อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสะสม กรณีศึกษา

ELECTRIC GENERATION FROM ACCUMULATED HEAT, CASE STUDY

นายณัฐพล จรดี รหัส 52361765

นายบุรินทร์ อินตาคำ รหัส 52361949

I7196611

ปร.
ณ 342 ก
2558

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน ... 2560
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสะสมกรณีศึกษา		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐพล	จรลี	รหัส 52361765
	นายบุรินทร์	อินตาคำ	รหัส 52361949
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2558		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิศุทธิ์ วรจิรันตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณนิกา วัฒนะ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสะสมกรณีศึกษา		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐพล	จรลี	รหัส 52361765
	นายบุรินทร์	อินตาคำ	รหัส 52361949
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2558		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนสะสม ทำการออกแบบการผลิตไฟฟ้าจากอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ด้วยการใช้ความร้อนสะสมจากตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ทำการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกด้วยการใช้วงจรเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและทำการชาร์จแบตเตอรี่มือถือขนาด 3.7 V 1000 mAh กำลังไฟฟ้าที่ได้ 150 mW

Project title	Electric Generation from Accumulated Heat Case Study		
Name	Mr. Nattapon	Jonralee	ID. 52361765
	Mr. Burin	Intakum	ID. 52361949
Project advisor	ASSC. PROF. DR. Yongyut Chonbodeechalermroong		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2015		

Abstract

The thesis presents electric generation from accumulated heat. Design of electric generation made from thermoelectric devices. We use heat energy from solar absorber and pass to thermoelectric devices. The voltage generated from thermoelectric module will be stepped up by using boost converter and charges into a battery with capacity of 3.7 V 1000 mAh. The power output is 150 mW.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และให้ความกรุณาจากในการตรวจทานปริญญานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของ คณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายณัฐพล จรลี

นายบุรินทร์ อินตาคำ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงานวิจัย ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 หลักการและทฤษฎีของเทอร์โมอิเล็กทริก 4
2.2 ประเภทของระบบการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 13
2.3 ส่วนประกอบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ 15

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน
3.1 แผนการดำเนินงาน 21
3.2 ขั้นตอนการทำเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ 22
3.3 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 27

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบ

4.1 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ 36

4.2 วัดผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์โดยการเปลี่ยนตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เป็นอลูมิเนียม และเพิ่มความหนาของฉนวน 37

4.3 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก 38

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 45

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 45

เอกสารอ้างอิง 47

ภาคผนวก ก ตารางข้อมูลการทดลอง 48

ภาคผนวก ข อุณหภูมิน้ำหลัง 16.00 น. 65

ภาคผนวก ค รายละเอียดไอซีหมายเลข A7530 69

ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูล TEC1-12706 85

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ 36
4.2 ผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เปลี่ยนตัวดูดรังสีเป็นอลูมิเนียม..... 37
4.3 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีที่ไม่มีน้ำในระบบ..... 39
4.4 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีไม่มีน้ำในระบบ..... 40
4.5 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบ..... 41
4.6 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบ..... 42
4.7 ผลการวัดเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ 43
4.8 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือ..... 44

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบค 4
2.2 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเย 5
2.3 ปรากฏการณ์ซีเบค 6
2.4 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบค 6
2.5 แสดงรูปการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำที่มีอุณหภูมิสองด้านไม่เท่ากัน 7
2.6 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเย 8
2.7 แสดงการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเยกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น 9
2.8 แสดงการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเยกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี 9
2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 10
2.10 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในรูปแบบTEC 11
2.11 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในรูปแบบ TEG 12
2.12 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 16
2.13 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ 17
2.14 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์ 18
3.1 แผนผังการทำงานของระบบ 21
3.2 กรอบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ 22
3.3 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบเหล็ก 23
3.4 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบอลูมิเนียม 24
3.5 ท่อทองแดง 24
3.6 ฉนวนกันความร้อน 25
3.7 ตัวถังที่หุ้มฉนวน 26
3.8 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ 26
3.9 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 27
3.10 การติดตั้งตัวระบายความร้อน 28
3.11 การระบายความร้อนฮิตซิงค์ด้วยโฟมใส่น้ำ 29
3.12 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด นำมาต่อแบบขนานกัน 30
3.13 กราฟแสดงผลแรงดันเอาท์พุตต่ออุณหภูมิผลต่างของ TEC1-12706 31

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.14 กราฟแสดงผลกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตต่ออุณหภูมิผลต่าง 32
ของ TEC1-12706 ต่อโหลด 10 โอห์ม
3.15 วงจรเพิ่มแรงดัน 34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพลังงานมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนเป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะแหล่งจ่ายพลังงานหลักที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันกำลังจะหมดลง เช่น น้ำมัน ก๊วซธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งพลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไปแต่ความต้องการใช้พลังงานมีเพิ่มขึ้นทุกวัน โดยเฉพาะรูปแบบพลังงานไฟฟ้าที่ต้องอาศัยเชื้อเพลิงหลักในการผลิต เราจึงหาแหล่งพลังงานทดแทนอีกทางเลือกหนึ่งที่เป็นพลังงานที่สะอาดไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่มีจำกัด โดยที่พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นั้นก่อให้เกิดพลังงานความร้อนสะสม ซึ่งเราสามารถนำพลังงานสะสมนำมาผลิตสิ่งที่มีประโยชน์ได้ ซึ่งหนึ่งในทางเลือกนั้นคือ การผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric materials)

วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก เป็นวัสดุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง หรือในทางกลับกันสามารถใช้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปในตัวเครื่องเพื่อดึงเอาความร้อนออกจากระบบ การประยุกต์ใช้วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกอาศัยปรากฏการณ์ 2 ลักษณะ คือ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากจุดเชื่อมต่อที่ปลายทั้งสองของโลหะต่างชนิดถูกทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นและส่วนอีกปรากฏการณ์หนึ่งคือ ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจุดเชื่อมต่อของโลหะต่างกันสองชนิด มีผลทำให้จุดเชื่อมต่อระหว่างปลายทั้งสองของโลหะ เกิดความร้อนหรือความเย็นต่างกันของโลหะโดยขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าข้อดีของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และทำงานเงียบ เพราะไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาและเข้าใจหลักการปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกและการใช้งานเทอร์โมอิเล็กทริก

1.2.2 นำเทอร์โมอิเล็กทริกมาผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

1.3.2 ทดลองผลการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

1.3.3 นำพลังงานไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกมาทำการชาร์จแบตเตอรี่มือถือความจุขนาด 1000 mAh

1.3.4 ทำการทดลอง บันทึกผลที่ได้และสรุปผล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ปี พ.ศ. 2557							ปี พ.ศ. 2558		
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ย.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์										
ศึกษาหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก										
ออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์										
ทำการทดลองวัดผลเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และวัดผลการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก										
ทำการทดสอบและแก้ไขการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก										
สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริก

1.5.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

1.6 งบประมาณ

1.6.1 อุปกรณ์เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	10,000	บาท
1.6.2 เทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น TEC1-12706 จำนวน 12 ตัว	1,440	บาท
1.6.3 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่ม	1,000	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	12,440	บาท

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2

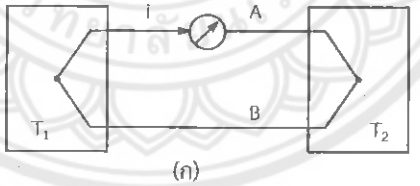
หลักการและทฤษฎี

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานอธิบายทฤษฎีของเทอร์โมอิเล็กทริก ประเภทและส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงงาน

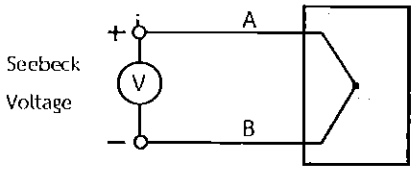
2.1 หลักการและทฤษฎีของเทอร์โมอิเล็กทริก [1]

2.1.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Effect)

ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Thomas Seebeck ทำการศึกษาพบว่าเมื่อนำขดลวดโลหะ 2 เส้นที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองข้างเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองมีอุณหภูมิต่างกัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรขดลวดทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2.1 (ก) ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามผลต่างอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง และถ้าปลายจุดต่อด้านหนึ่งออกจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายด้านเปิดแสดงดังในรูปที่ 2.1 (ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้เรียกว่า “ซีเบคโวลท์เตจ”



(ก)

