



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากความร้อนแสงอาทิตย์

โดย

สรายุทธ ทองกุลภักดิ์

กิติพจน์ งามสมโสตร์

เจริญพร คำหลง

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยจากงบประมาณส่งเสริมงานวิจัย (สวพ.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

พ.ศ. 2563

การผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากความร้อนแสงอาทิตย์

โดย

สรายุช ทองกุลภักดิ์

กิติพจน์ งามสมโสตร์

เจริญพร คำหลง

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนอุดหนุนเพื่อการวิจัยจากงบส่งเสริมงานวิจัย (สวพ.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี

พ.ศ. 2563

ผู้วิจัย	สรายุทธ ทองกุลภักดิ์ กิติพจน์ งามสมโสตร์ เจริญพร คำหลง
ชื่อเรื่อง	การผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากความร้อนแสงอาทิตย์
ประเภทการวิจัย	การวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2563

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เป็นกำลังไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพด้วยการระบายความร้อนด้วยการพ่นละอองน้ำ จากการศึกษาอุณหภูมิแสงอาทิตย์ในระหว่างวันมีความร้อนสูงและ เมื่อนำมากักเก็บในกล่องกระจก เก็บความร้อนสามารถเก็บอุณหภูมิได้สูงถึง 85 องศาเซลเซียส และละอองน้ำที่ฉีดเพื่อระบายความร้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 30 – 35 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิทั้งสองที่ได้ มีความแตกต่างกันสามารถนำมาศึกษาวิจัยการเปลี่ยนรูปพลังงานจากอุณหภูมิทั้งสองแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยการใช้เทอร์โมอิเล็กทริก การออกแบบชุดผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วยการแบบอนุกรม 8 โมดูลและนำมาขนานกัน 18 ชุด ในส่วนชุดกักเก็บความร้อนเป็นกล่องกระจกรับแสงอาทิตย์และแผ่ความร้อนผ่านแผ่นตัวนำความร้อนสู่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกและด้านเย็นระบายความร้อนด้วยละอองน้ำ ผลการทดลองพบว่าค่าความร้อนที่ถูกเก็บสะสมภายในตู้กระจกเก็บความร้อนมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกับด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 13.45 – 14.45 น. ซึ่งมีผลต่างอุณหภูมิประมาณ 40 – 50 องศาเซลเซียส ช่วงเวลานี้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 93.39 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 14.74 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 6.34 แอมป์ และในเวลารวม 6 ชั่วโมง สามารถผลิตกำลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 66.88 วัตต์

คำสำคัญ : เทอร์โมอิเล็กทริก

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำรายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนการพิจารณาทุนจากงบประมาณส่งเสริมงานวิจัย พ.ศ.2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่มีส่วนช่วยเหลือด้านข้อมูลเครื่องมือและอุปกรณ์บางส่วน ประโยชน์อันใดที่เกิดจากรายงานการวิจัยเล่มนี้เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือกับผู้ทำวิจัย ใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านไว้เป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำงานวิจัย

สรายุทธ ทองกุลภักดิ์

กิตติพนันท์ งามสมโตตร์

เจริญพร คำหลง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
1.5 วิธีการศึกษาและการดำเนินงาน	2
1.6 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.2 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	7
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	13
3.1 ศึกษาอุณหภูมิแสงอาทิตย์	14
3.2 การคำนวณและการออกแบบโครงสร้าง	20
3.3 สร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์	26
3.4 สรุปการดำเนินงาน	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
4.1 การทดลองวงจรต้นแบบ	29
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	32
5.1 การทดลองวงจรต้นแบบ	29
5.2 สรุปผลการดำเนินงาน	32
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145	35

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การทดสอบคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145	3
1.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย	4
2.1 คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145	10
3.1 ตรวจวัดอุณหภูมิที่ได้จากแสงอาทิตย์ที่ได้ในช่วงเวลาต่างๆ กัน	14
3.2 คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848 – 27145 สำหรับการออกแบบ	15
4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและการผลิตกำลังไฟฟ้า	30

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง	6
2.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยอ้อม	7
2.3 ปრაกฏการณ์ซีเบค	8
2.4 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	8
2.5 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก	9
3.1 การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์	17
3.2 การออกแบบการวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและอลูมิเนียมระบายความร้อน	18
3.3 การออกแบบแผ่นรับความร้อน	18
3.4 การออกแบบอลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	19
3.5 การออกแบบฉนวนกันความร้อน	20
3.6 แบบร่างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์	20
3.7 การออกแบบกล่องกระจกรับความร้อน	21
3.8 การออกแบบฉนวนโฟมกันความร้อน	21
3.9 แบบร่างชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก	22
3.10 การออกแบบโครงสร้างฐาน	23
3.11 การออกแบบหัวฉีดละอองน้ำและตาข่ายชะลอน้ำ	24
3.12 การออกแบบถังเก็บน้ำ	24
3.13 แบบร่างชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ	25
3.14 การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์	26
3.15 แผ่นฉนวนวางบนแผ่นเหล็ก	27
3.16 การต่อวงจรแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกวางในร่องฉนวน	27
3.17 ชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เสร็จสมบูรณ์	28
4.1 ชุดผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบและโมดูลวัดค่าอุณหภูมิ	29
ก.1 การต่อวงจรภายในของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	36
ก.2 กราฟ Thermoelectric conversion efficiency	36
ก.3 กราฟกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ	37
ก.4 กราฟความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ	37

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความต้องการพลังงานไฟฟ้าของโลกเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของโลก ในขณะที่การผลิตพลังงานไฟฟ้ามีอยู่จำกัดส่งผลให้เกิดภาวะขาดแคลนพลังงานทั้งภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ดังนั้นการจัดหาพลังงานจึงจำเป็นต้องหาพลังงานทางเลือกอื่นช่วยเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้า นักวิจัยในหลายประเทศได้มีการประดิษฐ์คิดค้นงานวิจัยและพัฒนาหาแหล่งพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตามความเหมาะสมของแต่ละภูมิภาคนั้นๆ เพื่อเพิ่มการผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการและให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงานเพื่อพัฒนาประเทศ จากสภาพอากาศของประเทศไทยและทั่วโลกมีแนวโน้มอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จึงมีนักวิจัยทำการศึกษาค้นคว้าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานธรรมชาติ โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ที่ให้ทั้งพลังงานแสงและพลังงานความร้อนทั้งยังเป็นพลังงานสะอาด อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งกระบวนการทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกต้องอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านที่มีความเย็นด้านหนึ่งและความร้อนอยู่อีกด้านหนึ่งเมื่อมีผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านจะมีผลทำให้เกิดความต่างศักย์ขั้วทั้งสองของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยอาศัยปรากฏการณ์ Seebeck effect จากปรากฏการณ์นี้ได้มีนักวิจัยพัฒนาการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าหลายรูปแบบ เช่น Ning Z. et al. (2014) ได้นำเสนอการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยด้านรับความร้อนจากแสงอาทิตย์และอีกด้านเป็นบรรยากาศปกติ ในการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยมีผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน 40 องศาเซลเซียส ได้ผลของแรงดันไฟฟ้า 3.9 โวลต์ El-Adl et al. (2018) ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝงให้เทอร์โมอิเล็กทริกผ่านแผ่นระบายความร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝงเพื่อให้เกิดผลต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้านจะสามารถเพิ่มการผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากขึ้น และสรายุช และพัชรนันท์ (2560) นำเสนอการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ผลต่างของอุณหภูมิด้านร้อนจากคอนเดนเซอร์และด้านเย็นที่ได้จากน้ำที่ด้านเย็นของเครื่องปรับอากาศผลต่างของอุณหภูมิผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ในระหว่างวันที่มีความร้อนสูงนำมาเก็บไว้ในถ่วงกระบอกเก็บความร้อนสามารถเก็บอุณหภูมิได้สูงถึง 75 องศาเซลเซียส และด้านเย็นฉีดด้วยละอองน้ำเพื่อระบายความร้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมี

อุณหภูมิเฉลี่ย 30-40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิทั้งสองที่ได้มีความแตกต่างกันจึงสามารถนำมาศึกษาวิจัยการเปลี่ยนรูปพลังงานจากอุณหภูมิทั้งสองแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างชุดผลิตกำลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนเป็นกำลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.2.3 เพื่อสร้างองค์ความรู้และเป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ผลิตแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ระดับไม่น้อยกว่า 12.5 โวลต์
- 1.3.2 ผลิตกำลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก ได้กำลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 50 วัตต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากความร้อนแสงอาทิตย์
- 1.4.2 ได้พลังงานไฟฟ้าโดยไม่ต้องอาศัยสภาพภูมิประเทศแวดล้อมและเป็นพลังงานสะอาด
- 1.4.3 สามารถพัฒนาวิจัยต่อยอดงานวิจัยสู่ภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมได้

1.5 วิธีการศึกษาและการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาอุณหภูมิความร้อนของแสงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00-16.00 น. ในระหว่างวันที่ดวงอาทิตย์ให้แสงในสภาพอากาศทั่วไปเป็นปกติ โดยหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้รู้ถึงค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาและอุณหภูมิอากาศทั่วไป ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิแสงแดดร้อนเพียงพอที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้และช่วงเวลาที่ได้กำลังไฟฟ้าสูงอยู่ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ในช่วงเวลานี้อุณหภูมิโดยรอบปกติทั่วไปวัดได้ 30-40 องศาเซลเซียส

1.5.2 ศึกษาคุณลักษณะของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145 ที่ โดยทดสอบหาคุณลักษณะการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ด้วยการจำลองอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ได้อัตโนมัติจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิด้านเย็นที่สามารถสร้างได้ที่มีผลต่างของอุณหภูมิเพื่อดูผลของการผลิตกำลังไฟฟ้าในผลต่างของแต่ละระดับของอุณหภูมิได้ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 การทดสอบคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145

ΔT (°C)	$V_{out(TEG)}$ (V)	$I_{out(TEG)}$ (mA)	$P_{out(TEG)}$ (W)
20	0.97	225	0.22
40	1.8	368	0.66
60	2.4	469	1.13
80	3.6	558	2.01
100	4.8	669	3.21

จากผลการทดสอบอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145 จำนวน 1 โมดูล ดังแสดง (ตารางที่ 1) พบว่าผลต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ด้านร้อนและด้านเย็นในแต่ละค่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ต่างกัน ดังนั้นถ้าปรับค่าอุณหภูมิด้านเย็นให้คงที่และค่าอุณหภูมิความร้อนเพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่มค่ากำลังไฟฟ้าสูงขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้เลือกผลต่างอุณหภูมิที่มีผลต่างจากแสงอาทิตย์และด้านเย็นที่สามารถระบายได้ประมาณ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิใกล้เคียงกับผลต่างของแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิกติ

1.5.3 ออกแบบชุดการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนชุดกล่องกระจกกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อรักษาระดับของความร้อนให้สูงขึ้น

2. ชุดเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากความร้อนแสงอาทิตย์ โดยวิธีคำนวณจำนวนโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกและวิธีการต่อวงจรของเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ต้องการไม่น้อยกว่า 50 วัตต์

3. ชุดระบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก

1.5.4 ทดสอบระบบการผลิตกำลังไฟฟ้าเก็บข้อมูลเพื่อสรุปผลการวิจัย

1.6 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

แผนงาน	ระยะเวลาปีงบประมาณ 2563 (ต.ค. 62 – ก.ย. 63)											
	ปี พ.ศ. 2562			ปี พ.ศ. 2563								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	← 1 →											
2. ตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากแสงอาทิตย์ที่ได้ในช่วงเวลาต่างๆ กัน			← 2 →									
3. ออกแบบและสร้างชุดเก็บข้อมูลที่ได้จากข้อมูลของแสงอาทิตย์			← 3 →									
4. จัดซื้อวัสดุ ชิ้นอุปกรณ์ ที่ใช้ในโครงการวิจัย				← 4 →								
5. ประกอบอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบ					← 5 →							
6. ทดสอบการทำงานของชุดต้นแบบ และแก้ไข						← 6 →						
7. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำงาน ของการผลิตกำลังงานไฟฟ้า							← 7 →					
8. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล								← 8 →				
9. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล									← 9 →			
10. เขียนรายงานการวิจัยเสนอมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ										← 10 →		

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีการพัฒนาและมีการวิจัยเพื่อหาพลังงานทดแทนแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อเป็นต้นทุนการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยเฉพาะราคาน้ำมันที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อนำไปขับเคลื่อนกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ต้นทุนในการผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการหาพลังงานอื่นๆ ที่สามารถทดแทนเชื้อเพลิงน้ำมันได้ก็เป็นสิ่งที่โลกมีความต้องการ เพราะฉะนั้นพลังงานจากความร้อนแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาวิจัย การผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากความร้อนเป็นกำลังไฟฟ้าได้ และเป็นพลังงานที่สะอาดและสามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาดปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน พลังงานนี้เป็นต้นกำเนิดของวัฏจักรของสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่าง ๆ เช่น คาร์บอน พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษอีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบคือ การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง และการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยอ้อม

2.1.1 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง

การใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์โดยตรง เช่น เตาแสงอาทิตย์โดยใช้การรวมแสงไปที่จุดโฟกัสของภาชนะรูปพาราโบล่าทำให้อุณหภูมิที่จุดนั้นสูงขึ้นจากเดิมมาก เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์จะใช้วัสดุสีดำหรือสีเทาที่ทอ เพราะสีดำมีคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนทำให้น้ำในท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำร้อนที่ได้ถูกนำไปใช้ปรุงอาหาร ชำระล้าง หรือการทำน้ำในสระว่ายน้ำให้อุ่น ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็ใช้วิธีให้แสงแดดส่องเข้าไปในตู้ที่ทาสีดำไว้ดูดซับแสง การตากผ้าก็นับว่าเป็นการใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เพื่อทำให้ผ้าแห้งและยังใช้แสงแดดฆ่าเชื้อโรคได้ด้วย การทำนาเกลือก็เป็นรูปแบบหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากความร้อนจากแสงอาทิตย์ บางประเทศยังใช้แสงอาทิตย์เพื่อกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด



(ก) การรวมแสงพลาโบล่า



(ข) เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์

ภาพที่ 2.1 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรง

2.1.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยอ้อม

การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar-cell) หรือ Photovoltaic cell (PV) ซึ่งถูกผลิตครั้งแรกในปี พ.ศ. 2426 โดย Charles Fritts โดยใช้ธาตุซีลีเนียม ในปี พ.ศ. 2484 เป็นการเริ่มต้นของการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยธาตุซิลิกอน โมเลกุลเดี่ยวด้วยต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง การใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงแรก นั้นไปที่การใช้งานในอวกาศ เช่น ใช้กับดาวเทียม

หลังจากประสบกับปัญหาน้ำมันแพงใน พ.ศ. 2516 และ 2522 กลุ่มประเทศพัฒนาแล้วจึงหันมาให้ความสนใจในพลังงานแสงอาทิตย์และเริ่มมีการพัฒนาอย่างจริงจังมากขึ้น หลังจากการตีพิมพ์ข้อมูลโลกร้อนของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณเพิ่มขึ้น 10-20% ทุกปี ในประเทศไทยการติดตั้งเพิ่มขึ้นอีกมากเริ่มจากปี 2553 โดยเริ่มมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้ามาตั้งแต่ปี 2526 จนถึงปี 2553 มียอดติดตั้งรวม 100.39 MW แจกจ่ายไฟฟ้า (เฉพาะเชื่อมกับสายส่งของ กฟผ. แล้ว) ทั้งปี 2553 รวม 21.6 GWh หรือ 0.0134% ของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 161,350 GWh โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตผลิตไฟฟ้าได้ 2.2 GWh ผู้ผลิตรายย่อย 19.4 GWh



(ก) เซลล์แสงอาทิตย์



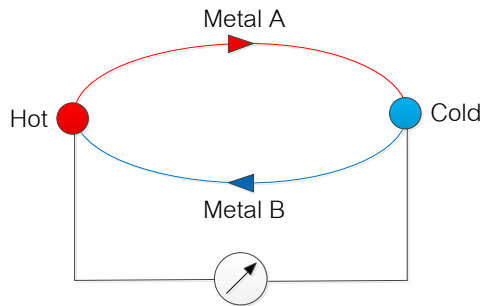
(ข) เซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งาน

ภาพที่ 2.2 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยอ้อม

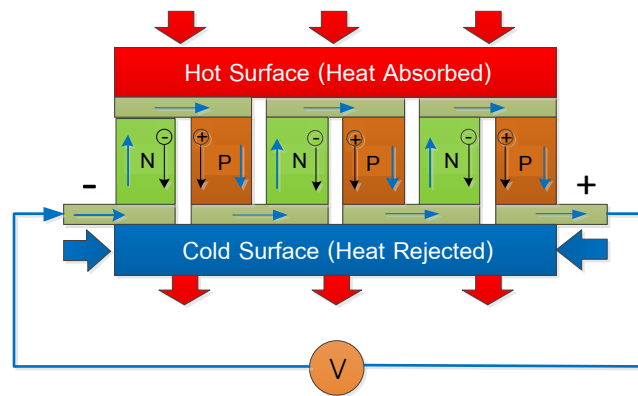
2.2 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

2.2.1 ประวัติและหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์พื้นฐานของการเปลี่ยนรูปพลังงานจากผลต่างของอุณหภูมิความร้อนและความเย็นบนตัวนำเป็นพลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นขึ้นโดย Thomas Johann Seebeck (1821) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันค้นพบว่าเมื่อปลายตัวนำสองชนิดมาต่อเชื่อมกันแล้วเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณรอยต่อของตัวนำ (Conductor) ทั้งสองชนิดจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้นภายในตัวนำเมื่อเป็นวงจรปิด ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) ดังภาพที่ 2.3 ในปัจจุบันมีการพัฒนาหลักการดังกล่าวมาเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งอาศัยการเปลี่ยนรูปพลังงานโดยอาศัยผลต่างของอุณหภูมิความร้อนและความเย็นแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้าและเริ่มมีการวิจัยการใช้งานกันมากขึ้น อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานความร้อนและความเย็นให้เป็นพลังงานไฟฟ้ามีหลักการที่สำคัญคือเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นการนำสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) และชนิดพี (p-type) มาเรียงสลับกัน โดยมีโลหะนำไฟฟ้ามาเชื่อมเป็นจุดต่อให้มีลักษณะสลับกันไปเป็นคู่ๆ เมื่อนำไปต่อโหลดก็จะครบวงจร ดังนั้นวิธีการเพื่อให้ได้พลังงานทางไฟฟ้านั้นทำได้โดยการให้ความร้อนด้านหนึ่งและให้ความเย็นอีกด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริกทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไหลในวงจрдังภาพที่ 2.4

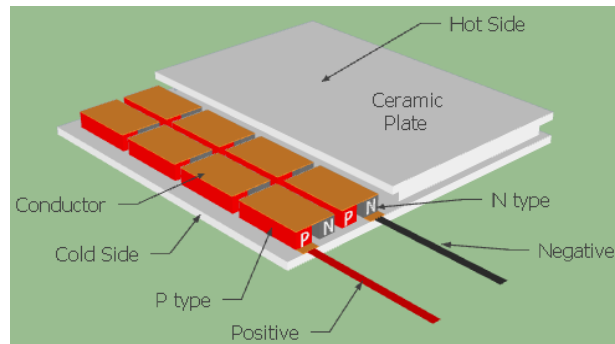


ภาพที่ 2.3 ปรางค์การณชีเบค



ภาพที่ 2.4 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริก ทำหน้าที่แปลงผันจากพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและในทางกลับกันก็สามารถแปลงผันจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นความเย็นได้โดยตรง ผ่านวัสดุตัวกลางที่มีสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกเรียกว่าวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric materials) โดยกระบวนการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าและความเย็นจะอาศัยหลักการสันสะเทือนของโครงสร้างภายในวัสดุเชิงฟิสิกส์ควอนตัม เมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างปลายทั้ง 2 ข้าง จะมีการถ่ายเทอุณหภูมิจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำกว่าซึ่งเป็นการสันของอนุภาคโฟนอน (phonon) และการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (electron) จะได้พลังงานไฟฟ้าออกมาเป็นไปตามปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) ในทางตรงข้าม เมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมีความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมีการถ่ายเทความต่างศักย์ไฟฟ้าจากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า จะได้ความเย็นออกมาเป็นไปตามหลักการของเพลเทียร์และมีลักษณะโครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก

สมการของปรากฏการณ์ซีเบก เขียนในรูปของผลต่างของความต่างศักย์ไฟฟ้าและผลต่างอุณหภูมิจะได้ดังนี้

$$\frac{dv}{dx} = S \frac{dT}{dx}$$

$$\Delta V = S \Delta T \quad (2.1)$$

จากสมการ (2.1) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของขนาดสนามไฟฟ้าและอุณหภูมิเกรเดียนต์ได้ดังนี้

$$E = S \nabla T \quad (2.2)$$

โดยที่ ΔV คือ ผลต่างความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)

E คือ สนามไฟฟ้า ($V m^{-1}$)

S คือ สัมประสิทธิ์ซีเบก ($V K^{-1}$)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิ (K)

∇T คือ อุณหภูมิเกรเดียนต์ (K)

วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบก (Seebeck coefficient) ไม่เท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก และจะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกเป็นได้ทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุนั้นๆ โดยสารกึ่งตัวนำ ชนิดเอ็น (n-type) จะมีสัมประสิทธิ์ซีเบกเป็นลบ แต่สารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) จะมีสัมประสิทธิ์ซีเบกเป็นบวก คุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริกมีหลายชนิดตามลักษณะการใช้งาน ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้รุ่น SP1848-27145 ซึ่งมีคุณลักษณะของอุณหภูมิและการแปลงผันกำลังไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145

