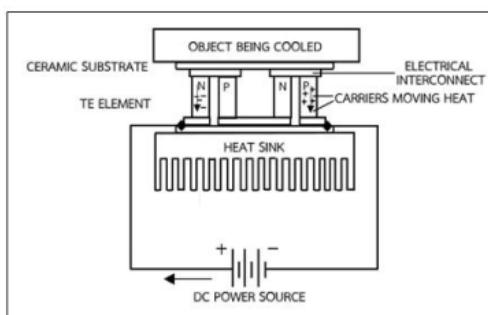
มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดย (Pang et al., 2014) ได้ศึกษาการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับแผงระบายความร้อนอลูมิเนียมแบบครีบบนขนาด $128.8 \times 203.2 \times 35 \text{ mm}^3$ ครีบนหนา 4.45 mm ฐานสูง 5 mm ช่องว่างระหว่างครีบบน 10 mm และแบบครีบบนขนาด $132.4 \times 210 \times 30 \text{ mm}^3$ หนุดหนา 4 mm ฐานสูง 10 mm ช่องว่างระหว่างหนุด 4 mm โดยวิธีการพาความร้อนแบบไม่บังคับมาใช้ในการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ใช้ความเข้มแสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten เครื่องหมายการค้า Philips รุ่น QVF137 ที่มีความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยวประสิทธิภาพ 14.5% กำลังการผลิตไฟฟ้า 10 W พื้นที่รับแสง 0.0861 m^2 ในการทดสอบ และใช้ Thermistor รุ่น RTC103 สำหรับการวัดอุณหภูมิ 5 ตำแหน่งได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงจุดที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น SP1848 ขนาด $40 \times 40 \times 3.8 \text{ mm}^3$ บริเวณตรงกลาง และบริเวณโดยรอบด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะใช้ตัวต้านทานขนาด $1 \text{ k}\Omega$ เป็นตัวรับกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งจากการทดลองเริ่มแรกได้ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการระบายความร้อนได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระหว่างแผงระบายความร้อนแบบครีบบน และแบบครีบบนหนุด พบว่าแผงระบายความร้อนแบบครีบบนหนุดสามารถระบายความร้อนร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีกว่าแผงระบายความร้อนแบบครีบบนประมาณ $2 \text{ }^\circ\text{C}$ จากนั้นเมื่อทำการทดสอบการระบายความร้อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับแผงระบายความร้อนแบบครีบบนหนุด พบว่าอุณหภูมิบริเวณตรงกลางมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณโดยรอบอย่างมาก ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ $6.75 \text{ }^\circ\text{C}$ และมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ 27% อีกทั้ง (Sark, 2011) ยังได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดแผงระบายความร้อนเพื่อเพิ่มการผลิตกระแสไฟฟ้าให้สูงขึ้น โดยการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกติดไว้ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กำหนดค่าความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ ที่อุณหภูมิแตกต่างกันคือ $25 \text{ }^\circ\text{C}$ สำหรับอุณหภูมิแวดล้อม และ $80 \text{ }^\circ\text{C}$ สำหรับอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าลดลงเป็น 10.78% จาก 14.03% จากการศึกษาพบว่าการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีแผงระบายความร้อน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นเป็น 23% เมื่อนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มารวมกัน และแผงเทอร์โมอิเล็กทริกจะทำความเย็นตรงด้านเย็นได้มากขึ้นถ้ามีการระบายความร้อนตรงด้านร้อนออกอย่างเหมาะสม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการทำความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อใช้สำหรับการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ในการระบายความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมาทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับลดอุณหภูมิขณะใช้งาน

อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ สำหรับใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะของฟาร์มโซลาร์เซลล์ลอยน้ำต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สารกึ่งตัวนำ แบบพี-เอ็น (P-N type) ที่ต่างชนิดกันจะทำให้เกิดการดูดกลืนอิเล็กตรอน ส่งผลให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็น (Heat absorbed at cold side) และในขณะเดียวกันก็เกิดการดูดกลืนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากพลังงานระดับสูงของสารกึ่งตัวนำ แบบเอ็น ไปสู่พลังงานระดับต่ำของสารกึ่งตัวนำ แบบพี ส่งผลให้เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อน (Heat rejected at hot side) ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ (Peltier effect) (เจริญพร และวิชาญ, 2547) ดังภาพ 1 ซึ่งได้นำเอาคุณสมบัตินี้มาทดสอบ เพื่อหาแนวทางในการลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถหาได้จาก สมการที่ 1 และสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็นสามารถหาได้จากสมการที่ 2



ภาพ 1 หลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

$$Q_{\text{Cool}} = (\alpha_{\text{sb}} I T_{\text{Cool}} - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T) \quad (1)$$

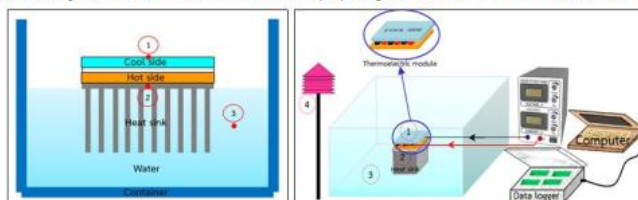
$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{Cool}}}{P} \quad (2)$$