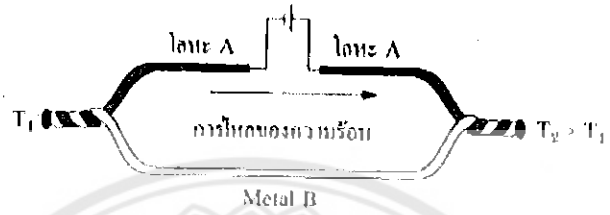


(ข)

รูปที่ 2.1 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบค

ที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6808/seebeck-effect-ปรากฏการณ์ซีเบค

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean C.A. Peltier พบว่าเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับซีเบคสร้างขึ้นโดยใช้ลวดด้านหนึ่งทำจากบิสมัสและอีกด้านหนึ่งทำจากแอนติโมจะทำให้เกิดอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อแตกต่างกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะร้อนและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็น วงจรดารทดลองของเพลเทียร์เป็นแสดงดังรูปที่ 2.2



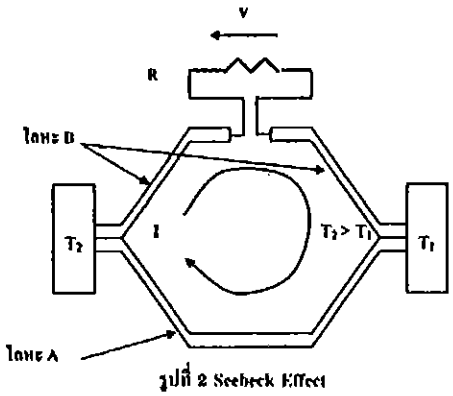
รูปที่ 2.2 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเย

ที่มา http://ins-rayong.blogspot.com/2010/09/thermocouple.html

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในวงจรดังแสดงในรูป 2.2 (ก) จะทำให้จุดต่อ T_1 อุณหภูมิสูงกว่าจุดต่อ T_3 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอกไหลผ่านเข้าไปในวงจรแสดงดังรูป 2.2 (ข) จะทำให้จุดต่อ T_3 มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดต่อ T_1 ซึ่งจากการค้นพบของซีเบคและเพลเทียร์ทำให้เกิดการค้นคว้าเกี่ยวกับเทอร์โมอิเล็กทริกต่อมา

2.1.1.1 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

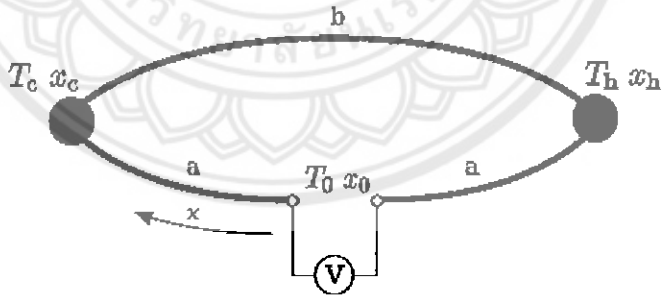
จากการที่พลังงานความร้อนไหลผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล และมีตัวทำความเย็นอยู่อีกด้านหนึ่งของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งมีผลทำให้เกิดมีกระแสในวงจรหรือเกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างขั้วทั้งสองของเทอร์โมอิเล็กทริกปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) ซึ่งค้นพบโดย โธมัส โจฮันน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) ชาวเอสโทเนีย (Estonia) เมื่อปี พ.ศ. 2364 ซีเบคสำเร็จการศึกษาแพทย์จากประเทศเยอรมัน แต่ใช้ชีวิตส่วนใหญ่เป็นนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์



รูปที่ 2.3 ปรากฏการณ์ซีเบค

ที่มา http://www.kmitl.com/article.php?articlecat=3&articleid=43

ซีเบคค้นพบว่าถ้านำโลหะ 2 ชิ้น ที่ต่างชนิดกันมาเชื่อมติดกันแล้วรักษาให้อุณหภูมิทั้งสองข้างของรอยต่อมีความแตกต่างกันจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรหรือเกิดความต่างศักย์คร่อมตัวภาระ ถ้านำตัวภาระมาต่อในวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งก็คือหลักการทำงานของตัววัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิลนั่นเอง



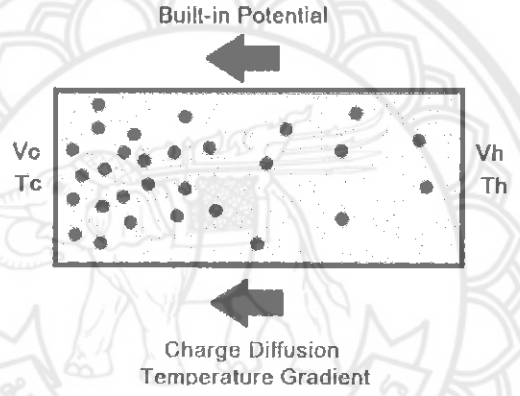
รูปที่ 2.4 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบค

ที่มา http://www.iue.tuwien.ac.at/phd/mwagner/img159.png

จากรูปที่ 2.4 เส้นลวดโลหะสองชนิด (a และ b) ถูกเชื่อมต่อโดยจุดเชื่อมต่อ X_h ซึ่งมีอุณหภูมิสูง (T_h) และจุด X_c ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ (T_c) พาหะไฟฟ้า (Carrier) ในตัวนำจะมีทิศทางการแพร่

ไปในทิศทางเดียวกันกับการถ่ายเทอุณหภูมิตามทิศทาง X ที่บริเวณฝั่งด้านร้อนพาหะจะมีพลังงานสูง จึงพยายามแพร่ไปหาด้านที่เย็นกว่าเพื่อลดพลังงานลงทำให้พาหะไฟฟ้าอยู่ในภาวะสมดุล เนื่องจากลวดตัวนำทั้งสองเป็นโลหะต่างชนิดกันจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การเหนี่ยวนำต่ออุณหภูมิไม่เท่ากัน และทำให้เกิดแรงดันคร่อมจุดเชื่อมต่อทั้งสอง

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในยุคปัจจุบันจะใช้สารกึ่งตัวนำ มาผ่านกระบวนการโด๊ป (Doping) เพื่อให้ได้เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) คือสารกึ่งตัวนำที่มีอิเล็กตรอน (ประจุลบ) เป็นพาหะข้างมาก และชนิดพี (P-type)คือสารกึ่งตัวนำที่มีโฮล (ประจุบวก) เป็นพาหะข้างมาก

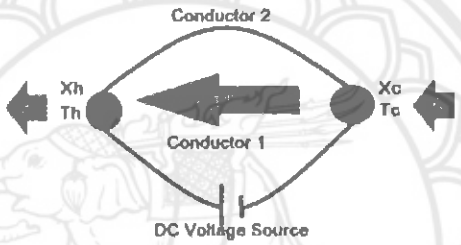


รูปที่ 2.5 แสดงรูปการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากในสารกึ่งตัวนำที่มีอุณหภูมิสองด้านไม่เท่ากัน
ที่มา ชัยธวัช ชูชัย,สรอรรถ ธนูศิลป์. (2555).เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น [1]

พาหะข้างมากของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดจะมีทิศทางการแพร่ (diffusion) เป็นไปตามรูปที่ 2.5 คือพาหะมีการไหลตามทิศทางการถ่ายเทอุณหภูมิจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ การแพร่ของพาหะข้างมากก็จะเกิดการไหลของกระแสกรณีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอนกระแสก็จะไหลในทิศสวนทางกับการแพร่ ในรูปที่ 2.5 ไหลจากซ้ายไปขวา และถ้าหากพาหะข้างมากเป็นโฮลกระแสที่เกิดขึ้นจะไหลทิศทางเดียวกันกับการแพร่ ในรูปที่ 2.5 จะไหลจากขวาไปซ้าย

2.1.1.2 ปรากฏการณ์เพลทิเย(Peltier Effect)

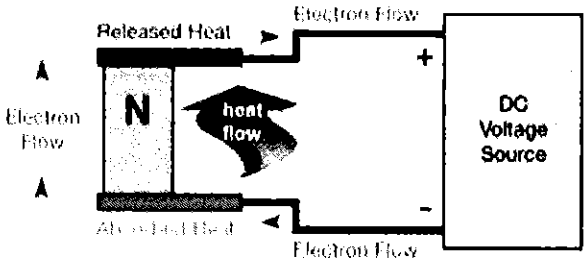
เป็นปรากฏการณ์การแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งตรงกันข้ามกับปรากฏการณ์ซีเบค ปรากฏการณ์เพลทิเยจะเกิดขึ้นเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้กับตัวนำสองชนิดที่ทำการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าโดยพาหะในตัวนำจะทำการเคลื่อนที่ซึ่งในขณะเดียวกันพาหะจะทำการแพร่ความร้อนไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.6 DC Voltage Source ทำให้เกิดการแพร่ของพาหะจากจุด X_c ไปยังจุด X_hทำให้อุณหภูมิที่จุด X_cมีค่าลดลงเท่ากับ T_cและทำให้อุณหภูมิที่จุด X_hมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ Th