ΔT (°C)	$V_{OUT(TEG)}$ (V)	$I_{OUT(TEG)}$ (mA)	$P_{OUT(TEG)}$ (W)
20	0.97	225	0.22
40	1.8	368	0.66
60	2.4	469	1.13
80	3.6	558	2.01
100	4.8	669	3.21

จากผลการทดสอบอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145 จำนวน 1 โมดูล ดังแสดงตารางที่ 2.1 พบว่าผลต่างของอุณหภูมิ (ΔT) ด้านร้อนและด้านเย็นในแต่ละค่าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ต่างกัน ดังนั้นถ้าปรับค่าอุณหภูมิด้านเย็นให้คงที่และค่าอุณหภูมิความร้อนเพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้เลือกผลต่างอุณหภูมิที่มีผลต่างจากแสงอาทิตย์และด้านเย็นที่สามารถระบายได้ประมาณ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิใกล้เคียงกับผลต่างของแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิกติ

2.2.2 การหาค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน

ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกประเภทสารกึ่งตัวนำต้องมีคุณลักษณะ 3 อย่างดังนี้

1. สามารถนำไฟฟ้าได้สูง มีความร้อนเกิดขึ้นจากความต้านทานการไหลของกระแสต่ำ

2. สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความเย็นได้

3. มีสภาพการนำความร้อนต่ำ เพื่อป้องกันการนำความร้อนผ่านวัสดุ

การหาความสัมพันธ์ด้วยหลักทางฟิสิกส์ในวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก เป็นไปตามสมการดังนี้

$$ZT = (\sigma S^2 / K)T \quad (2.3)$$

โดยที่ Z คือ ค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

S คือ สัมประสิทธิ์ซีเบก ($V K^{-1}$)

σ คือ สภาพการนำไฟฟ้าของวัสดุ (S/cm)

K คือ การนำความร้อนของวัสดุ (W/mK)

T คือ อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}C$)

และการคำนวณประสิทธิภาพการแปลงพลังงานเชิงทฤษฎี ของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกจะได้ ดังสมการ Sarayoot T. et al. (2018)

$$\eta_{TEG} = \frac{T_h - T_c}{T_h} \times \frac{(1 + ZT)^{1/2} - 1}{(1 + ZT)^{1/2} + (T_c / T_h)} \quad (2.4)$$

โดยที่ T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก ($^{\circ}C$)

T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็นของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก ($^{\circ}C$)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bimrew & et al. (2013) ศึกษาการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยเปรียบเทียบพลังงานเข้าที่พุทของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตได้กับการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอและการกระจายอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ โดยใช้ซอฟต์แวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์กับความร้อนในการจำลองระบบ ใช้อุณหภูมิในการทดสอบ $0-130^{\circ}K$ พบว่าที่อุณหภูมิ $90^{\circ}K$ มีแรงดันไฟฟ้าเข้าที่พุท $0.567 V$ และ $0.55 V$ เมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่ามีค่าแตกต่าง $0.017 V$. ที่อุณหภูมิ $128^{\circ}K$ มีแรงดันไฟฟ้าเข้าที่พุท $0.84 V$ และ $0.81 V$ เมื่อนำมาเปรียบเทียบพบว่ามีค่าแตกต่าง $0.03 V$. ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอได้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า

Ning & et al. (2014) ศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเริ่มต้นจากการวัดปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ บริเวณพื้นที่ Fukuroi และสร้างจานรับรังสีรูปทรงพาราโบลา ขนาด 0.19 m^2 ปิดทับด้วยแผ่นฟิล์มกระจก มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ 0.94 เพื่อใช้ในการรวบรวมแสงและความร้อนไปยังจุดโฟกัสด้านร้อนของชุดเทอร์โมอิเล็กทริก 4 โมดูล และด้านเย็นได้จากการระบายความร้อนผ่านฮีทซิงค์อลูมิเนียม แล้ววัดพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่าขณะเปิดดวงจรวัดแรงดันได้ 3.9 V ผลต่างอุณหภูมิอยู่ที่ $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Amir & et al. (2014) ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยพลังงานร่วม และใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล TEC1-12710T125 ขนาด $40 \times 40 \text{ mm}$. ค่าเฉลี่ยความต้านทานความร้อน $1.2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ ค่าความต้านทานไฟฟ้า 2 โอห์ม จำนวน 12 โมดูล โหลดความต้านทาน 48 โอห์มเพื่อให้ได้เอาต์พุตสูงสุด ด้านร้อนประกอบติดท่อโลหะร้อนทั้งสองด้านและด้านเย็นติดตั้งกับท่อโลหะเย็นแล้วใช้แคล้มยัด โดยใช้น้ำเป็นสื่อกลางในการนำความร้อน ที่ $40 - 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการไหลคงที่ 0.15 kg/s เมื่อน้ำเย็นคงที่ $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ได้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด 18.47 W และเมื่อน้ำเย็นคงที่ $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ได้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด 11.47 W ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่าที่น้ำเย็นอุณหภูมิต่ำ ได้กำลังงานไฟฟ้ามากกว่า นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้

El-Adl & et al. (2018) ศึกษาประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝงของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล GM 250-127-28-10 ขนาด $62 \times 62 \text{ mm}$ ภายใต้สภาวะการใช้งานที่แตกต่างกันและผลกระทบอัตราความร้อนอินพุต โดยการระบายความร้อน 3 แบบ คือการระบายความร้อนด้วยอากาศ (FC) การระบายความร้อนด้วยน้ำ (PWC) และการระบายความร้อนด้วยไอเย็น (VPC) ผ่านโปรแกรม LabVIEW และใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K วัดด้านร้อนและด้านเย็น ใช้แผ่นความร้อนไฟฟ้าอัตราความร้อนที่ป้อนเข้า $15.0 \text{ W}, 17.5 \text{ W}, 20 \text{ W}, 22 \text{ W}, 25 \text{ W}$ ด้านเย็นแบบ FC และแบบ PWC, VPC อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหลวและเย็นปริมาณ ที่ 5%, 10%, 15%, 20%, 30% ตามลำดับใช้เวลาทดสอบ 90 นาที เก็บข้อมูลแบบ Data logger ทุก 1 นาที พบว่าการใช้ฮีทซิงค์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายความร้อนแฝง และเพิ่มกำลังงานไฟฟ้าเอาต์พุตให้สูงขึ้น

Sarayoot T. and Worawit I. (2018) ได้นำเสนอการผลิตกำลังไฟฟ้าจากความร้อนภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกเครื่องอบแห้งอาศัยความร้อนแสงอาทิตย์โดยตรงและเก็บความร้อนภายในห้องอบแห้งซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จึงได้ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกโดยอาศัยความร้อนภายในตู้อบและผลต่างของอุณหภูมิภายนอกและระบายความร้อนด้วยท่อน้ำวนด้านเย็นมีอุณหภูมิประมาณ $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ผลต่างอุณหภูมิทั้งสองด้านจะทำให้เกิดการผลิตกำลังไฟฟ้าได้ โดยงานวิจัยที่นำเสนอใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 20 โมดูลต่ออนุกรมกัน 5 โมดูล และนำมาขนานกัน 4 ชุด สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ $21.89-23.15 \text{ วัตต์}$

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนี้จะแสดงถึงขั้นตอนการออกแบบและวิธีการดำเนินงานวิจัยการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ จากเนื้อหาในบทที่ 2 การออกแบบโครงสร้างชุดผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบคือจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกให้เพียงพอต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าและการควบคุมผลต่างของอุณหภูมิเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าตามวัตถุประสงค์ ซึ่งชุดต้นแบบนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนชุดกล่องกระจกกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ ชุดผลิตกำลังไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก และชุดระบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาอุณหภูมิแสงอาทิตย์

การศึกษาวิจัยการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ โดยใช้สถานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี ในระหว่างวันที่ 3-5 มีนาคม 2563 ช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น. มีลำดับขั้นตอนดังรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาอุณหภูมิความร้อนของแสงอาทิตย์ในแต่ช่วงเวลาดังแต่ 10.00-16.00 น. ในระหว่างวันที่ดวงอาทิตย์ให้แสงในสภาพอากาศทั่วไปเป็นปกติ โดยหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้รู้ถึงค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาและอุณหภูมิอากาศทั่วไป ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิแสงแดดร้อนเพียงพอที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้และช่วงเวลาที่ได้กำลังไฟฟ้าสูงอยู่ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ในช่วงเวลานี้อุณหภูมิโดยรอบปกติทั่วไปวัดได้ 30-40 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 3.1

2. ศึกษาคุณลักษณะของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145 ที่ โดยทดสอบหาคุณลักษณะการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้วยการจำลองอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ได้วัดค่าจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิด้านเย็นที่สามารถสร้างได้ที่มีผลต่างของอุณหภูมิเพื่อดูผลของการผลิตกำลังไฟฟ้าในผลต่างของแต่ละระดับของอุณหภูมิได้ดังแสดงตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตรวจวัดอุณหภูมิที่ได้จากแสงอาทิตย์ที่ได้ในช่วงเวลาต่างๆ

ช่วงเวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	ช่วงเวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
10.00	45.8	13.15	56.8
10.15	46.3	13.30	57.2
10.30	47.4	13.45	57.4
10.45	47.7	14.00	57.5
11.00	48.4	14.15	57.7
11.15	51.9	14.30	57.8
11.30	53.4	14.45	58.3
11.45	54.3	15.00	56.4
12.00	54.5	15.15	55.7
12.15	55.7	15.30	55.3
12.30	55.8	15.45	54.5
12.45	56.2	16.00	54.5
13.00	56.5		

3.2 การคำนวณและการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์จะคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญหลายอย่าง เช่น จำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกและการควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าตามขอบเขตที่กำหนด

3.1.1 การคำนวณที่ได้จากทฤษฎี

จากขอบเขตของโครงการ ชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ จะต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าด้านออกได้สูงสุด 80 W จึงเป็นหลักเกณฑ์ในการกำหนดจำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถคำนวณได้จากคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848 – 27145 ตารางที่ 3.2 กำหนดอุณหภูมิที่คาดว่าจะทำได้ 40 °C แรงดันด้านออกของ

เทอร์โมอิเล็กทริกจะได้ 1.8 V ต่อแผ่น จากขอบเขตของโครงการงาน ต้องชาร์จแบตเตอรี่ ขนาด 12 V 7.2 Ah ดังนั้นแรงดันด้านออกของชุดกำเนิดจะต้องเท่ากับ 14 V การเพิ่มขนาดแรงดันด้านออกของเทอร์โมอิเล็กทริกใช้หลักการเดียวกันกับการอนุกรมแบตเตอรี่ โดยกำหนดให้เทอร์โมอิเล็กทริกมีแรงดันด้านออกเท่ากันทุกแผ่น

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848 – 27145 สำหรับการออกแบบ

ΔT (°C)	$V_{OUT(TEG)}$ (V)	$I_{OUT(TEG)}$ (mA)	$P_{OUT(TEG)}$ (W)
20	0.97	225	0.22
40	1.8	368	0.66
60	2.4	469	1.13
80	3.6	558	2.01
100	4.8	669	3.21

การออกแบบชุดผลิตกำลังไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากความร้อนแสงอาทิตย์ โดยวิธีคำนวณจากตารางคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อหาจำนวนโมดูลของเทอร์โมอิเล็กทริกและวิธีการต่อวงจรของ เทอร์โมอิเล็กทริก ในงานวิจัยนี้เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ต้องการประมาณ 80 วัตต์ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145 และเลือกค่าอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส(°C) ซึ่งเป็นผลต่างอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้เก็บข้อมูลดังนั้นแรงดันไฟฟ้าด้านออกของเทอร์โมอิเล็กทริกจะได้ 1.8 โวลต์ต่อแผ่น ต้องการแรงดันเข้าที่พุทรวมไม่น้อยกว่า 14 โวลต์ การคำนวณออกแบบจะได้

$$\begin{aligned}
 N_{TEG(Series)} &= \frac{V_{out}}{V_{(TEG)}} \\
 &= \frac{14 \text{ V}}{1.8 \text{ V}} \\
 &= 7.77 \gg 8 \text{ แผ่น} \\
 V_{out(Total)} &= 8 \text{ แผ่น} \times 1.8 \text{ V} \\
 &= 14.4 \text{ V}
 \end{aligned}$$

กำหนดให้การต่ออนุกรมเทอร์โมอิเล็กทริก 8 แผ่น คือเทอร์โมอิเล็กทริก 1 ชุด เนื่องจากเป็นวงจรอนุกรม กระแสด้านออกจะเท่ากันทั้งวงจรที่ 0.368 A ต่อชุด กำลังไฟฟ้าต่อชุดหาได้จาก

$$\begin{aligned} P_{\text{out (Series)}} &= V_{\text{out (Total)}} \times I_{\text{out (TEG)}} \\ &= 14 \text{ V} \times 0.368 \text{ A} \\ &= 5.29 \text{ W} \end{aligned}$$

จากขอบเขตของโครงการกำลังไฟฟ้าด้านออกต้องได้สูงสุด 80 W ดังนั้นจำนวนชุดของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ต้องนำมาขนานกันเพื่อเพิ่มกระแสด้านออกและป้องกันความผิดพลาดจึงเพิ่มกำลังไฟฟ้าเป็น 90 W

$$\begin{aligned} P_{\text{out (Total)}} &= P_{\text{out (Series)}} \times N_{\text{TEG (parallel)}} \\ &= \frac{P_{\text{out (Total)}}}{P_{\text{out (Series)}}} \\ &= \frac{90 \text{ W}}{5.29 \text{ W}} \\ &= 17.01 \gg 18 \text{ ชุด} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าด้านออกจะเท่ากับ กระแสของชุดเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาต่อขนานกันสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} I_{\text{out (Total)}} &= I_{\text{out (TEG)}} \times N_{\text{TEG (parallel)}} \\ &= 0.368 \times 18 \\ &= 6.624 \text{ A} \end{aligned}$$

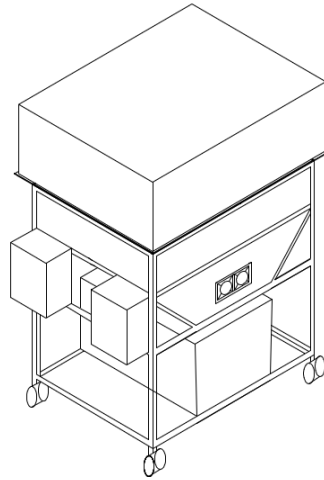
จำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งหมด

$$\begin{aligned} N_{\text{TEG (Total)}} &= N_{\text{TEG (Series)}} \times N_{\text{TEG (Parallel)}} \\ &= 8 \text{ แผ่น} \times 18 \text{ ชุด} \\ &= 144 \text{ แผ่น} \end{aligned}$$

3.1.2 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- 1) ชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก
- 2) ชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก
- 3) ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

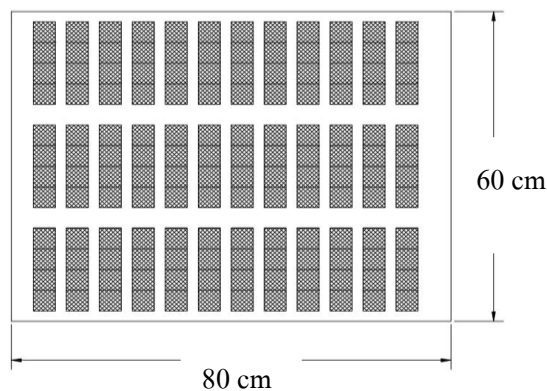


ภาพที่ 3.1 การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

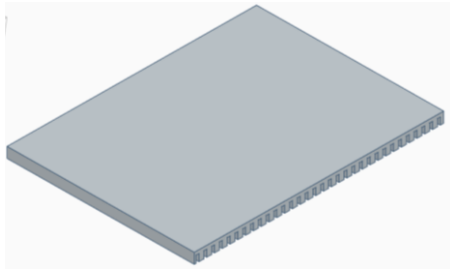
1. การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

- 1) อลูมิเนียมระบายความร้อน
- 2) แผ่นรับความร้อน
- 3) อลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
- 4) ฉนวนกันความร้อน

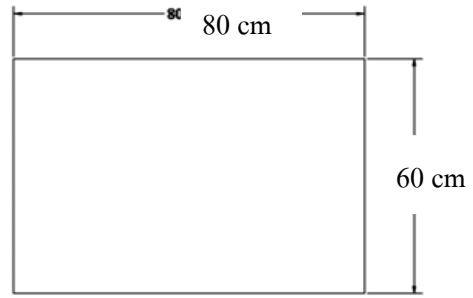
การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ จำเป็นต้องมีพื้นที่วางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 144 แผ่น วางอยู่บนอลูมิเนียมระบายความร้อน โดยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีปริมาตรเท่ากับ $4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$ ได้การออกแบบการวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและอลูมิเนียมระบายความร้อนดังภาพที่ 3.2



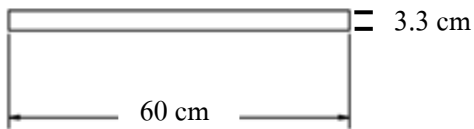
(ก) การวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 144 แผ่น บนอลูมิเนียมระบายความร้อน



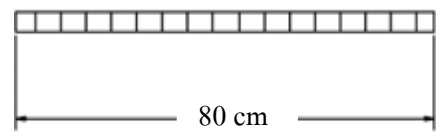
(ข) แบบร่างอลูมิเนียมระบายความร้อน



(ค) ภาพด้านบน



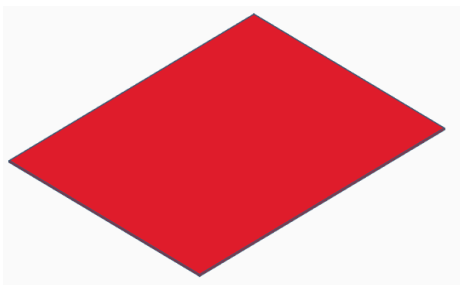
(ง) ภาพด้านหน้า



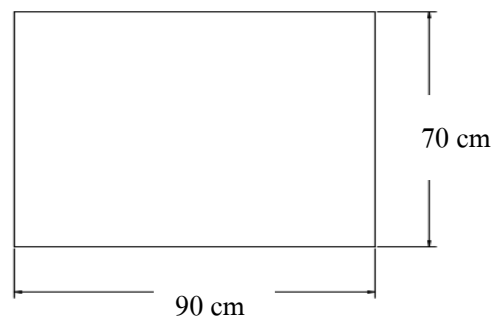
(จ) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.2 การออกแบบการวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและอลูมิเนียมระบายความร้อน

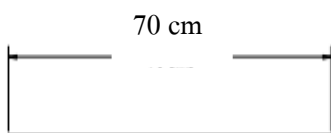
แผ่นรับความร้อนจะต้องมีขนาดใหญ่กว่า อลูมิเนียมระบายความร้อน เพื่อให้เกิดเงาด้านล่าง ป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่งถึงอลูมิเนียมระบายความร้อนโดยตรง เลือกลงใช้แผ่นเหล็กหนา 0.3 cm ฟันสีดำ ได้การออกแบบแผ่นรับความร้อนดังภาพที่ 3.3



(ก) แบบร่างแผ่นรับความร้อน

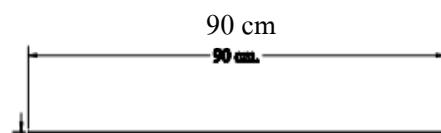


(กา) ภาพด้านบน



(ค) ภาพด้านหน้า

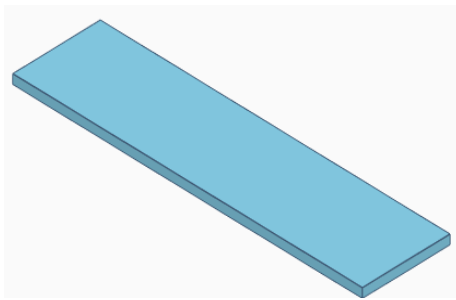
0.3 cm



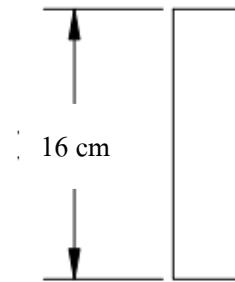
(ก) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.3 การออกแบบแผ่นรับความร้อน

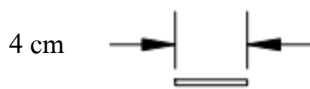
เพื่อเพิ่มระยะการวางฉนวนกันความร้อน และเพิ่มพื้นที่การต่อวงจร จึงเพิ่มอลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ขนาดเท่าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเรียงต่อกัน 4 แผ่น ความหนาของแผ่นอลูมิเนียมเท่ากับ 0.3 cm ได้การออกแบบอลูมิเนียมรองเทอร์โมอิเล็กทริกดังภาพที่ 3.4



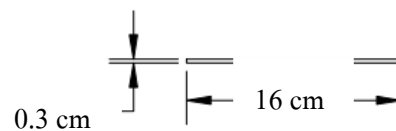
(ก) แบบร่างอลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก



(ข) ภาพด้านบน



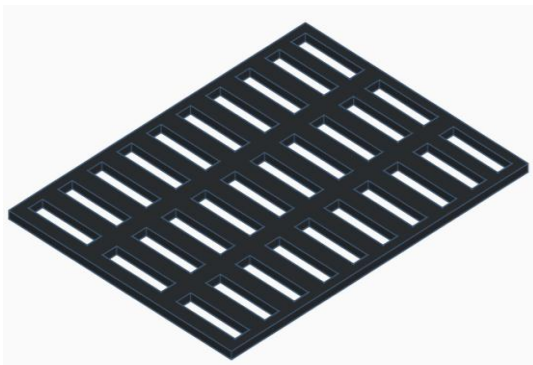
(ค) ภาพด้านหน้า



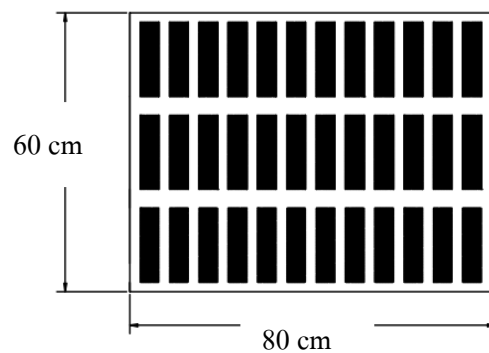
(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.4 การออกแบบอลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