เมื่อ Q_{Cool}	คือ การทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)
α_{sb}	คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบก มีค่าเท่ากับ $0.051 \text{ (V/K}^{-1}\text{)}$ (Shen <i>et al.</i> , 2016)
R	คือ ความต้านทานภายในของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เท่ากับ $1.956 \text{ (}\Omega\text{)}$ (Shen <i>et al.</i> , 2016)
K	คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เท่ากับ $0.518 \text{ (WK}^{-1}\text{)}$ (Shen <i>et al.</i> , 2016)
I	คือ กระแสไฟฟ้า (A)
T_{Cool}	คือ อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)
ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และอุณหภูมิด้านเย็น (K)
COP	คือ สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็น
P	คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนร่วมกับน้ำสำหรับทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะใช้ฟาวเวอร์ซัพพลายสำหรับจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ได้รับการบ่อนแรงดันไฟฟ้านั้น จะติดอยู่กับแผงระบายความ

การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1
1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition
วันที่ 17-18 สิงหาคม 2560 โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่

ร้อนอุณหภูมิเยนิมแบบคิริบรูปลี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งใช้ซิลิโคนระบายความร้อนเป็นตัวผสมระหว่างแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ด้านร้อนกับแผงระบายความร้อนอุณหภูมิเยนิมที่แช่ตัวอยู่ในน้ำ เพื่อใช้ในการระบายความร้อนสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพ การทำงานให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยภาชนะสำหรับบรรจุน้ำจะเป็นภาชนะเปิด จึงทำให้เกิดการคายความร้อน ของอุณหภูมิหน้าออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งทดสอบในห้องควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมที่ 25 °C ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 ภาพตัดขวางลักษณะของจุดวัดอุณหภูมิ (ซ้าย), ลักษณะของการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ (ขวา)

การจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้พาวเวอร์ซัพพลายในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าทั้งหมด 3 ค่า ได้แก่ 2.4 และ 6 V ให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12706 ขนาดพื้นที่ 40 × 40 × 3.5 mm³ โดยน้ำสำหรับ ระบายความร้อนจะใช้ที่ปริมาตร 1 L และ 5 L ตามลำดับ ซึ่งจะมีแผงระบายความร้อนอุณหภูมิเยนิมแบบคิริบรูปลี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดพื้นที่เท่ากับ 40 × 40 × 30 mm³ คิริบหนา 1 mm ฐานสูง 4 mm ช่องว่างระหว่างคิริบ 2 mm แช่ตัว อยู่ในน้ำเฉพาะพื้นที่คิริบ และใช้ Data logger เป็นเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิทุกๆ 1 sec เป็นเวลา 2 hr ซึ่งจะ ทำการทดสอบด้วยกัน 3 ครั้ง เพื่อนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยสำหรับความแม่นยำของข้อมูล โดยลักษณะของการติดตั้ง อุปกรณ์ในการทดสอบสามารถแสดงได้ดังภาพ 2 (ขวา) และตำแหน่งที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิจุดต่างๆ อธิบายดังแสดง ในตาราง 1

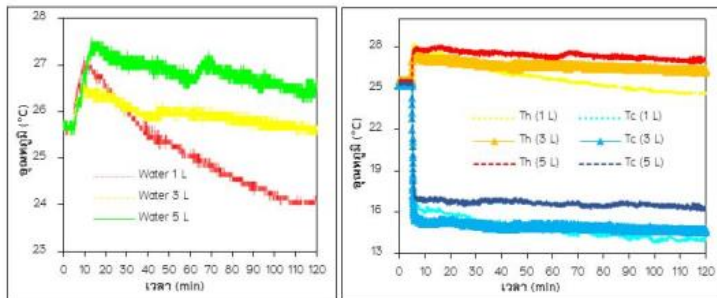
ตาราง 1 รายละเอียดของจุดวัดแต่ละตำแหน่ง และเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล

จุดวัดที่	ความหมาย	เครื่องมือวัด
1	วัดอุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	Data logger + Type K
2	วัดอุณหภูมิด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	
3	วัดอุณหภูมิหน้า	
4	วัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อม	

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

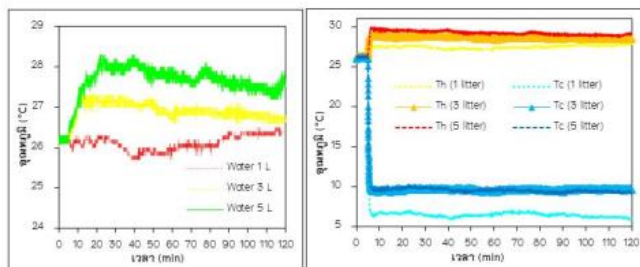
จากการวิเคราะห์อุณหภูมิหน้าที่ได้รับความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รวมถึงอุณหภูมิด้าน ร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จากการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเท่ากันแต่ปริมาตรน้ำต่างกัน สามารถแสดงผล การวิเคราะห์ออกมาได้ดังนี้

การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1
1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition
วันที่ 17-18 สิงหาคม 2560 โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่



ภาพ 3 อุณหภูมิน้ำ (ซ้าย) อุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ขวา) ที่แรงดัน 2 V ปริมาณน้ำ 1-5 L