รูปที่ 2.6 วงจรการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเย

ที่มา ชัยธวัช ชูชัย,สรอรรถ ธนูศิลป์. (2555).เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น [1]

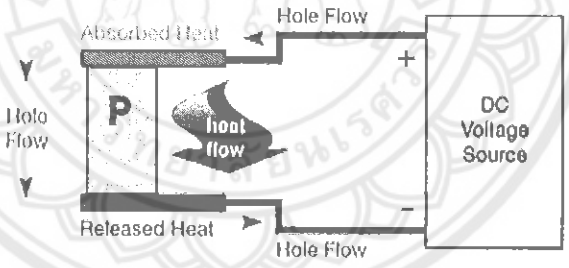
สำหรับสารกึ่งตัวนำนั้นชนิดเอ็นและชนิดพีจะมีทิศทางการถ่ายเทความต่างร้อนกันดังนี้ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) มีอิเล็กตรอนเป็นพาหะข้างมากมีประจุเป็นลบ จากรูปที่ 2.7 เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วลบซึ่งอยู่ด้านล่างเสมือนเป็นการเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนที่อยู่ด้านล่าง อิเล็กตรอนบริเวณนั้นมีพลังงานสูงและจะพยายามแพร่ไปด้านบนเพื่อให้อยู่ในสภาวะสมดุล ระหว่างที่อิเล็กตรอนแพร่ขึ้นไปด้านบนก็จะนำเอาความร้อนที่ถูกดูดเข้ามาบริเวณด้านเย็นขึ้นไปปล่อยออกบริเวณด้านร้อน



รูปที่ 2.7 แสดงการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเยกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

ที่มา http://www.guru3d.com/articles-pages/macs-ma-8200-tec-peltier-vga-cooling,2.html

สารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) มีโฮลเป็นพาหะข้างมากมีประจุเป็นบวก จากรูปที่ 2.8 เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขั้วบวกซึ่งจะอยู่ข้างบนเสมือนเป็นการเพิ่มพลังงานให้กับโฮลที่อยู่ด้านบน โฮลบริเวณนั้นจะมีพลังงานสูงและพยายามเคลื่อนที่ลงด้านล่างเพื่อให้อยู่ในสภาวะสมดุลพลังงานความร้อนที่ดูดซึมมาจากสิ่งแวดล้อมจะถูกโฮลพาลงมาปล่อยที่ด้านร้อน



รูปที่ 2.8 แสดงการเกิดปรากฏการณ์เพลทิเยกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี

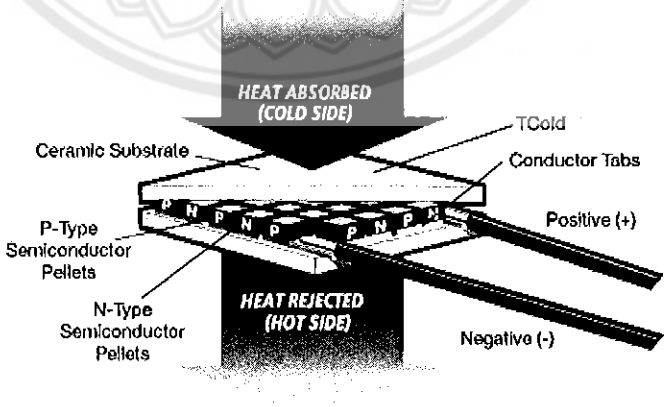
ที่มา http://www.guru3d.com/articles-pages/macs-ma-8200-tec-peltier-vga-cooling,2.html

2.1.2 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric Module)

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจัดเป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ทำความเย็น (Thermoelectric cooler) หรือถูกนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (Thermoelectric generator) วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์

เทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีนั้น ตามหลักควรจะเป็นวัสดุที่มีค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าต่ออุณหภูมิที่สูง หรือมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคมาก ซึ่งคือวัสดุประเภทโลหะกับสารกึ่งตัวนำเนื่องจากมีประจุไฟฟ้าอิสระมาก มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ เป็นสื่อนำได้เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยการเปลี่ยนคืนเป็นความร้อน ปัจจุบันเทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นยังถือว่ามีประสิทธิภาพที่ต่ำมาก และถือว่าต่ำที่สุดในบรรดาวิธีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากความร้อนทั้งหมดแต่เนื่องจากมีข้อเด่นในเรื่องของขนาดที่เล็กมากและไม่มีชิ้นส่วนขยับทำให้ปราศจากมลพิษทางเสียง จึงได้มีกลุ่มวิจัยส่วนหนึ่งยังคงศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกให้ดียิ่งขึ้น

การประกอบวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานเป็นแหล่งพลังงานได้ เริ่มต้นจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ชนิดเอ็น (N type) และชนิดพี (P type) ชิ้นเล็กๆ มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทางไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกถึงตัวสุดท้าย เมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หากมีกระแสไฟฟ้าไหลก็จะครบวงจรพอดี ที่ด้านบนและด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิค ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้เนื่องจากความต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นด้านบนและด้านล่างขึ้นอยู่กับจำนวนคู่ของ เอ็น-พี ในโมดูลนั้น



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

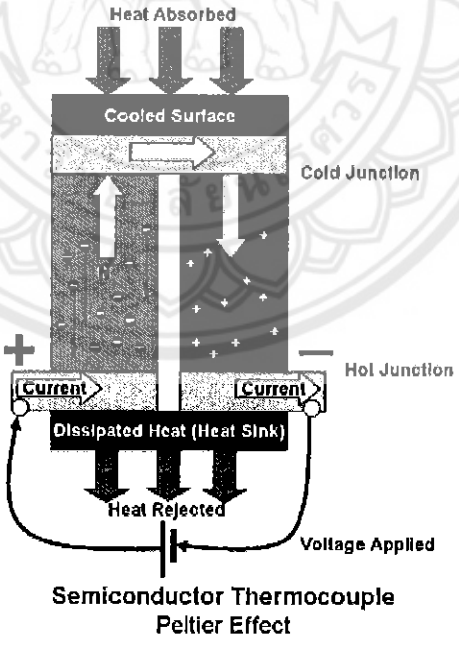
ที่มา http://edge.rit.edu/edge/P07440/public/TEmodule.png

2.1.2.1 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลนั้นมีรูปแบบการลักษณะการทำงานสองแบบดังนี้

ทำงานในรูปแบบ Thermoelectric cooler (TEC)

การทำงานของโหมดนี้พัฒนามาจากปรากฏการณ์เพลทิเย จากรูปที่ 2.10 เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโมดูลซึ่งยกมาอธิบายเพียงหนึ่งคู่พี-เอ็น ในลักษณะนี้จะเป็นการลดพลังงานของพาหะข้างมากของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด กล่าวคือพาหะข้างมากของทั้งชนิดเอ็นและพี จะแพร่จากด้านล่างพร้อมกับดูดความร้อนขึ้นมาด้านบน ทำให้ด้านล่างจะมีอุณหภูมิต่ำ และด้านบนจะมีอุณหภูมิสูง โดยที่กระแสจะไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไหลทิศทางเดียวกันกับพาหะข้างมากในชนิดพีหรือโฮล ผ่านโลหะตัวนำเข้าไปไหลสวนทางกับทิศทางกับพาหะข้างมากในชนิดเอ็นหรืออิเล็กตรอน แล้วเข้าขั้วลบของแหล่งจ่ายในลักษณะทิศทวนเข็มนาฬิกา หากกลับข้างแหล่งจ่ายทิศของกระแสจะกลับข้าง ด้านร้อนจะอยู่ด้านล่าง และด้านเย็นก็จะอยู่ด้านบน

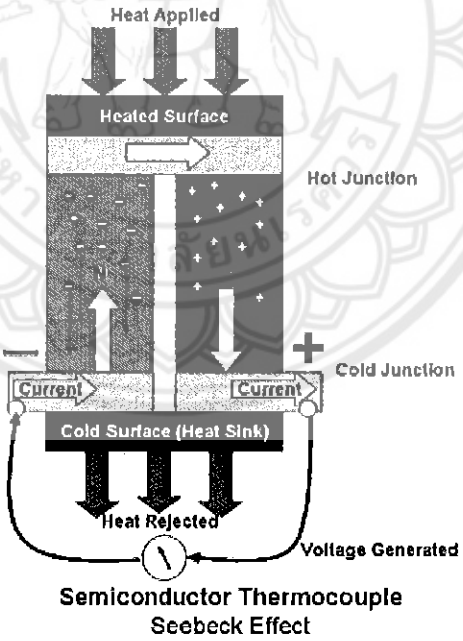


รูปที่ 2.10 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในรูปแบบ TEC

ที่มา http://www.mpoweruk.com/semiconductors.htm

ทำงานในรูปแบบ Thermoelectric generator (TEG)