เพื่อป้องกันความร้อนจากแผ่นรับความร้อนส่งถึงอลูมิเนียมระบายความร้อนจึงใช้ฉนวนกันความร้อนใส่ลงในช่องว่างระหว่างแผ่นรับความร้อนและอลูมิเนียมรับความร้อนได้การออกแบบฉนวนกันความร้อน ดังภาพที่ 3.5



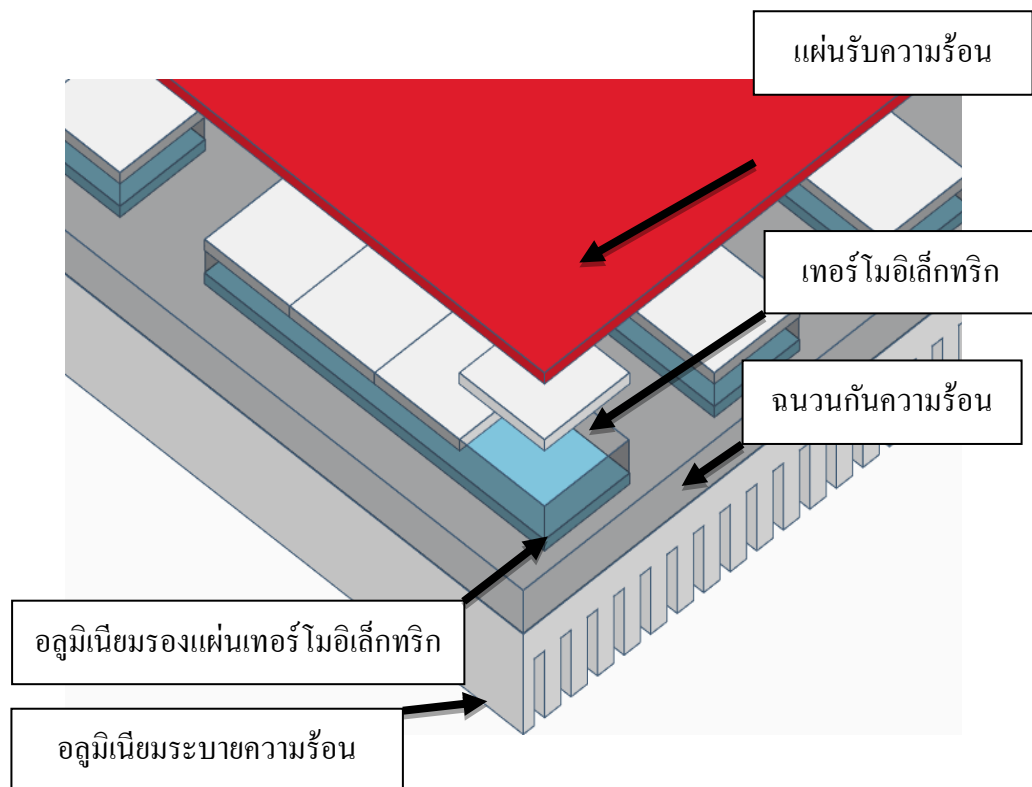
(ก) แบบร่างฉนวนกันความร้อน



(ข) ภาพด้านบน



ภาพที่ 3.5 การออกแบบฉนวนกันความร้อน

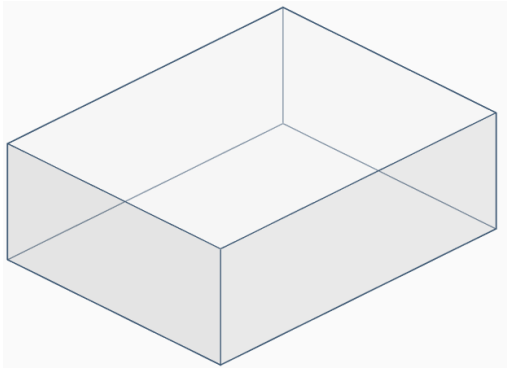


ภาพที่ 3.6 แบบร่างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

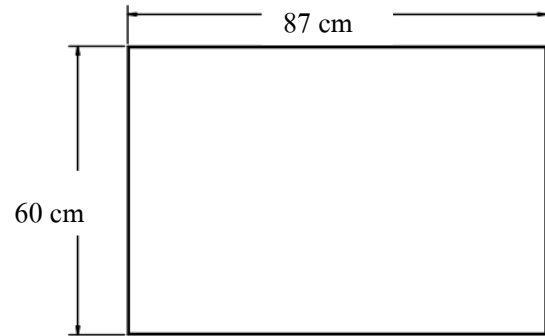
2. ชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก

- 1) กล่องกระจกรับความร้อน
- 2) ฉนวนโฟมกันความร้อน

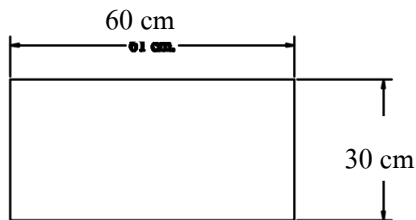
ชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก ทำหน้าที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จากด้านบน และกักเก็บความร้อนให้อากาศที่อยู่ภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อถ่ายเทไปยังแผ่นรับความร้อน เลือกใช้กระจกใสหนา 0.5 cm การออกแบบกล่องกระจกรับความร้อน ดังภาพที่ 3.7



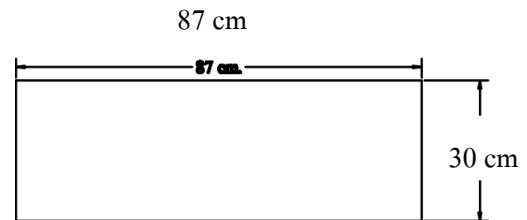
(ก) แบบร่างกล่องกระจกรับความร้อน



(ข) ภาพด้านบน



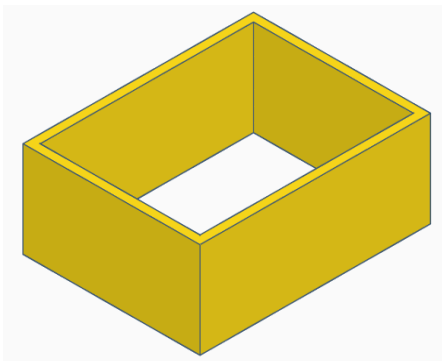
(ค) ภาพด้านหน้า



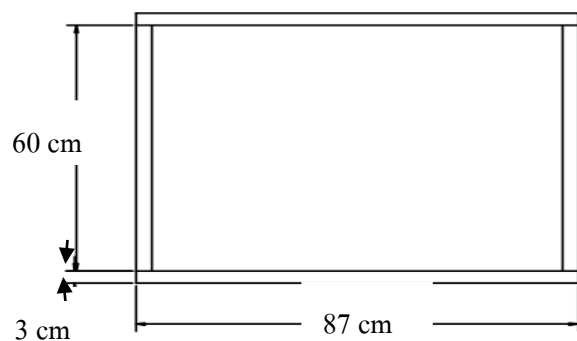
(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.7 การออกแบบกล่องกระจกรับความร้อน

การกักเก็บความร้อนจำเป็นต้องมีฉนวนป้องกันรังสีความร้อนแผ่ออกจากกล่องกระจกรับความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงยิ่งขึ้น เลือกใช้โฟมหนา 2 cm ได้การออกแบบฉนวนโฟมกันความร้อน ดังภาพที่ 3.8

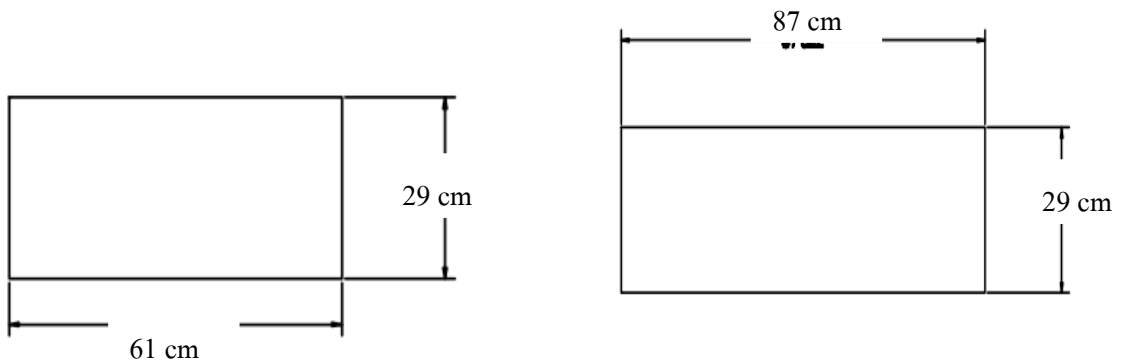


(ก) แบบร่างฉนวนโฟมกันความร้อน



(ข) ภาพด้านบน

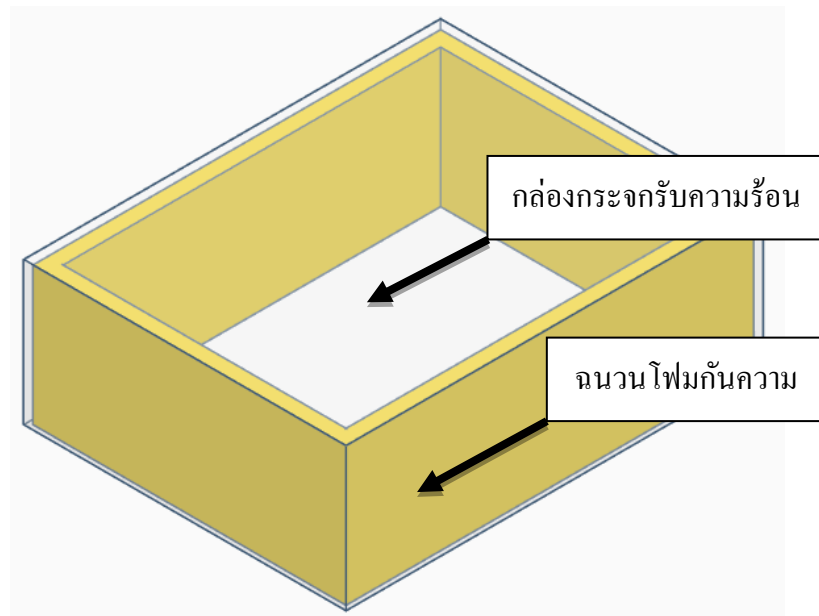
ภาพที่ 3.8 การออกแบบฉนวนโฟมกันความร้อน



(ค) ภาพด้านหน้า

(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.8 การออกแบบฉนวนโฝมกันความร้อน (ต่อ)