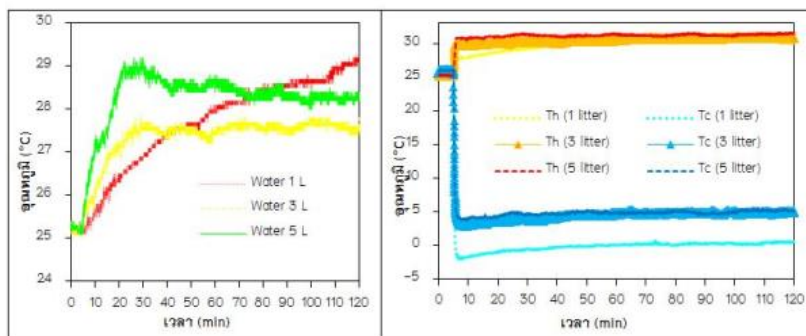
จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V กำลังไฟฟ้า 0.88 W พบว่าระบบจะเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำที่ปริมาตร 1 L จะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อถึงจุดอิ่มตัวแล้วน้ำจึงคายความร้อนให้กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากปริมาตรน้ำที่น้อยจึงสามารถคายความร้อนได้เร็วกว่าน้ำปริมาตร 3 และ 5 L ดังแสดงในภาพ 3 (ซ้าย) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพ 3 (ขวา) ซึ่งปริมาตรน้ำ 1 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 10.6 °C ส่วนที่ปริมาตรน้ำ 3 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 1.8 °C เป็น 27.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงใกล้เคียงกับของกรณีน้ำ 1 L โดยลดจาก 25.4 °C เป็น 14.9 °C และที่ปริมาตรน้ำ 5 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.5 °C และอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงน้อยที่สุดเท่ากับ 8.9 °C ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 2 V แต่มีการปรับเปลี่ยนปริมาตรน้ำเป็น 1 3 และ 5 L ในการระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ปริมาณน้ำที่น้อยจะเกิดการคายความร้อนให้กับอุณหภูมิของห้องที่ 25 °C ได้อย่างรวดเร็ว ส่วนปริมาณน้ำที่มาก ความร้อนสะสมก็จะมีปริมาณมาก ทำให้เกิดการคายความร้อนได้ช้า จึงเป็นผลทำให้ช่วยระบายความร้อนด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้ไม่ดีเท่ากับน้ำปริมาณน้อย และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าจะมีค่าประมาณ 12 °C สำหรับปริมาตรน้ำทั้ง 3 ค่า



ภาพ 4 อุณหภูมิน้ำ (ซ้าย) อุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ขวา) ที่แรงดัน 4 V ปริมาณน้ำ 1-5 L

จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 4 V ที่กำลังไฟฟ้า 3.80 W พบว่าอุณหภูมิจะเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min เช่นเดียวกับการจ่ายแรงดัน 2 V ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิน้ำที่ปริมาตร 1 L จะมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากว่าไม่ค่อยมีการสะสมความร้อนมากนัก และยังคงระบายความร้อนให้กับแผ่น

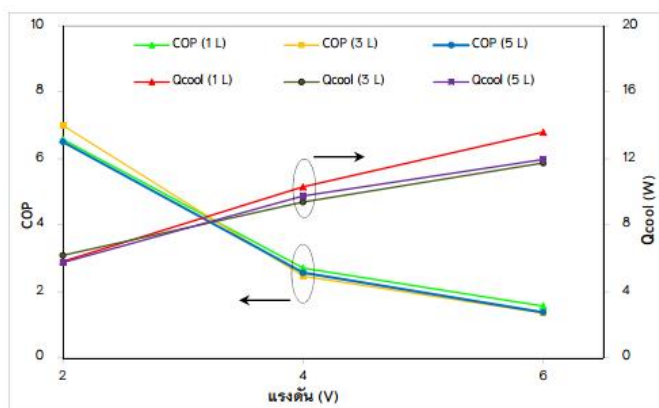
เทอร์โมอิเล็กทริกได้รวดเร็วกว่าปริมาณน้ำ 3 และ 5 L ที่ยังคงสะสมความร้อนในน้ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งใช้เวลานานกว่าที่จะคายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในภาพ 4 (ซ้าย) โดยเมื่อเริ่มจ่ายแรงดันไฟฟ้าพบว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพ 4 (ขวา) ซึ่งปริมาณน้ำ 1 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นเพียง 1.1 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 19.7 °C ส่วนที่ปริมาณน้ำ 3 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.3 °C เป็น 28.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 16.4 °C น้อยกว่ากรณีน้ำ 1 L อยู่ 3.3 °C และที่ปริมาณน้ำ 5 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นสูงสุด 2.9 °C และอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ใกล้เคียงกับกรณีของน้ำ 3 L โดยลดลง 16.8 °C จะสังเกตเห็นได้ว่าด้านเย็นที่ปริมาณน้ำ 1 L สามารถทำอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 6.5 °C โดยที่ปริมาณน้ำ 3 และ 5 L มีอุณหภูมิด้านเย็นใกล้เคียงกันเนื่องจากปริมาณน้ำที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดการสะสมความร้อนได้มากกว่าปริมาณน้ำที่น้อย และทำให้เกิดการคายความร้อนได้ยากกว่าปริมาณน้ำที่น้อย ซึ่งการระบายความร้อนในด้านร้อนที่ช้าทำให้อุณหภูมิของด้านเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบมีลักษณะที่คล้ายกับของกรณีแรงดันไฟฟ้า 2 V แต่การจ่ายแรงดันที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20 °C สำหรับปริมาณน้ำทั้ง 3 ค่า ซึ่งเพิ่มขึ้นจากกรณีของ 2 V ประมาณ 8 °C



ภาพ 5 อุณหภูมิน้ำ (ซ้าย) อุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ขวา) ที่แรงดัน 6 V ปริมาณน้ำ 1-5 L

จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V ที่กำลังไฟฟ้า 8.64 W พบว่าระบบจะเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 10 min เช่นเดียวกับการจ่ายแรงดัน 2 V และ 4 V ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ปริมาณน้ำ 1 L จะได้รับความร้อนเป็นอย่างมาก เนื่องจากแรงดันที่สูงขึ้นทำให้ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกมีความร้อนสูงตามไปด้วย ปริมาณน้ำ 1 L จึงไม่ทันที่จะคายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม แต่กลับเกิดการสะสมความร้อนในน้ำขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพ 5 (ซ้าย) ส่วนที่ปริมาณน้ำ 3 และ 5 L ก็จะมีการสะสมความร้อนเช่นเดียวกัน แต่จะเกิดการสะสมความร้อนได้น้อยกว่าเนื่องจากมีจุดสัมผัสที่ต่ำกว่าจึงสามารถคายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมได้รวดเร็วกว่า ซึ่งหากกล่าวถึงการทดสอบที่แรงดัน 6 V ปริมาณน้ำ 3 L จะมีความเหมาะสมสำหรับการระบายความร้อนเทอร์โมอิเล็กทริกมากกว่าปริมาณน้ำ 1 และ 5 L โดยเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าพบว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพ 5 (ขวา) โดยที่ปริมาณน้ำ 1 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงจาก 25.6 °C ส่วนที่ปริมาณน้ำ 3 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 20.9 °C น้อยกว่าที่ปริมาณน้ำ 1 L อยู่ 4.7 °C และที่ปริมาณน้ำ 5 L อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 5.6 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 20.7 °C ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า

แรงดัน 6 V ที่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำเป็น 1.3 และ 5 L สำหรับการระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถทำให้ด้านเย็นที่ปริมาตรน้ำ 1 L มีอุณหภูมิต่ำถึง 0 °C เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นมีผลทำให้ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็นได้มากขึ้น แต่เมื่อปริมาตรน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 3 และ 5 L ด้านเย็นจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นเป็น 4.5 และ 4.8 °C ตามลำดับ อีกทั้งยังมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากน้ำที่ปริมาณมากยังคงคายความร้อนให้กับอุณหภูมิห้องได้ช้า ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณที่น้ำมากอุณหภูมิด้านร้อนจะมีค่ามากตามไปด้วย และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับปริมาตรน้ำทั้ง 3 ค่า พบว่ามีค่าผลต่างประมาณ 28 °C



ภาพ 6 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้า

ภาพ 6 แสดงถึงการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกัน จะเห็นได้ว่าที่แรงดัน 2 V ปริมาตรน้ำ 1.3 และ 5 L มีค่าประมาณ 5.47 5.82 และ 5.40 W ตามลำดับ ซึ่งที่ปริมาตรน้ำ 3 L จะมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) สูงสุดประมาณ 6.59 เพราะที่กระแสไฟฟ้า 0.44 A แรงดัน 2 V ยังมีค่าน้อยที่จะทำให้เห็นผลต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อน และด้านเย็น ทำให้เมื่อมีปริมาณน้ำที่ต่างกันมาระบายความร้อน จึงเกิดข้อแตกต่างของข้อมูลในส่วนผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นที่ไม่สอดคล้องกันเหมือนกับแรงดัน 4 และ 6 V เนื่องจากที่ปริมาณน้ำน้อยจะสามารถคายความร้อนได้เร็วกว่าปริมาณน้ำมาก โดยที่แรงดัน 4 V ปริมาตรน้ำ 1.3 และ 5 L จะมีค่า Q_{Cool} ประมาณ 10.28, 9.32 และ 9.6 W ตามลำดับ ซึ่งที่ปริมาตรน้ำ 1 L มีค่า COP สูงสุดประมาณ 2.71 และที่แรงดัน 6 V ปริมาตรน้ำ 1.3 และ 5 L จะมีค่า Q_{Cool} ประมาณ 14.70, 12.70 และ 12.88 W ซึ่งที่ปริมาตรน้ำ 1 L จะมีค่า COP สูงสุดประมาณ 1.7 เช่นเดียวกับที่แรงดัน 4 V โดยที่ปริมาตรน้ำ 1 L จะให้ค่า COP สูงกว่าปริมาณน้ำอื่นๆ แต่ที่ปริมาตรน้ำ 5 L ค่าของ COP ณ แรงดัน 4 และ 6 V จะมีค่าสูงชันมากกว่าปริมาตรน้ำ 3 L เล็กน้อยเนื่องจากค่าของ Q_{Cool} ที่สูงขึ้นมาจากค่าของ Q_{Cool} ที่สูงขึ้นมาจาก 9.32 เป็น 9.6 W ที่ 4 V และ 12.70 เป็น 12.88 W ที่ 6 V ซึ่งเป็นผลมาจากสมการในการหาค่า ที่มีค่าผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นที่สูงขึ้นจึงทำให้ค่า COP ที่ปริมาตรน้ำ 5 L สูงกว่าปริมาตร 3 L เล็กน้อย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระบายความร้อนร่วมกับน้ำ พบว่าพฤติกรรมของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกระหว่างด้านร้อน และด้านเย็น ขึ้นอยู่กับค่าการจ่าย



การประชุมวิชาการ และประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑ “ทิศพระเกียรติวันแม่แห่งชาติ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน”

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

ณัฐพล เข็มเพชร

ได้เข้าร่วมการประชุมวิชาการ และประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑

ระหว่างวันที่ ๑๙-๑๘ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ฟ.หญิง. ฟ.น.