จะเป็นโหมดที่ใช้ความร้อนไปผลิตกระแสไฟฟ้าจากหลักของปรากฏการณ์ซีเบค โหมดนี้จะทำงานเมื่ออุณหภูมิของทั้งสองข้างของโมดูลเกิดความแตกต่างกัน ยกตัวอย่างการทำงาน จากรูปที่ 2.11 จะให้ความร้อนที่ด้านบนและระบายความร้อนออกมาที่ด้านล่างทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิโดยที่ด้านบนมีอุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้พาหะข้างมากบริเวณนั้นมีพลังงานสูงตามไปด้วย พาหะข้างมากจะแพร่ลงมาด้านล่างที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยพาหะข้างมากอิเล็กตรอนของชนิดเอ็นจะทำให้เกิดกระแสในทิศสวนทางขึ้นด้านบน และพาหะโฮลของชนิดพีจะทำให้เกิดกระแสทิศเดียวกันลงด้านล่าง เมื่อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและมีพีมีโลหะที่นำไฟฟ้ามาเชื่อมเป็นจุดต่อและทำให้เป็นวงจรปิดกระแสจะไหลได้ครบวงจรในทิศตามเข็มนาฬิกา หากทำการสลับข้างด้านที่ให้ความร้อนเป็นด้านล่าง และด้านระบายความร้อนเป็นด้านบนจะทำให้กระแสไหลกับทิศทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.11 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในรูปแบบ TEG

ที่มา http://www.mpoweruk.com/semiconductors.htm

2.1.3 การระบายความร้อน (Heat Rejection)

การระบายความร้อนมีผลต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอย่างมากในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากพลังงานที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็น ดังนั้นถ้าการระบายความร้อนไม่ดี อุณหภูมิสองข้างของโมดูลมีค่าใกล้เคียงกัน ผลก็คือสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาคิดเป็นพลังงานได้น้อย และมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อเทียบกับพลังงานความร้อนที่ใส่เข้าไป

ฮิตซิงก์ (Heat Sink) หรือแผ่นระบายความร้อนนั้น เป็นวัสดุที่ช่วยในการระบายความร้อน จะเป็นวัสดุที่คายความร้อนได้ดีอาทิ อะลูมิเนียม และทองแดง หรือทองแดงผสมอลูมิเนียมซึ่งเราสามารถเห็น Heat Sink ได้ตามตัวไดโอด ทรานซิสเตอร์ หรือซีพียูซึ่งเป็นส่วนที่ทำงานหนักที่สุดในคอมพิวเตอร์โดยการติดแผ่นระบายความร้อนนั้นเราจะใช้ซิลิโคลนซึ่งมีคุณสมบัติในการระบายความร้อนได้ดีเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนระหว่างอุปกรณ์และแผ่นระบายความร้อน ในคอมพิวเตอร์แผ่นระบายความร้อนเกือบทุกตัวที่ติดกับอุปกรณ์จะมีพัดลมเพื่อระบายความร้อนจาก Heat Sink อีกทีหนึ่งซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการระบายความร้อนจาก Heat Sink ได้ดีอีกวิธีหนึ่ง

2.2 ประเภทของระบบการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ [2]

ในการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นมีทั้งระบบแอ็คทีฟ (Active Solar Heater) และระบบแพสสีฟ (Passive Solar Heater) ระบบแอ็คทีฟนั้นจะมีการใช้ปั๊มน้ำแบบใช้ไฟฟ้าในการบังคับการไหลหมุนเวียนของเหลวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน ส่วนระบบแพสสีฟนั้นจะไม่มีปั๊มแต่จะใช้การเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของเหลวที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนแทนสำหรับปริมาณน้ำร้อนที่จะผลิตได้จะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของระบบ นอกจากนั้นปริมาณแสงอาทิตย์ลักษณะการติดตั้งมุมเอียงและทิศทางที่ติดตั้งตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ก็มีผลต่อปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ด้วย

2.2.1 ระบบแอ็คทีฟ (Active Systems)

ระบบแอ็คทีฟเป็นระบบที่มาการใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้า วาล์ว และตัวควบคุม เพื่อบังคับให้น้ำหรือของเหลวที่ใช้ถ่ายเทความร้อนหมุนเวียนในระบบผ่านตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปแล้วจะมีราคาแพงกว่าระบบแพสสีฟแต่ระบบแอ็คทีฟนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแพสสีฟ นอกจากนั้นในด้านการติดตั้งระบบแอ็คทิฟยังติดตั้งง่ายกว่าระบบแพสสีฟ เนื่องจากถังกักเก็บน้ำร้อนในระบบ

แพสสีฟจำเป็นต้องติดตั้งให้อยู่สูงกว่าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์และต้องอยู่ใกล้กันด้วย แต่ระบบแอ็คทีฟนั้นต้องใช้ไฟฟ้าทำให้เสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมากกว่าระบบแพสสีฟ

2.2.2 ระบบแพสสีฟ (Passive Systems)

ระบบนี้จะไม่ใช่ปั๊มในการทำให้ของเหลวที่ใช้ระบบเคลื่อนที่ซึ่งผลดีคือ ไม่มีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อาจเสียได้ ทำให้อายุการใช้งานนานและมีการบำรุงง่ายกว่าระบบแอคทีฟ นอกจากนั้นระบบแฟสสีฟยังมีราคาถูกกว่าระบบแอ็คทีฟ แต่มีข้อเสียตรงที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าระบบแอ็คทีฟนั่นเอง สำหรับเครื่องทำน้ำร้อนในระบบนี้มี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือแบบถาดและแบบท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอน

2.2.2.1 เครื่องทำน้ำร้อนแบบถาด (Batch Heaters)

เครื่องทำน้ำร้อนแบบนี้บางครั้งเรียกว่า แบบกล่องขนมปัง (Bread Box) ซึ่งเป็นเครื่องทำน้ำร้อนในระบบแพสสีฟแบบง่าย ๆ มีส่วนประกอบ คือ จะมีถังกักเก็บน้ำร้อนวางอยู่ในกล่องที่หุ้มฉนวนมีแผ่นสะท้อนแสงภายในกล่องและมีด้านที่หันเข้าหาแสงอาทิตย์เป็นกระจกใส ซึ่งถังกักเก็บความร้อนนั้น อาจจะมีมากกว่า 1 ถังก็ได้ เครื่องทำน้ำร้อนแบบถาดนี้มีราคาถูกและมีอุปกรณ์ไม่มากชิ้น ทำให้มีการบำรุงรักษาง่ายและมีปัญหาระบบที่ใช้งานไม่ได้น้อย ในการติดตั้งเครื่องทำน้ำร้อนประเภทนี้สามารถติดตั้งทั้งบนพื้นและบนหลังคา แต่ในกรณีที่ต้องการติดตั้งบนหลังคาต้องตรวจสอบความแข็งแรงของหลังคาเพราะเครื่องทำน้ำร้อนเมื่อบรรจุน้ำแล้วจะมีน้ำหนักพอสมควร สำหรับถังกักเก็บน้ำร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายในกล่องจะใช้วัสดุพิเศษในการผลิตเนื่องจากวัสดุที่มีน้ำหนักพอสมควร สำหรับถังกักเก็บน้ำร้อนที่ติดตั้งอยู่ภายในกล่องจะใช้วัสดุพิเศษในการผลิตเนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำผิวจะต้องมีการดูดความร้อนที่ดีแต่มีการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีต่ำ

2.2.2.2 ระบบท่อทำความร้อนเทอร์โมไซฟอน (Thermosiphon Systems)

ระบบนี้จะใช้หลักการพาความร้อนตามธรรมชาติคือ น้ำที่ร้อนกว่าจะอยู่ด้านบน ดังนั้นเมื่อทำการติดตั้งถังกักเก็บน้ำร้อนให้อยู่สูงกว่าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำระหว่างตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์กับถังเก็บน้ำร้อน เพราะเมื่อน้ำในตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ ถูกทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะส่งผลให้น้ำจะมีน้ำหนักเบาขึ้นและจะขึ้นไปอยู่ในถังเก็บน้ำร้อนด้านบนตามหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติ ขณะเดียวกันน้ำเย็นที่อยู่ด้านล่างของถังเก็บน้ำร้อนจะไหลไปสู่