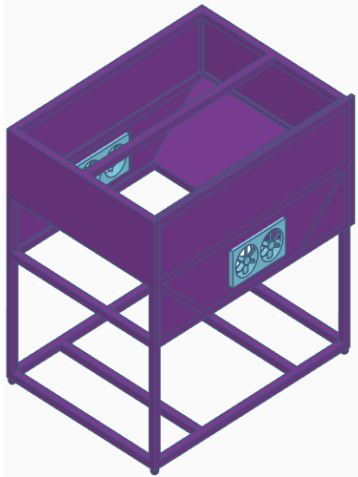


ภาพที่ 3.9 แบบร่างชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก

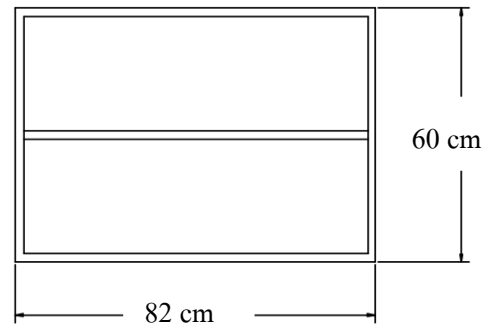
3. ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

- 1) โครงสร้างฐาน
- 2) หัวฉีดละอองน้ำและตาข่ายชะลอน้ำ
- 3) ถังเก็บน้ำ

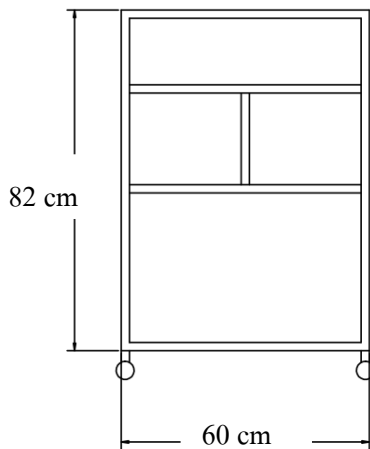
ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับอลูมิเนียมระบายความร้อน โดยการฉีดละอองน้ำทำให้อุณหภูมิของอลูมิเนียมระบายความร้อนลดลง และเป็นฐานให้กับชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกได้การออกแบบโครงสร้างฐาน ดังภาพที่ 3.10



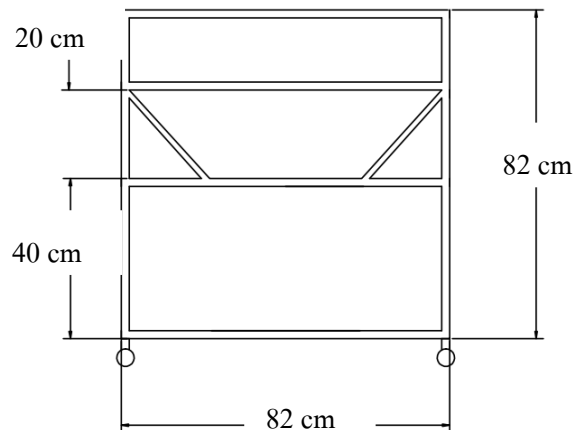
(ก) แบบร่างโครงสร้างฐาน



(ข) ภาพด้านบน



(ค) ภาพด้านหน้า

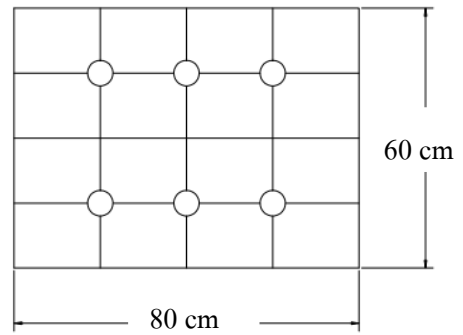
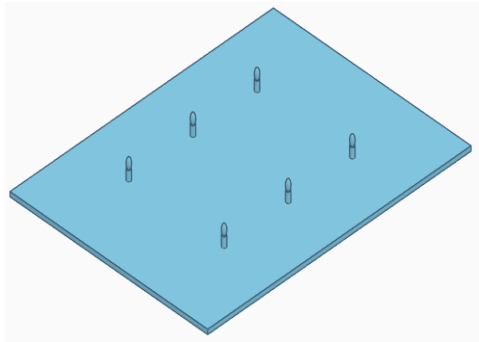


(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.10 การออกแบบโครงสร้างฐาน

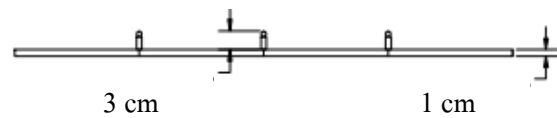
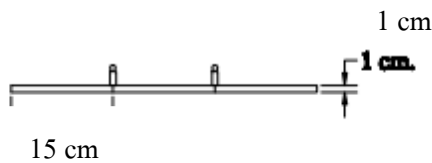
หัวฉีดละอองน้ำมีความกว้างของละอองน้ำครอบคลุมพื้นที่เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 15 cm ต่อหัวต้องฉีดให้ทั่วพื้นที่ของอลูมิเนียมระบายความร้อน และเมื่อน้ำที่ใช้ระบายความร้อนไหลกลับมา จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนให้กับน้ำก่อนที่จะนำกลับไปใช้ระบายความร้อนให้กับ

อลูมิเนียมอีกครั้ง จึงนำตาข่ายมาชะลอน้ำ และระบายความร้อนให้กับน้ำโดยใช้ลมผ่านตาข่ายชะลอน้ำ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง ได้การออกแบบหัวฉีดละอองน้ำและตาข่ายชะลอน้ำ ดังภาพที่ 3.11



(ก) แบบร่างหัวฉีดละอองน้ำและตาข่ายชะลอน้ำ

(ข) ภาพด้านบน

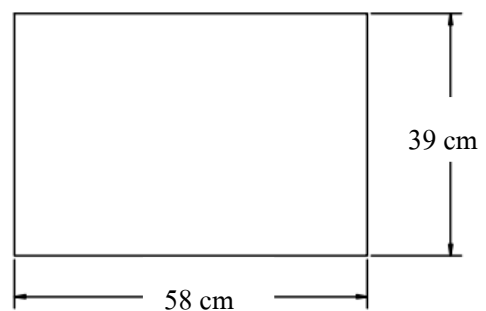
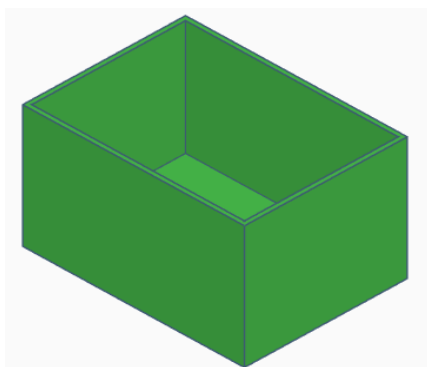


(ค) ภาพด้านหน้า

(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.11 การออกแบบหัวฉีดละอองน้ำและตาข่ายชะลอน้ำ

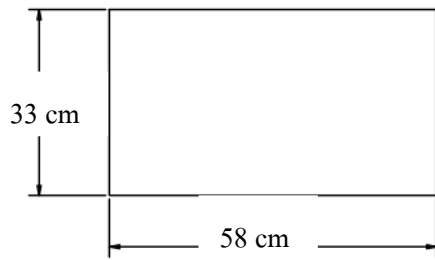
ถังเก็บน้ำจำเป็นต้องมีขนาดใหญ่เพื่อที่จะสามารถบรรจุน้ำให้เพียงพอต่อการระบายความร้อนในระยะเวลา 7 ชั่วโมง และมีขนาดเหมาะสมกับโครงสร้างฐานจึงเลือกถังเก็บน้ำที่มีขนาดดังภาพที่ 3.12



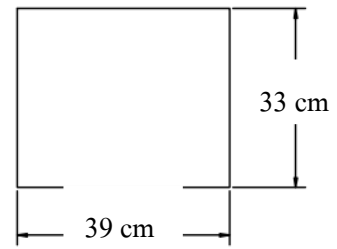
(ก) แบบร่างถังเก็บน้ำ

(ข) ภาพด้านบน

ภาพที่ 3.12 การออกแบบถังเก็บน้ำ

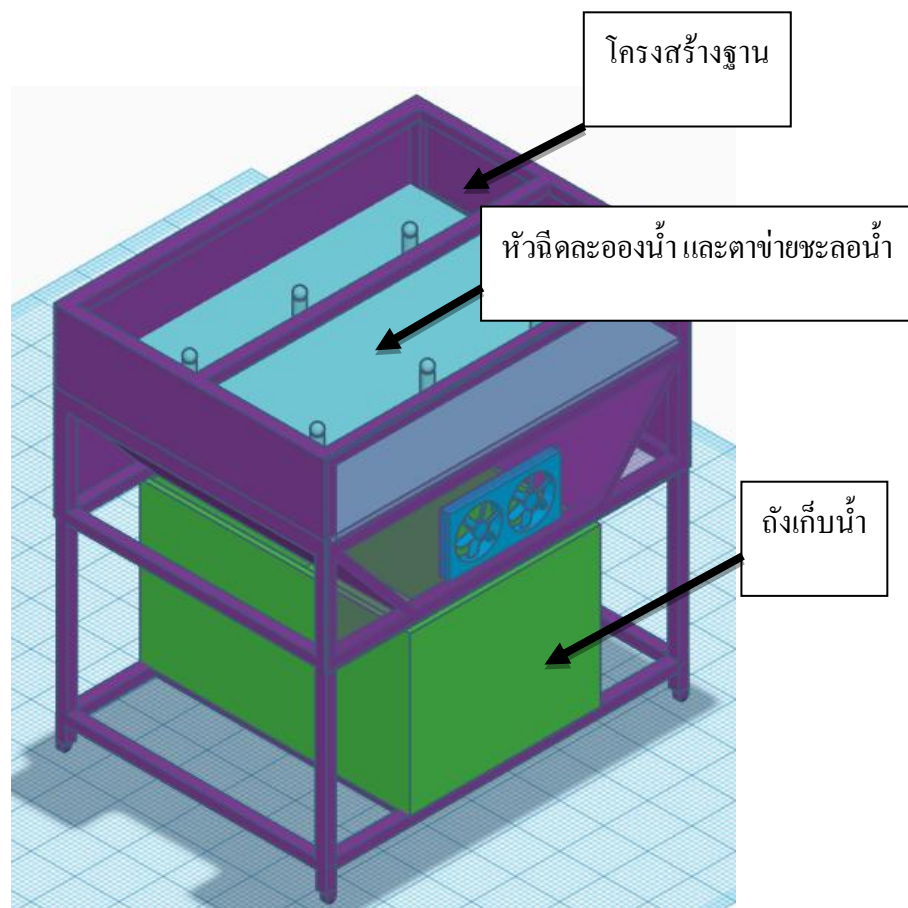


(ค) ภาพด้านหน้า

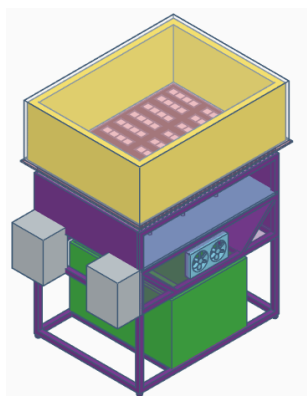


(ง) ภาพด้านข้าง

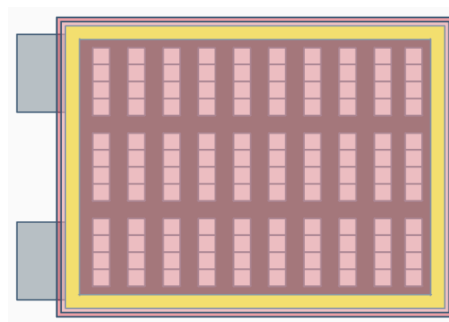
ภาพที่ 3.12 การออกแบบถังเก็บน้ำ (ต่อ)