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรรณิการ์ กิ่งแก้ว) รองอธิการบดี
มหาวิทยาลัยแม่โจ้


อ.ดร.ณัฐพล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
อธิการบดี
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ภาคผนวก ง. 2 ผลงานบทความนำเสนอทางวิชาการครั้งที่ 2

เรื่อง กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ISBN 978-974-474-059-5




การประชุมนานาชาติรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10

พลังงานยุคเปลี่ยนผ่าน


เล่าขานวิถีพอเพียง หล่อเลี้ยงชุมชนยั่งยืน

New Era of Community Energy



ณ หอประชุมเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ร่วมจัดโดย



สารบัญ

NC- 010	การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการธรรมชาติ ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม นางสาวรุ่งอรุณ วรฤทธิสกุล	234
NC- 011	การศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านตำบลในเมือง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก นายณัฐรินทร์ ศัญญาใหญ่	241

Session : นวัตกรรมพลังงานทดแทน

IE - 001	Heat Transfer Characteristics on Waste Heat Recovery of Combustion Stack Gas with Deionized Water in Helical Coiled Heat Exchanger Mr. Rithy Kong	252
IE - 004	การประเมินศักยภาพลมเชิงสถิติตามฤดูกาลโดยสมการ Multiple Weibull Statistical analysis of seasonal wind power potential using Multiple-Weibull function นางสาววิกันดา ศรีเดช	263
IE - 005	พลังงานไฟฟ้าจากรถสามล้อพ่วง นางสาวอุทัย ประทุมทอง	275
IE - 006	ศึกษาการกระจายความดันบนพื้นผิวใบพัดของกังหันลมแนวแกนนอนในอุโมงค์ลม นายดิณณภพ แผงหม	281
IE - 007	จลนพลศาสตร์การอบแห้งข้าวเปลือกกองเดี่ยวที่หลุงด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด และการพาความร้อน นางสาวหทัยชนก เนตรคำ	289
IE - 008	การศึกษาาระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อประยุกต์ใช้ในตลาดสด วงศกร พลาซ่า นายวงศกร วิเศษสังจา	298
IE - 010	จลนพลศาสตร์การอบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟและสัมประสิทธิ์ การแพร่ของกล้วยเล็บมือนาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชุมชน นางสาวจิราพร เผ่าเอี้ยง	307
IE - 012	ระบบเฝ้าตรวจวัดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา นางสาวศิริวรรณ ท้าบุญ	308
IE - 013	กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ นายณัฐพล เข้มเพชร	316
IE - 014	การประเมินค่ากำจัดขยะอุตสาหกรรมอันตรายประเภทของแข็ง ที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้า แบบแก๊สซิฟิเคชัน อุณหภูมิสูง นายสุรสิทธิ์ เณลิมเจริญรัฐ	322
IE - 015	อิทธิพลของมุมของฝ้ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูต่อสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของน้ำผ่านฝ้าย นายณัฐ คือจะ	330
IE - 016	การศึกษาผลกระทบของโซลิติตีต่อสมรรถนะของกังหันน้ำแบบลูกค้ำ นายอนุวัฒน์ค้อยรี ทะยิบกา	339
IE - 018	การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ นายณัฐวัฒน์ วิสัยพรหม	346

ห้อง TREC2

Session: นวัตกรรมพลังงานทดแทน

ลำดับ	รหัส	เวลา	ชื่อเรื่อง	ชื่อนำเสนอ	หน่วยงาน
1	IE - 001	13:00-13:15 น.	Heat Transfer Characteristics on Waste Heat Recovery of Combustion Stack Gas with Deionized Water in Helical Coiled Heat Exchanger	Mr. Ritthy Kong	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2	IE - 002	13:15-13:30 น.	การพัฒนาสถานีผลิตประจุสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบอิสระ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์	นายพลกักร พรหมเมทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์
3	IE - 003	13:30-13:45 น.	การพัฒนาระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในท่าเรือลิบในแบบปิดโดยใช้กังหันลม	นายเสกสรร จະนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
4	IE - 004	13:45-14:00 น.	การประเมินศักยภาพลมเชิงสถิติตามฤดูกาลโดยการ Multiple Weibull Statistical analysis of seasonal wind power potential using Multiple-Weibull function	นางสาววิภาดา ศรีเดช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5	IE - 005	14:00-14:15 น.	พลังงานไฟฟ้าจากของเสียคิงคอง	นางสาวบุษย์ ประทุมทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขต
6	IE - 006	14:15-14:30 น.	ศึกษาการกระจายความถี่ลมกับพื้นที่ของกังหันลมแนวนอนบนดอยสูง	นายดิณณภพ แพชม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
7	IE - 007	14:30-14:45 น.	ผลกระทบของความร้อนที่เข้ามาถึงของเครื่องจักรด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น และการทวนซ้ำ	นางสาววิหิตชนก เนตรคำ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
8	IE - 008	14:45-15:00 น.	การศึกษาระบบพลังงานทดแทนแบบผสมผสานเพื่อประยุกต์ใช้ในอาคารวัด วนศร พลาซ่า	นายวงศกร วิเศษสังจา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
9	IE - 009	15:00-15:15 น.	การศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานกังหันลมและโซลาร์เซลล์ขนาด 17 กิโลวัตต์ร่วมกับระบบแบตเตอรี่สำหรับระบบสายส่งของชุมชน	นายวิรัช โยบรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
10	IE - 010	15:15-15:30 น.	ผลกระทบของความร้อนที่ก่อมลพิษและไมโครเวฟที่มีประสิทธิภาพการแพร่ ของกลิ่นในเรือนกระจก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งผลิตภัณฑ์ชุมชน	นางสาวจิราพร ผ่าน้อย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
11	IE - 011	15:30-15:45 น.	การกระจายของอัตราเร็วลมภายในอุโมงค์ลมแบบเปิด	นางสาวลาภิกษณ์ ทองดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
12	IE - 012	15:45-16:00 น.	ระบบไฟฟ้าตรวจวัดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา	นางสาวศิริวรรณ ทัญ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
13	IE - 013	16:00-16:15 น.	กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อต้นทุนของมิเตอร์ไฟฟ้าสำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์	นายณัฐพล เข็มเพชร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
14	IE - 014	16:15-16:30 น.	การประเมินค่ากำลังขีดความสามารถรับแรงกระทำของแรงดึง ที่เหมาะสมกับ โรงไฟฟ้าแบบแก๊สซิฟิเคชัน อุณหภูมิสูง	นายสุรสิทธิ์ เฉลิมเจริญรัฐ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
15	IE - 015	16:30-16:45 น.	อิทธิพลของอุณหภูมิภายในห้องต่อประสิทธิภาพการไหลของน้ำ ผ่านฝ้าย	นายณัฐ ทวีจิระ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
16	IE - 016	16:45-17:00 น.	การศึกษาระบบของผลิตดีด้อมรถของกังหันน้ำแบบทุกลำ	นายสุวัฒน์กษัยวี ทยธิภา	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
17	IE - 017	17:00-17:15 น.	การศึกษาระบบแก๊สชีวภาพที่ผลิตจากของเสียจากโรงกลั่นน้ำตาลเพื่อ แบบความชื้นต่ำ	นายณัฐวัฒน์ วิสิทธิ์พน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
18	IE - 018	17:15-17:30 น.	การศึกษาระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำทิ้งพลังงาน แสงอาทิตย์	นายณัฐวัฒน์ วิสิทธิ์พน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์
Effect of Electrical Power to Thermoelectric Cooling Plate
for Solar Panel Efficiency Improvement