ด้านล่างของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนน้ำร้อนที่เคลื่อนที่ขึ้นไปบนถังเก็บน้ำร้อน ในลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดการไหลเวียนขึ้นในระบบมีลักษณะคล้ายกับกาลักน้ำ (Siphon) นั่นเอง ระบบท่อความร้อนเทอร์โมไซฟอนนี้มีประสิทธิภาพดีพอสมควรและยังมีราคาไม่สูงมาก แต่ข้อควรระวังคือ ในการติดตั้งครั้งแรกต้องได้มาตรฐานเพราะระบบจะทำงานไม่ได้ ถ้ามีข้อผิดพลาดจากการติดตั้ง สำหรับในประเทศเมืองหนาวจะมีการป้องกันน้ำแข็งตัว โดยใช้ของเหลวที่มีจุดเยือกแข็งต่ำร่วมกับการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

2.3 ส่วนประกอบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ [3]

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (Collector) และถังเก็บน้ำร้อน (Storage tanks) ในบางระบบอาจมีปั๊มเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบว่าเป็นระบบแบบใด สำหรับรายละเอียดของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์และถังเก็บน้ำร้อน มีดังนี้

2.3.1 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ จะมีรูปร่างลักษณะเป็นกล่อง กรอบหรืออาจเป็นห้องๆ หนึ่ง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านลงมาให้เป็นพลังงานความร้อน แล้วส่งผ่านพลังงานความร้อนที่ได้ให้กับสารตัวกลางที่ไหลอยู่ในท่อ สำหรับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้

1. ผนังโปร่งใสเป็นผิวด้านที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์
2. แผ่นโลหะผิวสีดำหรือสีทึบด้านใน เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับความร้อน
3. มีการหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่ดูดซับไว้รั่วไหลออกจากเครื่อง
4. ท่อหรือทางออกของความร้อน ซึ่งจะเป็นช่องทางนำความร้อนที่กักเก็บไว้ออกไปใช้งานโดยผ่าน
5. ตัวกลาง เช่น น้ำ หรือของเหลวอื่นๆ

โดยทั่วๆ ไป ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ แบบแผ่นเรียบ(Flat-plate collector) แบบหลอดสุญญากาศ (Evacuated-tube collector) และแบบความร้อนรวมศูนย์ (Concentrating collector)

2.3.1.1 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

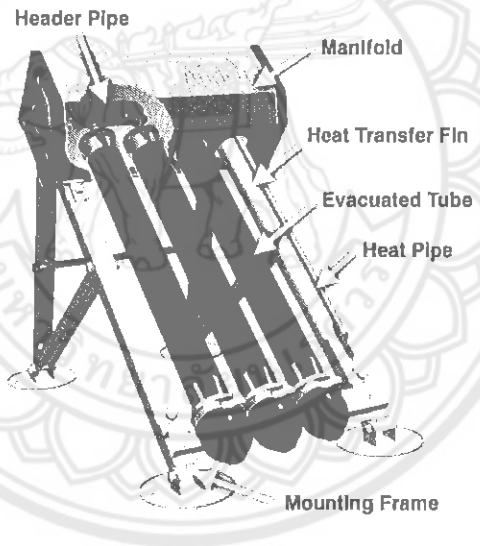
ประกอบด้วยแผ่นดูดซับรังสี ซึ่งเชื่อมติดกับกล่องหุ้มฉนวนกันความร้อน และมีแผ่นปิดด้านบน (โดยมากเป็นกระจก) ดังรูปที่ 2.12 เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน อย่างไรก็ตามแผงรับประเภทนี้ไม่ได้เป็นสุญญากาศ ทำให้ความร้อนถูกปล่อยออกมาได้ง่าย โดยเฉพาะในวันที่มีเมฆมาก การสูญเสียความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทนี้นับเป็นเทคโนโลยีที่เก่าและมีประสิทธิภาพต่ำกว่าแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ประเภทหลอดสุญญากาศ โดยประสิทธิภาพของแผงของแผงจะลดลงเมื่อมีฝุ่นเกาะอยู่ตรงกระจกปิดแผง นอกจากนี้คุณภาพของน้ำจะไม่ค่อยดีเนื่องจากการเกิดของตะกรันในท่อน้ำ

รูปที่ 2.12 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นแบน

ที่มา http://visual.merriam-webster.com/energy/solar-energy/flat-plate-solar-collector_2.php

2.3.1.2 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ

หลอดสุญญากาศดังรูปที่ 2.14 ได้ถูกออกแบบและพัฒนามาจากเทคโนโลยีของแบบแผ่นแบนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น มีอายุการใช้งานนานกว่า 15 ปี ประสิทธิภาพทำความร้อนสูง การสูญเสียความร้อนต่ำ และชุดแผงรับแสงไม่ต้องมีการบำรุงรักษา โดยหลอดแก้วสุญญากาศจะเป็นหลอดแก้ว 2 ชั้น โดยชั้นนอกเป็นหลอดแก้วใสเพื่อให้รังสีดวงอาทิตย์สามารถผ่านได้ ส่วนชั้นในทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับ ซึ่งจะถูกเคลือบด้วยสารดูดรับรังสีแบบพิเศษ ที่มีคุณลักษณะดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดี และมีการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีน้อย สำหรับช่องว่างระหว่างชั้นหลอดแก้วจะมีลักษณะเป็นสุญญากาศซึ่งเป็นฉนวนอย่างดี สามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนจากการนำและการพาความร้อนได้มาก



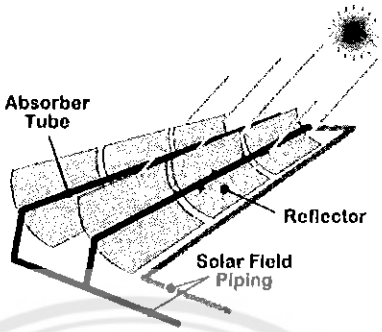
รูปที่ 2.13 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ

ที่มา http://www.apricus.com/html/solar_collector.htm#.Vg-wY_ntlBc

2.3.1.3 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์

จะมีลักษณะเป็นกระจกที่มีรูปทรงโค้งแบบพาราโบลิกดังรูปที่ 2.13 เพื่อทำหน้าที่สะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ให้มารวมที่ท่อ ซึ่งท่อจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวดูดซับและเป็นท่อที่บรรจุสารสำหรับ

แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อถ่ายเทไปยังอุปกรณ์อื่นๆ อีกต่อไป โดยแบบรวมศูนย์จะใช้พื้นที่ในการรับรังสีแสงอาทิตย์มากและใช้ต้นทุนในการสร้างสูง



รูปที่ 2.14 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมศูนย์

ที่มา http://www.energy-fundamentals.eu/17.htm

2.3.2 ผิวด้านที่รับพลังงานแสงอาทิตย์

สามารถใช้วัสดุโปร่งใสใดๆ ก็ได้ในการทำผิวด้านนี้ แต่โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้กระจกใส เนื่องจากกระจกใสสามารถผลิตและหาซื้อได้ง่าย ในการทำเครื่องน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นั้น ควรเลือกใช้กระจกใสที่มีความแข็งแรง ทนทานต่อการแตกร้าวและการขีดข่วนได้ดีพอสมควร เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกและตกกระทบแผ่นดูดซับความร้อน แสงอาทิตย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งคุณสมบัติเด่นของกระจก คือยอมให้แสงผ่านได้ง่ายแต่เป็นฉนวนความร้อนที่ดี ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องทำน้ำร้อนจะถูกกักเก็บไว้

2.3.3 แผ่นดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

ความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องทำน้ำร้อน จะถูกดูดกลืนไว้โดยวัตถุภายในเครื่อง ไม่ว่าวัตถุนั้นจะเป็นแผ่นโลหะ ถังเก็บน้ำ ท่อน้ำ ก้อนอิฐ หรือก้อนหิน ซึ่งวัตถุเหล่านี้ (อาจเรียกรวมๆ ว่ามวลกักเก็บความร้อน หรือ Thermal mass) ควรทาสีดำหรือสีทึบ เนื่องจากวัตถุสีดำหรือสีทึบ จะมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนสูง ยกตัวอย่างง่ายๆ เช่น รถยนต์ที่มีเบาะนั่งสีดำ เมื่อจอดทิ้งไว้กลางแดดไม่เปิดกระจก พลังงานแสงอาทิตย์จะผ่านกระจกเข้ามาในรถและความร้อนจะถูก