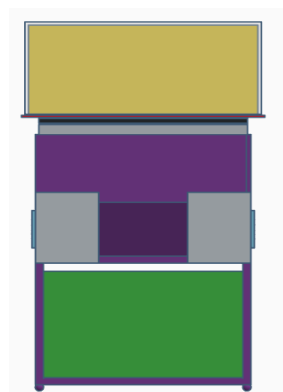
ภาพที่ 3.13 แบบร่างชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ



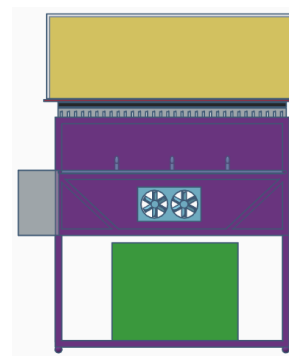
(ก) แบบร่างชุดกำเนิดไฟ



(ข) ภาพด้านบน



(ค) ภาพด้านหน้า



(ง) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 3.14 การออกแบบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

3.3 สร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

3.3.1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์เครื่องมือ และชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ใช้สร้างโครงสร้างของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 3.15 – ภาพที่ 3.17

3.3.2 สร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

ตัดฉนวนตามแบบ ร่องฉนวนขนาด 16 cm x 4 cm จำนวน 2 แผ่นและนำแผ่นแรกมาวางบนแผ่นเหล็กขนาด 90 cm x 70 cm



ภาพที่ 3.15 แผ่นฉนวนวางบนแผ่นเหล็ก

นำแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 4 แผ่นมาวางลงในร่องฉนวนจนครบ และต่อวงจรดังภาพที่ 16



ภาพที่ 3.16 การต่อวงจรแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกวางในร่องฉนวน



ภาพที่ 3.17 ชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เสร็จสมบูรณ์

3.4 สรุปการดำเนินงาน

1. จากการดำเนินการสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 144 แผ่น ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยใช้แผ่นเหล็กพ่นสีดำ ระบายความร้อนโดยการใช้อลูมิเนียมซิงค์ป้องกันอุณหภูมิระหว่างแผ่นเหล็กรับความร้อนกับอลูมิเนียมซิงค์ โดยใช้ฉนวนกันความร้อน 2 ชั้น เพิ่มพื้นที่การต่อวงจรภายใน โดยใช้อลูมิเนียมรองแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
2. ชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจกสร้างกล่องกระจกโดยใช้กระจกใสประกอบเป็นกล่องด้วยซิลิโคนใสป้องกันอุณหภูมิก่อด้วยฉนวนโฟมใส่ไว้ภายในกล่องกระจก
3. ชุดระบายความร้อนโครงสร้างฐานโดยใช้เหล็กกล่อง 1 นิ้ว ประกอบโดยการเชื่อม ระบายความร้อนโดยใช้หัวฉีดละอองน้ำจำนวน 6 หัว ชะลอน้ำด้วยตาข่ายไนลอน เก็บน้ำโดยใช้ถังน้ำสร้างชุดควบคุมตามที้ออกแบบเมื่อนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันจนครบทุกส่วนจะได้ชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เสร็จสมบูรณ์พร้อมทำการทดสอบ

บทที่ 4

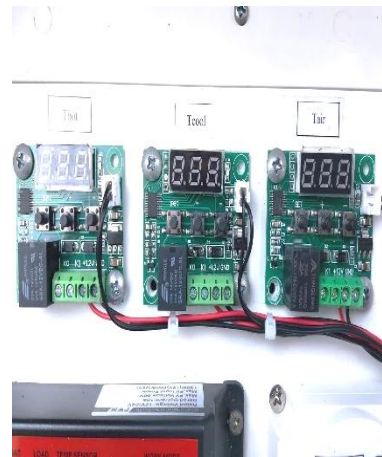
ผลการทดสอบ

4.1 การทดลองวงจรต้นแบบ

จากส่วนประกอบทั้งสามส่วนที่ได้ออกแบบไว้นามาสร้างเพื่อทดสอบหาผลที่ได้จากการผลิตกำลังไฟฟ้าจากชุดต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นดังแสดงภาพที่ 4.1 การทดสอบอยู่ในระหว่างเวลา 10.00-16.00 น. โดยการวัดค่าอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นศึกษาผลต่างของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาและบันทึกค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าทุกๆ 15 นาที ในส่วนการระบายความร้อนด้านเย็นของชุดเทอร์โมอิเล็กทริกใช้ปั๊มพ่นละอองน้ำในช่วงที่เริ่มมีการแผ่ความร้อนจาก ด้านร้อนลงสู่ด้านเย็นเพื่อรักษาระดับผลต่างของอุณหภูมิให้อยู่ในขอบเขตการออกแบบตามคุณลักษณะใกล้เคียงกับ 40°C ได้ผลดังตารางที่ 4.1



ก) ชุดต้นแบบ



ข) เทอร์โมมิเตอร์โมดูล

ภาพที่ 4.1 ชุดผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบและโมดูลวัดค่าอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและการผลิตกำลังไฟฟ้า

Time (min)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	Voltage (V)	Current (A)	Power (W)	Pump
10.00	45.8	29.2	16.6	4.4	3.89	17.11	OFF
10.15	46.3	29.4	16.9	4.5	3.89	17.50	OFF
10.30	47.4	29.6	17.8	5.2	4.18	21.72	OFF
10.45	51.7	29.8	21.9	5.4	4.18	22.55	OFF
11.00	53.4	29.8	23.6	6.2	4.18	25.89	OFF
11.15	55.9	29.8	26.1	8.2	4.46	36.60	OFF
11.30	57.4	29.8	27.6	10.5	4.46	46.87	OFF
11.45	59.3	29.8	29.5	12.78	4.61	58.89	OFF
12.00	62.2	29.4	32.8	13.58	4.90	66.49	OFF
12.15	64.5	29.4	35.1	14.02	5.04	70.66	OFF
12.30	67.8	29.7	38.1	14.05	5.33	74.86	OFF
12.45	69.7	29.8	39.9	14.05	5.43	76.32	OFF
13.00	72.5	30.2	42.3	14.08	5.63	79.20	OFF
13.15	74.8	32.4	42.4	14.12	5.61	79.20	ON
13.30	77.2	32.7	44.5	14.17	5.79	82.08	ON
13.45	85.4	33.8	51.6	14.25	6.19	88.24	ON
14.00	85.5	34.8	50.7	14.63	6.34	92.70	ON
14.15	85.7	35.2	50.5	14.74	6.34	93.39	ON
14.30	85.3	35.2	50.1	14.72	6.34	93.27	ON
14.45	84.3	35.2	49.1	14.43	6.19	89.35	ON
15.00	77.4	35.2	42.2	14.27	5.85	83.52	ON
15.15	72.5	35.2	37.3	14.22	5.62	79.86	ON
15.30	69.3	35.2	34.1	14.22	5.27	74.88	ON
15.45	68.1	35.2	32.9	14.17	4.88	69.12	ON
16.00	64.5	35.2	29.3	13.78	4.19	64.80	ON
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)						66.88	

จากผลการศึกษาและทดลองพบว่าเทอร์โมอิเล็กทริก SP1848-27145 โดยการต่อวงจรประกอบด้วยอนุกรมกัน 8 โมดูลและนำมาขนานกันจำนวน 18 ชุด ได้ผลตามตารางที่ 4.1 โดยการทดสอบนี้อยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 10.00-16.00 น. ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์ให้แสงในสภาพอากาศทั่วไปเป็นปกติและทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้รู้ถึงค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาและอุณหภูมิอากาศทั่วไป ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิแสงแดดร้อนเพียงพอที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ และช่วงเวลาที่ได้กำลังไฟฟ้าสูงอยู่ในช่วงเวลา 14.00-15.00 น. ในช่วงเวลานี้อุณหภูมิโดยรอบปกติทั่วไปวัดได้ 30-40 องศาเซลเซียส สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตามคุณลักษณะเมื่อมีผลต่างของอุณหภูมิทางด้านร้อนและด้านเย็นจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ โดยที่ผลต่างของอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลามีผลกับการผลิตกำลังไฟฟ้าถ้ามีผลต่างมากจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้มาก จากการที่ได้ทดลองเบื้องต้นด้วยการจำลองความร้อนจากขวดความร้อนให้กับโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่าถ้าด้านร้อนได้รับค่าอุณหภูมิความร้อนสูงมากๆ จะแผ่ลงมาให้ด้านเย็นมีผลทำให้ผลต่างของอุณหภูมิลดลงการผลิตกำลังไฟฟ้าก็จะลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการป้องกันด้วยฉนวนกันความร้อนและใช้ฉีดย่นละอองน้ำช่วยในช่วงเวลา 13.45-14.45 น. ซึ่งเป็นช่วงที่แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงที่สุดในระหว่างวัน จึงเป็นช่วงเวลาที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงที่สุด โดยช่วงเวลา 14.15 น. สามารถผลิตได้สูงถึง 93.39 วัตต์ และค่าเฉลี่ยทั้งวันผลิตได้ 66.88 วัตต์ แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวก็จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนให้ด้านเย็นเนื่องจากการแผ่ความร้อนผ่านฉนวนกันความร้อนมาบางส่วน แต่อย่างไรก็ตามถ้าหาวิธีการทำให้มีผลต่างของอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นตามคุณลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริกยังคงมีความสามารถการผลิตกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นได้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทำการทดสอบการแปลงผันพลังงานความร้อนจากแสงแดดเพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้าในระหว่างวันสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาทดลองการเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ชุดกล่องกระจกกักเก็บความร้อน ชุดเทอร์โมอิเล็กทริก ประกอบด้วยการแบบอนุกรม 8 โมดูลและนำมาขนานกัน 18 ชุด และชุดฉีดพ่นละอองน้ำระบายความร้อนให้ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อผลต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น ชุดกักเก็บความร้อนสามารถเก็บอุณหภูมิได้สูงถึง 85 องศาเซลเซียส และชุดระบายความร้อนสามารถรักษาระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 30 – 35 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าค่าความร้อนที่ถูกเก็บสะสมภายในตู้กระจกเก็บความร้อนมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกับด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 13.45 – 14.45 น. ซึ่งมีผลต่างอุณหภูมิประมาณ 40 – 50 องศาเซลเซียส ช่วงเวลานี้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 93.39 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 14.74 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 6.34 แอมป์ และในเวลารวม 6 ชั่วโมง สามารถผลิตกำลังงานไฟฟ้าได้เฉลี่ย 66.88 วัตต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีผนังรับอุณหภูมิที่ทำมาจากเซรามิก มีความเปราะเสียหายได้ง่าย การประกอบชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก แผ่นรับความร้อนและแผ่นระบายความร้อนไม่ควรยึดติดกันแน่นมากเกินไปเพราะจะทำให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเสียหายได้