ณัฐพล เข็มเพชร¹ และอักรินทร์ อินทนิเวศน์^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจะสามารถผลิตความร้อน และความเย็นได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหา กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมกับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12706 ที่ต่อขนานกัน 5 panel สำหรับทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดอยู่กับแผ่นอลูมิเนียม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนผลึกเดี่ยว พื้นที่รับแสง 0.098 m² กำลังการผลิตไฟฟ้า 10 W เปรียบเทียบกับแผงเปล่าที่ไม่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะใช้น้ำในการระบายความร้อนปริมาตร 5 L ซึ่งจะทดสอบหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) ขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่ใช้งาน โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่ 2 V และปรับกระแสไฟฟ้า 4 ค่า คือ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A ทดสอบเป็นเวลา 2 hr ที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมปกติ พบว่ากระแสไฟฟ้าที่ 1.5 A ให้อุณหภูมิด้านร้อน 31.8 °C และด้านเย็น 24.9 °C สามารถให้ค่า COP และ Q_{Cool} ที่เหมาะสมอยู่ที่ 4.2 และ 12.6 W ตามลำดับ เมื่อนำกระแสไฟฟ้า 1.5 A กำลังไฟฟ้า 3 W มาจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับทำความเย็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งาน พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อเทียบกับแผงเปล่า สามารถลดอุณหภูมิลงได้เฉลี่ย 6 °C ทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 10.3%

คำสำคัญ: แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

*Corresponding author: Tel.: 088-2687904, E-mail address: a.intaniwet@hotmail.co.th

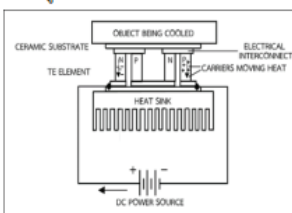
บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดจากธรรมชาติ ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกได้อย่างไม่หมดสิ้น ซึ่งปริมาณรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$ [1] ถือได้ว่าเป็นศักยภาพทางพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอย่างมาก ซึ่งปกติแล้วแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้คือที่ความเข้มแสง $1,000 \text{ W/m}^2$ และอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ $25 \text{ }^\circ\text{C}$ [2] แต่เมื่อนำมาใช้งานจริงแล้ว แสงจากดวงอาทิตย์จะทำให้เกิดความร้อนสะสมที่ผิวรับแสง และส่วนประกอบต่างๆ ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการใช้งาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนจะพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น $1 \text{ }^\circ\text{C}$ จะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณ 0.5% [3] ทำให้มีงานวิจัยต่างๆ ที่จะพยายามลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานให้มีอุณหภูมิที่ต่ำลงเพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียกำลังไฟฟ้า และต้องการให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงสุดขณะใช้งาน ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีคุณสมบัติในการผลิตความเย็น โดยความเย็นที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ในการลดอุณหภูมิให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานได้ [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทำการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แผ่นอลูมิเนียมหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการทดสอบจะพิจารณากระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รวมทั้งความเย็นที่ผลิตได้ และประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง โดยจะใช้น้ำในการระบายความร้อนด้านร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับเป็นแนวทางคล้ายกับการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบของฟาร์มโซลาเซลล์ลอยน้ำในอนาคต

วิธีการวิจัย

แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกคืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จะทำให้เกิดการดูดกลืนความร้อนที่ด้านเย็น (Heat absorbed at cold side) และในขณะเดียวกันก็เกิดการคายความร้อนที่ด้านร้อน (Heat rejected at hot side) ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ของเพลเทียร์ (Peltier effect) [5] ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถหาได้จากสมการที่ 1 และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นสามารถหาได้จากสมการที่ 2 ส่วนประสิทธิภาพสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดต่อค่าความเข้มแสงคูณกับพื้นที่รับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังสมการที่ 3



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

$$Q_{\text{Cool}} = (\alpha_{\text{sb}} I T_{\text{Cool}} - \frac{1}{2} I^2 R - K \Delta T) \quad (1)$$