ดูดกลืนไว้โดยเบาะนั่งสีดำ ถ้าหากมีคนเข้าไปนั่งจะพบว่า เบาะนั่งจะร้อนมาก ซึ่งหากเบาะนั่งมีสีอ่อนๆ เช่น สีเหลืองหรือสีขาว แสงอาทิตย์จะถูกสะท้อนออกไป ทำให้เบาะนั่งจะร้อนน้อยกว่าเบาะนั่งสีดำ แสดงให้เห็นว่า สีดำหรือสีทึบมีการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ได้ดีวัตถุที่เป็นตัวกลืนรังสีมีความจำเป็นมากในการทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากหากปราศจากตัวดูดกลืนรังสีจะทำให้ระบบการทำความร้อนไม่สามารถผลิตความร้อนมาให้เพียงพอต่อการทำให้น้ำร้อนมีอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

2.3.4 ฉนวนกันความร้อน

ธรรมชาติของความร้อนจะมีการเคลื่อนที่จากที่ร้อนไปยังที่ที่เย็นกว่า หรือที่เรียกกันว่าการถ่ายเทความร้อนนั่นเอง ฉนวนกันความร้อนจะเป็นสิ่งป้องกันความร้อนรั่วไหล หรือเป็นการชะลอการรั่วไหลของความร้อนเนื่องจากฉนวนกันความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ป้องกันไม่ให้ความร้อนภายในเครื่องทำน้ำร้อนรั่วไหลออกมาภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า จึงถือว่าฉนวนกันความร้อนเป็นอุปกรณ์สำคัญในเครื่องทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทุกแบบ

2.3.5 ท่อหรือทางออกของความร้อน

เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกใสเข้ามาในเครื่องทำน้ำร้อน โดยมีตัวดูดซับความร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนและมีฉนวนกันความร้อนในการป้องกันความร้อนรั่วไหลแล้ว อุปกรณ์ที่สำคัญอีกอุปกรณ์หนึ่งคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนไปยังที่ที่ต้องการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ในการปรับอากาศต้องมีช่องลม ท่อลม และพัดลมในการที่จะนำอากาศที่ได้รับการปรับอุณหภูมิแล้วไปยังส่วนต่างๆ ของอาคาร ในการทำน้ำร้อนไปใช้งานก็เช่นกัน ต้องมีท่อน้ำ ปั๊มน้ำ และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ที่ใช้ในการนำน้ำร้อนไปยังถังเก็บหรืออุปกรณ์ที่ต้องการใช้ความร้อนจากน้ำร้อน

2.3.6 ถังเก็บน้ำร้อน (Storage Tank)

ถังเก็บน้ำร้อน จะเป็นถังแบบปิดนิยมทำด้วยแสตนเลสอย่างดีที่ไม่เป็นสนิม มีฉนวนหุ้มป้องการสูเสียความร้อนหรือให้มีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ถังเก็บน้ำร้อนนี้จะถูกออกแบบภายในให้สามารถเก็บและจ่ายน้ำร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแยกส่วนไม่ปะปนกันระหว่างน้ำร้อนกับน้ำเย็น ซึ่งท่อน้ำร้อนเข้าถังจะต้องอยู่ส่วนบนของถังและท่อน้ำเย็นออกจากถังจะอยู่ส่วนล่าง

ของถัง ทุกชิ้นส่วนสามารถประกอบเข้าด้วยกัน และเชื่อมต่อด้วยท่อทองแดงหุ้มฉนวนอย่างดี ข้อต่อทุกจุดจะใช้ชนิดทนแรงดันสูงกันการรั่วซึม นอกจากนี้จะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ได้ ฟองอากาศ (Air vent) ไว้ในส่วนบนของถัง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[4] นพพร พัชรประกิติ (2548) ได้ออกแบบการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสด้วยอุปกรณ์ทำความเย็นเพลเทียร์หรือเทอร์โมอิเล็กทริกตามปรากฏการณ์ซีเบ็ค ซึ่งได้พลังงานเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กทริกจะถูกนำไปปรับแรงดันด้วยวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งการปรับระดับแรงดันควบคุมทำได้ด้วยเทคนิคมอดูเลทความกว้างพัลส์ (PWM) ที่ความถี่ 2- 20 กิโลเฮิร์ต เพื่อทำการควบคุมจังหวะการปิด-เปิดของสวิตซ์ และพลังงานที่ปรับแรงดันแล้วจะนำไปอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยหลักการอัดประจุแบบแรงดันคงที่ ทดสอบวงจรโดยใช้แผงเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 12 โวลต์ 12 ตัวกับแหล่งความร้อนสองชนิด คือ ชนิดโหลดความร้อนคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิประมาณ 50°C (ผลต่างอุณหภูมิ 10° C) กำลังไฟฟ้าที่ได้ 2.1 วัตต์ และชนิดโหลดความร้อนฮิตเตอร์อุณหภูมิ 90° C (ผลต่างอุณหภูมิ 40° C) กำลังไฟฟ้าที่ได้ 4.05 วัตต์ ซึ่งโหลดความร้อนทั้งสองชนิดสามารถนำไปอัดประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ได้

[5] จารุวัฒน์ เจริญจิต (2555) ได้ทำการศึกษาศักยภาพเชิงอุณหภูมิของการผลิตน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรม โดยบทความนี้ได้นำเสนอการใช้ประโยชน์จากการผลิตน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ ในกระบวนการทางความร้อนภาคอุตสาหกรรม บนตัวแปรของอุณหภูมิน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ (<100°C) และช่วงอุณหภูมิปานกลาง (100-400°C) แปรผันตาม ค่าประสิทธิภาพเชิงรังสี $F_R(\tau\alpha)$ และค่าการสูญเสียความร้อน $-F_RU_L$ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการเปรียบเทียบสมรรถนะตัวเก็บรังสีแบบต่างๆ เมื่อนำอุณหภูมิน้ำร้อนที่สามารถผลิตได้ มาพิจารณาร่วมกับข้อมูลช่วงอุณหภูมิที่ต้องการในอุตสาหกรรมต่างๆ พบว่าตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบ (FPC) เหมาะสำหรับใช้เป็นแหล่งความร้อนช่วงอุณหภูมิต่ำ โดยที่ตัวเก็บรังสีแบบท่อสุญญากาศ (ETC) และตัวเก็บรังสีแบบซีพีซี (CPC) เหมาะสำหรับใช้เป็นแหล่งความร้อนช่วงอุณหภูมิปานกลาง ในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเป็นเทคโนโลยีที่ควรมีการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพให้สูงขึ้นเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการลดการปล่อยมลพิษ และก๊าซเรือนกระจก ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

บทที่ 3

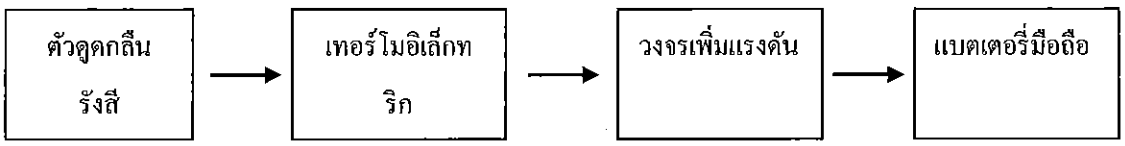
วิธีดำเนินโครงงาน

จากบทที่ 2 ทำให้เราทราบหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน ซึ่งบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ทางผู้ดำเนินงานได้ออกแบบผลิตเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ เนื่องจากสามารถนำเทอร์โมอิเล็กทริกนำไปติดตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่อยู่ภายในตัวเครื่องได้ ด้วยลักษณะพื้นผิวของตัวดูดกลืนรังสีที่มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ ทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกแนบสนิทกับตัวดูดกลืนรังสีทำให้เหมาะต่อการทดลอง ซึ่งเนื้อหาและรายละเอียดของโครงงานมีดังนี้

1) แผนการดำเนินงาน
2) ขั้นตอนการทำเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ
3) ขั้นตอนการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์
4) ขั้นตอนการชาร์จแบตเตอรี่มือถือ

3.1 แผนการดำเนินงาน

โครงงานนี้มีแนวคิดที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกโดยอาศัยความร้อนจากตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ นำมาให้พลังงานความร้อนแก่เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้านำไปชาร์จแบตเตอรี่ลิเทียมขนาด 3.7 โวลต์ 1000 mAh ได้ จึงได้ออกแบบระบบโดยใช้วงจรบูสคอนเวิร์สเตอร์เพื่อเพิ่มให้มีแรงดันที่สามารถทำการชาร์จแบตเตอรี่ได้ซึ่งอุปกรณ์ประกอบไปด้วย ตัวดูดกลืนรังสีเทอร์โมอิเล็กทริก วงจรเพิ่มแรงดัน และแบตเตอรี่ลิเทียม และมีแผนผังการทำงานของระบบดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบ

3.2 ขั้นตอนการทำเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ

ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการออกแบบเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นเรียบ โดยการทำตัวเครื่องจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.2.1 ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar Collector)

คือส่วนประกอบที่เป็นตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยกัน 4 ส่วน ดังนี้

3.2.1.1 กรอบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Collector Casings)

สำหรับตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทางผู้ดำเนินโครงงานได้ใช้กรอบอลูมิเนียมชนิดแผ่นเรียบขนาดความสูง 4นิ้ว กรอบมีหน้าที่ป้องกันตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ฉนวนจากความชื้นความเสียหายทางกลได้ และเป็นตัวรับน้ำหนักของกระจกกรอบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำจากอลูมิเนียม หากกรอบด้านหลังและด้านข้างขึ้นรูปจากแผ่นวัสดุบาง กรอบอาจได้รับความเสียหายทะลุถึงชั้นฉนวนได้ในระหว่างประกอบติดตั้ง แม้จะไม่ส่งผลต่อการทำงานของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยฉนวนนี้มีลักษณะเป็นรูปิดและน้ำฝนไม่สามารถซึมผ่านเข้ามาในกรอบได้

รูปที่ 3.2 กรอบของตัวเก็บรังสีอาทิตย์

3.2.1.2 ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Absorber)

สำหรับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทางผู้ดำเนินโครงงานได้ใช้แผ่นตัวดูดกลืน 2 ชนิด โดยใช้ตัวดูดรับแสงแบบแผ่นเหล็กในตอนแรกและปรับปรุงเป็นตัวดูดแสงแบบแผ่นอลูมิเนียม เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ต้องการ

3.2.1.2.1 ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเหล็ก

ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้เหล็กขนาดกว้าง 81.5 ซม. ยาว 109 ซม.หนา 0.2 ซม. เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ภายในตัวเครื่อง ทาด้วยสีดำ เพื่อเพิ่มประสิทธิการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากวัสดุเหล็กมีราคาที่ไม่สูงมากนัก ทำการทดลองและวัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุเหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

รูปที่ 3.3 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบเหล็ก

3.2.1.2.2 ตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์แผ่นอลูมิเนียม

ผู้ดำเนินโครงงานได้ปรับเปลี่ยนตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์เป็นแบบอลูมิเนียมขนาดกว้าง 109 ซม. ยาว 81.5 ซม. หนา 0.14 ซม. ทาด้วยสีดำ เพื่อเพิ่มประสิทธิการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ขนาดทำการทดลองและวัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุอลูมีเนียมเป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

รูปที่ 3.4 แผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์แบบอลูมิเนียม

3.2.1.3 ท่อหรือทางออกของความร้อน

ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ท่อทองแดง ทาด้วยสีดำ เพื่อเพิ่มประสิทธิการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เนื่องจากท่อทองแดงมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สูง สามารถนำความร้อนได้เร็ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 5/8 นิ้ว ยาว 1 เมตรจำนวน 7 ท่อต่อกันแบบขนานวางตามแนวยาวของเครื่อง

รูปที่ 3.5 ท่อทองแดง

i7196611 ป ณ342ก 2558
12 มี.ค. 2560
หอสมุด

3.2.1.4 ฉนวนกันความร้อน

ในขั้นแรกทางผู้ดำเนินโครงงานได้ใช้ฉนวนบางติดทางด้านหลังของตัวเก็บรังสีและทำการวัดผลการทดลอง และได้ปรับเปลี่ยนเป็นฉนวนโฟมขนาดหนา 2 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นสะท้อนแสง การเพิ่มความหนาฉนวนให้มากขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นเล็กน้อย

รูปที่ 3.6 ฉนวนกันความร้อน

3.2.2 ถังเก็บน้ำร้อน

ถังเก็บน้ำร้อนจะแยกออกจากส่วนตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ถังเก็บน้ำร้อนแบบทั่วไปมีการสูญเสียความร้อนสูง เพื่อจำกัดไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากถังเก็บความร้อนมากเกินไป จึงได้ทำการหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วความหนา 50 mmความจุของถังมีขนาด 60 ลิตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถังภายใน 36 cm สูง 60 cm

รูปที่ 3.7 ตัวถังที่หุ้มฉนวน

รูปที่ 3.8 เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

3.3 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

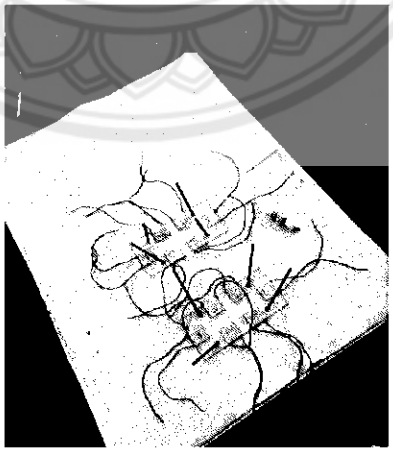
ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกซึ่งผลิตไฟฟ้าจากความแตกต่างของอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็น รุ่น TEC1-12706 จำนวน 12 ตัวนำมาต่อแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด ขนานกัน เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการทำงานของวงจรเพิ่มแรงดัน โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

3.3.1 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อนำไปใช้งานจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้

3.3.1.1 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์แบบอลูมิเนียม โดยทำการทาซิลิโคนที่เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อทำให้หน้าสัมผัสของเทอร์โมอิเล็กทริกสัมผัสกับตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ได้แนบสนิทมากขึ้น ซิลิโคนยังเป็นตัวกลางในการส่งผ่านความร้อนจากตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ไปยังเทอร์โมอิเลิกทริก ทำให้ความร้อนถ่ายเทจากแผ่นดูดกลืนรังสีมายังเทอร์โมอิเล็กทริกได้ดีขึ้น



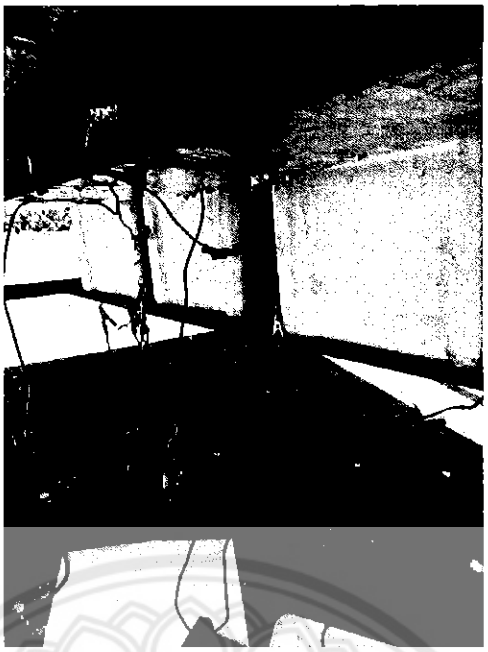
รูปที่ 3.9 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์

3.3.1.2 การติดตั้งตัวระบายความร้อน

ผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้ตัวระบายความร้อนหรือฮิตซิงค์ขนาดกว้าง 5 นิ้ว ยาว 7 นิ้ว สูง 2.5นิ้วเพื่อช่วยลดอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นซึ่งฮิตซิงค์เหมาะกับโครงงานที่จะต้องทำให้ 2 ฝั่งของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าอุณหภูมิที่ต่างกันในการผลิตไฟฟ้า โดยคุณสมบัติฮิตซิงค์คือ เพิ่มพื้นที่สัมผัสอากาศ ทำให้การพาความร้อนจากตัวอุปกรณ์สู่อากาศโดยรอบทำได้เร็วขึ้น โดยผู้ดำเนินโครงงานได้เลือกใช้ฮิตซิงค์อลูมีเนียม เนื่องจากมีน้ำหนักเบามีราคาที่ไม่สูงมากนัก และทำการวัดผลการทดลอง

รูปที่ 3.10 การติดตั้งตัวระบายความร้อน

หลังจากวัดผลการทดลองทางผู้ดำเนินโครงการได้ทำการทดลองด้วยการระบายฮิตซิงค์ด้วยการนำฮิตซิงค์จุ่มลงในน้ำใส่โฟม เพื่อช่วยให้อุณหภูมิของฮิตซิงค์เพิ่มอย่างช้าๆ ปริมาณน้ำที่ใช้ระบายมีผลต่ออุณหภูมิฮิตซิงค์ ถ้าน้ำมีปริมาณมากก็จะทำให้อุณหภูมิฮิตซิงค์เพิ่มค่อนข้างช้า และทำการวัดผลการทดลอง