5.2.2 ความร้อนเป็นพลังงานที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านฉนวนกันความร้อน 2 ชั้นได้ ดังนั้นแก้ไขโดยการเพิ่มฉนวนกันความร้อนอีกหนึ่งชั้น เพื่อให้อุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นแตกต่างกันมากขึ้น เพราะฉนวนกันความร้อนมีความสำคัญอย่างมากในการป้องกันความร้อน และความเย็นส่งถึงกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การระบายความร้อนด้วยการกำหนดเวลาตายตัวอาจไม่เหมาะสมกับการระบายความร้อนในทุก ๆ วัน เนื่องจากอุณหภูมิในแต่ละวันไม่เท่ากัน ถ้าใช้ระบบการระบายความร้อน โดยใช้ อุณหภูมิด้านเย็นเป็นตัวกำหนดการทำงานของชุดระบายความร้อนแทน จะสามารถระบายความร้อนได้ตามอุณหภูมิด้านเย็น ณ เวลานั้น ๆ ลดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น

5.3.2 การเพิ่มเลนส์รวมแสงภายในชุดกักเก็บความร้อนด้วยกระจก อาจสามารถเพิ่มอุณหภูมิภายในกล่องกระจกได้มากขึ้นกว่าการใช้กล่องกระจกกักเก็บความร้อนเพียงอย่างเดียว

5.3.3 ศึกษาวิธีการเพิ่มอุณหภูมิความร้อนด้านร้อนในกล่องกักเก็บความร้อนให้สูงขึ้นจะสามารถเพิ่มการผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

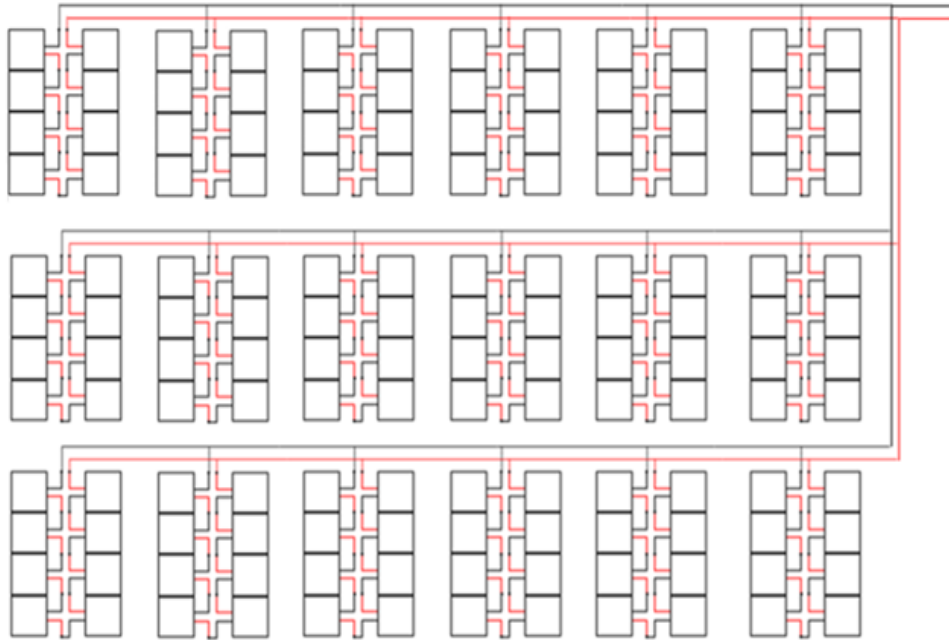
- ศรายุทธ ทองกุลภักดิ์ และ พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร. (2560). การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากเครื่องปรับอากาศ. *วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ*, 5(1), 60-67.
- El-Adl, A.S. Mousa, M.G. and Hegazi, A.A. (2018). Performance analysis of a passively cooled thermoelectric generator. *Energy Conversion and Management*, (173): 399 - 411.
- Ning, Z., Takeru, M., Ryutaro, S. and Takashi, T. (2014). Development of a small solar power generation System based on thermoelectric materials. *Int J Appl Ceram Tec.* 4(4): 291-296
- Sarayoot T. and Worawit I. (2018). Thermoelectric Based Power Generator from Solar Drying Machine. *Proceeding of the 7th International Symposium on Fusion of Science and Technology*. 17-18 December 2018 (pp. 49-53). Thailand.
- Seebeck, T.J. (1821). Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperature-Differenz. *In: Abh. Akad. Wiss 1821*, Berlin,

ภาคผนวก ก.

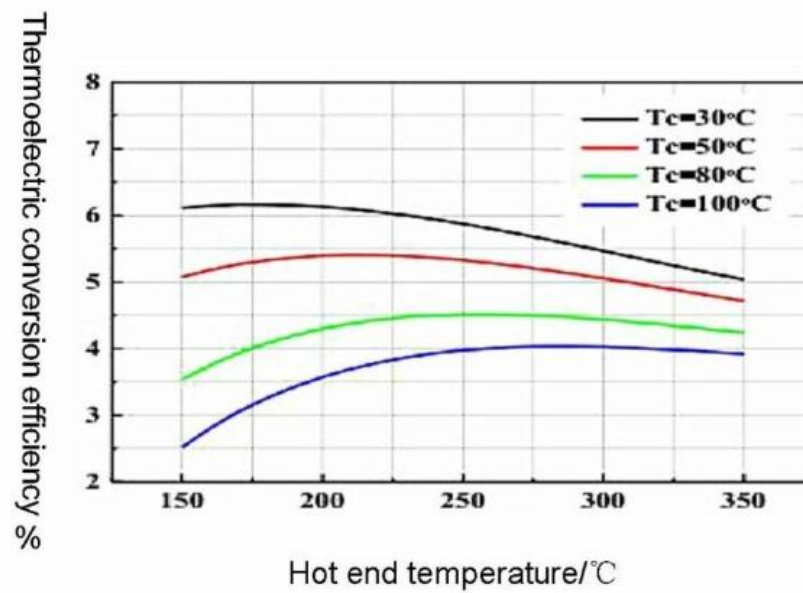
คุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น SP1848-27145

การต่อวงจรภายในของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

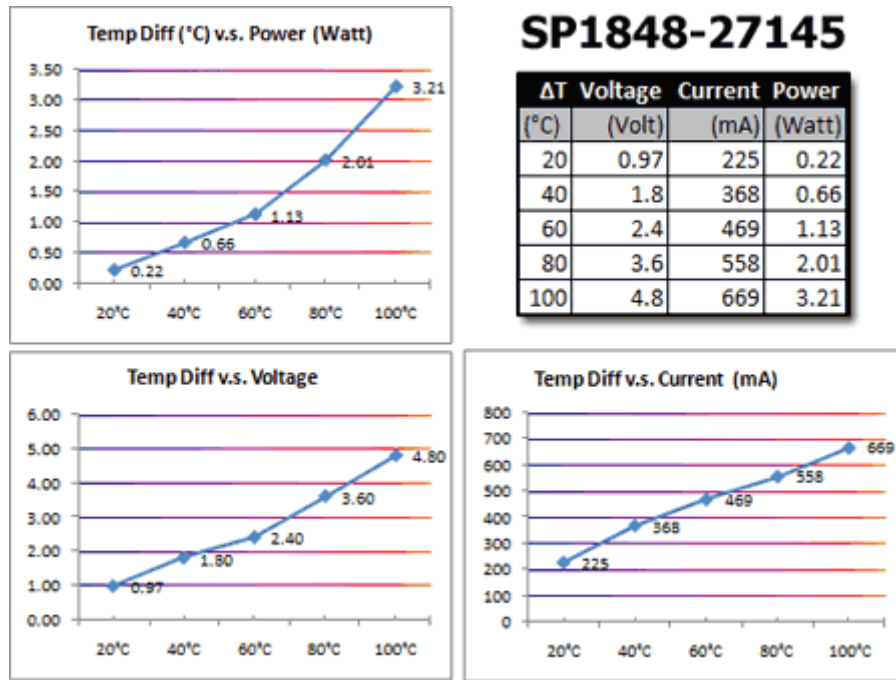
การต่อวงจรภายในของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก



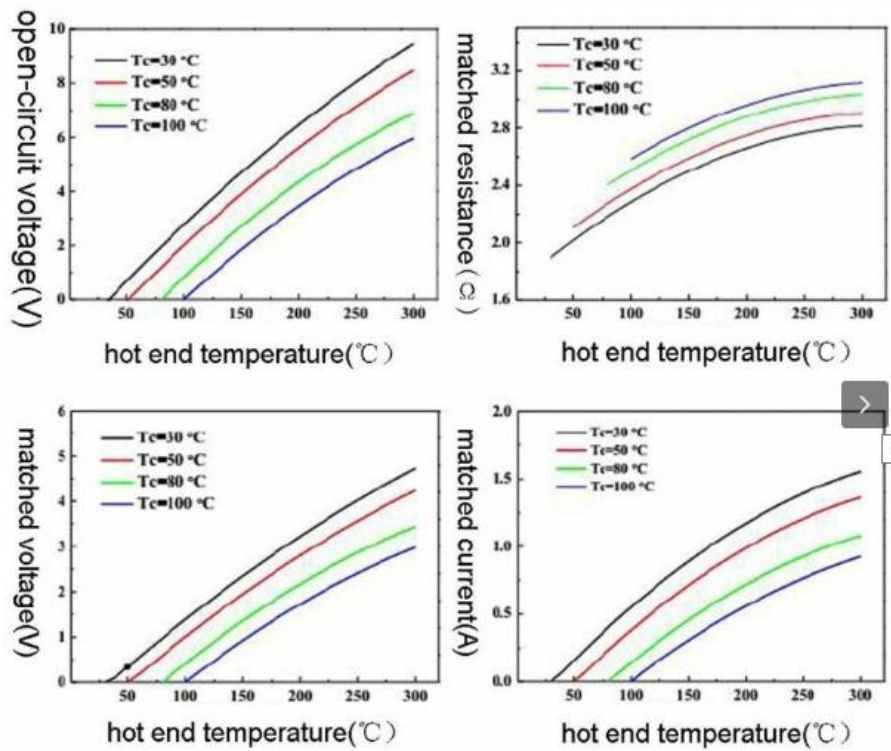
ภาพที่ ก.1 การต่อวงจรภายในของชุดกำเนิดไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก



ภาพที่ ก.2 กราฟ Thermoelectric conversion efficiency



ภาพที่ ก.3 กราฟกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ต่อความแตกต่างของอุณหภูมิ



ภาพที่ ก.4 กราฟความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