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{Cool}}}{P} \quad (2)$$

เมื่อ Q_{Cool}	คือ การทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)
α_{sb}	คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบก มีค่าเท่ากับ 0.051 (V/K ⁻¹) [6]
R	คือ ความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เท่ากับ 1.956 (Ω) [6]
K	คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เท่ากับ 0.518 (WK ⁻¹) [6]
I	คือ กระแสไฟฟ้า (A)
T_{Cool}	คือ อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)
ΔT	คือ ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อน และอุณหภูมิด้านเย็น (K)
COP	คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น
P	คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)

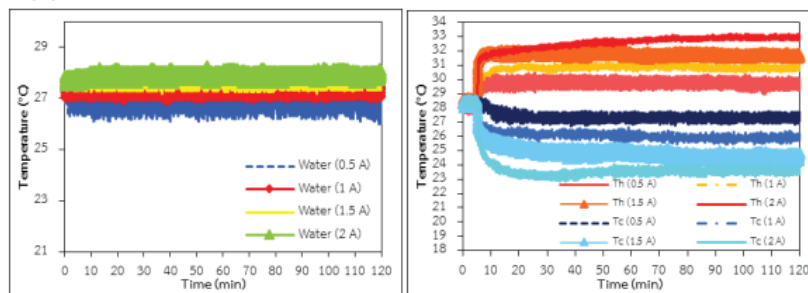
โดยการศึกษากำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ทดสอบหาการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Q_{Cool}) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (COP) ซึ่งทดสอบโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ติดกับแผ่นอลูมิเนียมใต้แผงเซลล์แสงอาทิตย์คงที่เท่ากับ 2 V โดยปรับกระแสไฟฟ้า 4 ค่าตั้งแต่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A โดยไม่ใช้แสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten เมื่อทดสอบแล้วนำค่าที่ได้จากการบันทึกมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาค่า Q_{Cool} และ COP แล้วนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟเปรียบเทียบสำหรับการพิจารณาผลของกำลังไฟฟ้า เพื่อนำไปทดสอบในส่วนที่ 2 ต่อไป

ส่วนที่ 2 ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ระหว่างแผงเปล่ากับแผงที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยหลังจากที่ทำการทดสอบหาค่า Q_{Cool} และ COP เรียบร้อยแล้ว จะนำค่ากำลังไฟฟ้าที่ดีที่สุด จากการทดสอบในส่วนที่ 1 มาใช้ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็นให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เปรียบเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปล่า สำหรับทดสอบหาประสิทธิภาพจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าว โดยใช้แสงจากหลอดไฟ Halogen tungsten กำหนดความเข้มแสง 1,000 W/m²

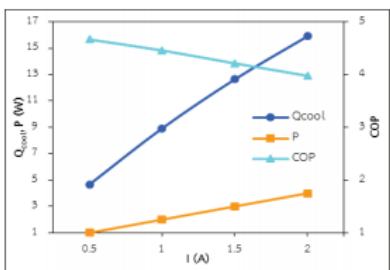
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นได้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ จากการวิเคราะห์อุณหภูมิที่ได้รับความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รวมถึงอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จากการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 V ที่ปรับกระแสไฟฟ้า 4 ค่าตั้งแต่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาได้ดังนี้



ภาพที่ 2 อุณหภูมิน้ำ (ซ้าย), อุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ขวา)

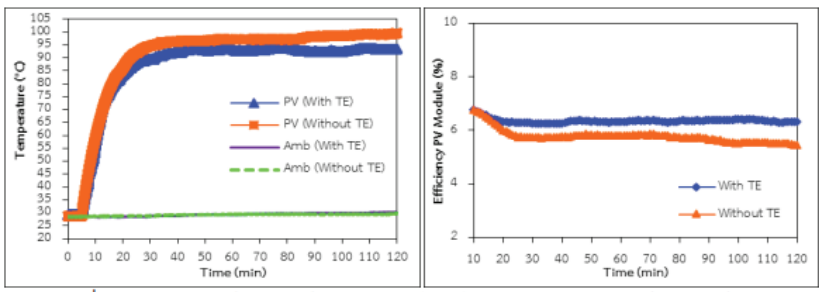
จากการทดสอบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่การจ่ายแรงดัน 2 V ปรับกระแสไฟฟ้า 4 ค่าตั้งแต่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 A พบว่าระบบจะเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไป 10 min ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในในแต่ละค่าของกระแสไฟฟ้าจะแตกต่างกันไม่ถึง 1 °C ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A และ 2 A อุณหภูมิน้ำจะแตกต่างกันสูงสุดเพียง 0.8 °C เนื่องจากน้ำได้รับความร้อนจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไม่มากนัก จึงเกิดการคายความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมประมาณ 28 °C ได้อย่างคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ซ้าย) และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันพบว่าด้านร้อน และด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 2 (ขวา) ซึ่งที่กระแสไฟฟ้า 0.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้นมา 1.7 °C ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นลดลง 0.6 °C ส่วนที่กระแสไฟฟ้า 1 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 2.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 1.9 °C สำหรับกระแสไฟฟ้า 1.5 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 3.8 °C เป็น 31.8 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงได้ 3.1 °C เป็น 24.9 °C และที่กระแสไฟฟ้า 2 A อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น 4.6 °C อุณหภูมิด้านเย็นจะลดลง 4.4 °C และเมื่อพิจารณาผลต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็นสำหรับกระแสไฟฟ้าทั้ง 4 ค่า พบว่ามีผลต่างของอุณหภูมิประมาณ 6 °C ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่ 2 V แต่มีการปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 A ในการทำความเย็นให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อมีการเพิ่มกระแสไฟฟ้าจะทำให้ด้านร้อนเกิดความร้อนมากขึ้น และในขณะเดียวกันด้านเย็นก็สามารถทำความเย็นได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน



ภาพที่ 3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น และการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อเปลี่ยนแปลงการจ่ายกระแสไฟฟ้า

ภาพที่ 3 เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่างกันจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า COP สูงสุดประมาณ 4.7, 4.5, 4.2, 4.0 ตามลำดับ ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่มีค่าน้อยจะส่งผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าน้อย ก็จะทำให้ได้ค่า COP มาก แต่ในส่วนของ Q_{Cool} พบว่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ยิ่งใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากเท่าไร ก็จะทำให้ได้ค่า Q_{Cool} มากขึ้น โดยที่กระแสไฟฟ้า 0.5, 1, 1.5 และ 2A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุดประมาณ 4.7, 8.9, 12.6 และ 15.9 W ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่กระแสไฟฟ้า 2 A จะให้ค่า Q_{Cool} สูงสุด แต่กลับทำให้ค่า COP น้อยลง ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ได้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่สุดคือกระแสไฟฟ้า 1.5 A

2. ผลของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแผงที่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จากการวิเคราะห์อุณหภูมิ และประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่แรงดัน 2 V กระแสไฟฟ้า 1.5 A สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาได้ดังนี้



ภาพที่ 4 อุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสภาพแวดล้อม (ซ้าย), ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ขวา)

ภาพที่ 4 (ซ้าย) ขณะที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมอยู่ที่ประมาณ 28 °C เมื่อนำค่ากระแสไฟฟ้า 1.5 A มาทดสอบการทำงานทำความเย็นให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปล่ามีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 20 - 120 min ประมาณ 96 °C ส่วนอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 20 - 120 min ประมาณ 90 °C ซึ่งมีความแตกต่างกัน 6 °C ส่วนภาพที่ 4 (ขวา) เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่าตั้งแต่ช่วงเวลา 0 - 10 min จะมีค่าประสิทธิภาพไม่ต่างกัน ซึ่งค่าประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลา

20 – 120 min จากสมการที่ 3 พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปล่านั้นมีค่าอยู่ที่ 5.8% ส่วนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่า 6.4%

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่ากำลังไฟฟ้า 3 W ที่กระแสไฟฟ้า 1.5 A สามารถให้ค่า COP และ Q_{Cool} เหมาะสมที่จะนำมาทดสอบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อหาประสิทธิภาพอยู่ที่ 4.2 และ 12.6 W และเมื่อนำมาทดสอบหาประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับแผงเปล่า พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 10.3%

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้การสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการผลิต และพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษา และทุนวิจัยจากสำนักงานนโยบาย และแผนพลังงาน (สนพ.) อีกทั้งบ้านพักข้าราชการกองพันทหารปืนใหญ่ที่ 104 ที่เอื้อต่อสถานที่สำหรับการทำวิจัยจนเป็นผลสำเร็จในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน. (2558). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย. กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.
- [2] ประภาทิพย์ บุญหล้า และนุชิตา สุวแพทย์. (2556). “การระบายความร้อนด้วยน้ำที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงโฟโตโวลตาอิกชนิดผลึกเดี่ยว และชนิดอะมอร์ฟัส” , ใน วารสารวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามตามวิจัย ครั้งที่ 9 ประจำปี 2556, จังหวัดมหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- [3] Wei, p. Yu, L. Shiquan, s. Xin, G. (2014). Empirical study on thermal performance through separating impacts from a hybrid PV/TE system design integrating heat sink. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 60, 9 – 12.
- [4] เจริญพร เลิศสถิตธนกร และวิชาญ ศรีสุวรรณ. (2547). “การศึกษาเชิงทดลองของฝ้าเพดานทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก” , ใน วารสารวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 ประจำปี 2547, วันที่ 18-20 ตุลาคม 2547. ขอนแก่น
- [5] Astrain, D. vian, J.G. Albizua, J. (2005). Computational model for refrigerators based on peltier effect application. *Applied Thermal Engineering*. 25, 3149 – 3162.
- [6] Shen, L. Tu, Z. Hu, Q. Tao, C. chen, H. (2016). The optimization design and parametric study of thermoelectric radiant cooling and heating panel. *Applied Thermal Engineering*. 112, 688 – 697.



พลังงานยุคเปลี่ยนผ่าน เล่าขานวิถีพอเพียง หล่อเลี้ยงชุมชนยั่งยืน

การประชุมวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10



ขออบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

นายณัฐพล เช็มพีร์

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย

กำลังไฟฟ้าที่มีผลต่อแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
สำหรับการทำความเย็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ณ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
ให้ไว้ ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2560

รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ซ่าณี
อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช ROYNRINTH
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	ส.ท. ณัฐพล เข้มเพ็ชร
เกิดเมื่อ	12 กรกฎาคม 2534
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทศบาล 6 นครเชียงราย จังหวัดเชียงราย พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเทศบาล 6 นครเชียงราย จังหวัดเชียงราย
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2557 – 2558 หัวหน้าโซล่าฟาร์ม บริษัท ทีพยนารายณ์ จำกัด ในเครือของบริษัท เอสพีซีจี จำกัด (มหาชน) จังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2559 – ปัจจุบัน เสมียนกระสุน กองร้อยบริการ กองพันทหารปืนใหญ่ที่ 104 กรมทหารปืนใหญ่ที่ 4 กองพลทหารราบที่ 4 จังหวัดพิษณุโลก