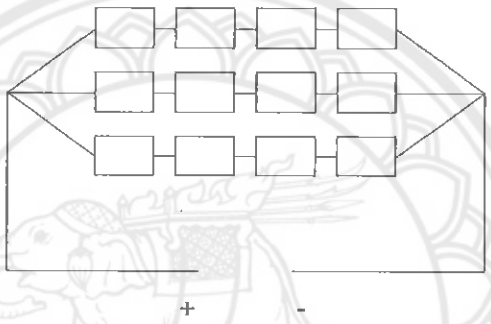


รูปที่ 3.11 การระบายความร้อนฮีตซิงค์ด้วยโฟมใส่น้ำ

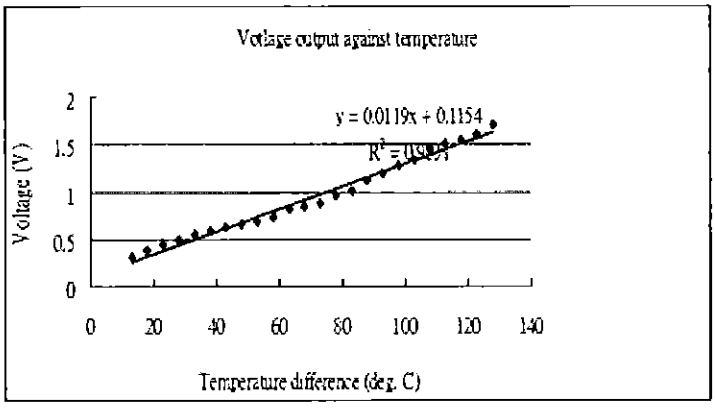
มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.3.1.3 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อการใช้งาน

ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อทดสอบแรงดันและกระแสที่ทำให้วงจรเพิ่มแรงดันทำงานและชาร์จแบตเตอรี่มือถือในรูปแบบการต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 12 ตัว ต่ออนุกรม 4 ตัว เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและนำทั้ง 3 ชุด นำมาต่อแบบขนานกันเพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า ทำการวัดผลการทดลองเพื่อทดสอบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการทำงานของวงจรเพิ่มแรงดัน



รูปที่ 3.12 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด นำมาต่อแบบขนานกัน



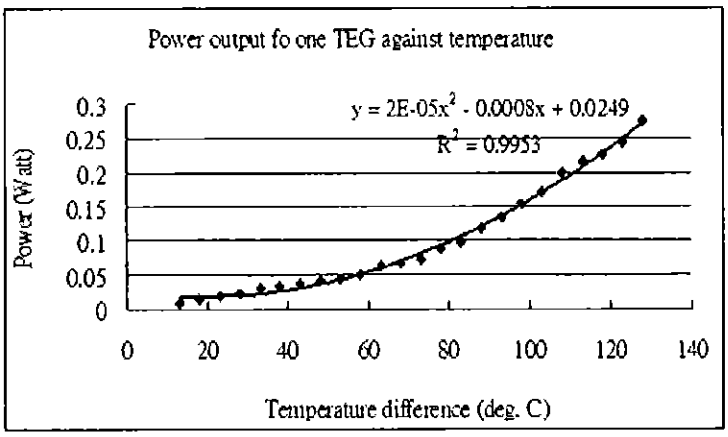
รูปที่ 3.13 กราฟแสดงผลแรงดันเอาท์พุตต่ออุณหภูมิผลต่างของ TEC1-12706

ที่มา Yip Wai Nam, (2012). **Thermoelectric materials and devices**. Bachelor of science (HONS) in applied physics. City university of Hong Kong. [6]

ทำการคำนวณแรงดันเอาท์พุตจากกราฟงานวิจัยในรูปที่ 3.13 สมการจากกราฟงานวิจัยคือ $y = 0.0119x + 0.1154$ นำมาคำนวณแรงดันเอาท์พุตของเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 ตัว เมื่ออุณหภูมิผลต่างที่ประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ $y = (0.0119\times25) + 0.1154 = 0.413$ V และเมื่ออุณหภูมิผลต่างที่ประมาณ 30°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ $y = (0.0119\times30) + 0.1154 = 0.473$ V

ผลจากการคำนวณแรงดันเอาท์พุตของ TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 0.413 V และที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C ผลจากการคำนวณจะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 0.473 V

เมื่อทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด และนำมาขนานกันทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 3.12 ผลจากการคำนวณแรงดันเอาท์พุตของ TEC1-12706 ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตจากการอนุกรม 4 ตัว เท่ากับ $0.413\times4 = 1.652$ V และที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C ผลจากการคำนวณจะได้แรงดันเอาท์พุตจากการต่ออนุกรม 4 ตัว เท่ากับ $0.473\times4 = 1.892$ V



รูปที่ 3.14 กราฟแสดงผลกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตต่ออุณหภูมิผลต่างของ TEC1-12706 ต่อโหลด 10 โอห์ม

ที่มา ที่มา Yip Wai Nam, (2012). **Thermoelectric materials and devices**. Bachelor of science (HONS) in applied physics. City university of Hong Kong. [6]

ทำการคำนวณกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตจากกราฟงานวิจัยในรูปที่ 3.14 สมการจากกราฟงานวิจัย คือ $y = 2E\text{-}05x^2 - 0.0008x + 0.0249$ นำมาคำนวณกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตของเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 1 ตัว เมื่ออุณหภูมิผลต่างที่ประมาณ 25°C จะได้กำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ $y = 2E\text{-}05(25^2) - 0.0008(25) + 0.0249 = 0.0174$ W และเมื่ออุณหภูมิผลต่างที่ประมาณ 30°C จะได้กำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ $y = 2E\text{-}05(30^2) - 0.0008(30) + 0.0249 = 0.0189$ W

ผลจากการคำนวณกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตของ TEC1-12706 จำนวน 1 ตัวที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้กำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ 0.0174 W และที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C ผลจากการคำนวณจะได้กำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ 0.0189 W

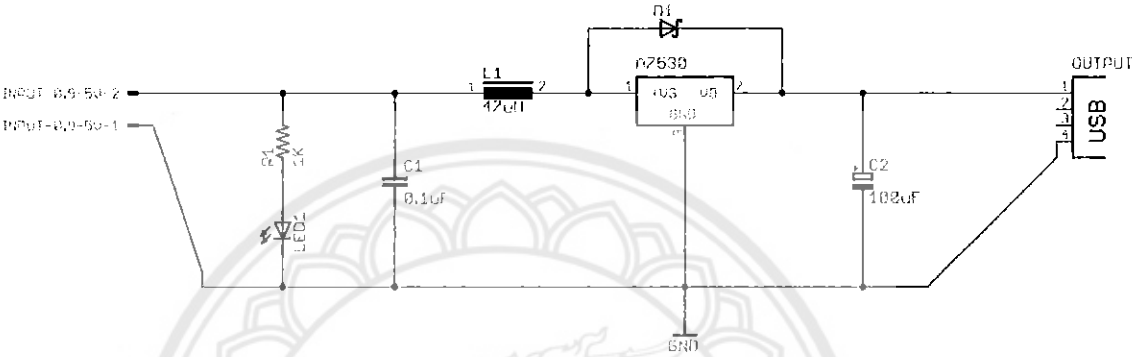
จากผลการคำนวณแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุตและกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตของ TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว นำมาคำนวณกระแสเอาท์พุต นำกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณจากกราฟงานวิจัย 3.14 และแรงดันเอาท์พุตจากการคำนวณจากกราฟงานวิจัย 3.13 ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C คำนวณกระแสเอาท์พุตจากสูตร $I = \frac{P}{V} = \frac{0.0174}{0.413} = 0.042$ A ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C คำนวณกระแสเอาท์พุตจากสูตร $I = \frac{P}{V} = \frac{0.0189}{0.473} = 0.046$ A

เมื่อทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด และนำมาขนานกันทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 3.12 ผลจากการคำนวณกระแสเอาท์พุตของ TEC1-12706 จะได้กระแสเอาท์พุตจากการต่อขนานทั้ง 3 ชุด ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้กระแสเอาท์พุตทั้งหมดเท่ากับ 0.042×3 = 0.126 A ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30 °C คำนวณกระแสเอาท์พุตทั้งหมดจะได้เท่ากับ 0.046×3 = 0.138 A

ทำการคำนวณแรงดันเอาท์พุตและกระแสไฟฟ้าเอาท์พุตจากการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอนุกรม 4 ตัว 3ชุด และนำมาขนานกันทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 3.12 ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตทั้งหมดจากการต่ออนุกรม 4 ตัว เท่ากับ 0.413×4 = 1.652 V และกระแสเอาท์พุตทั้งหมดจากการต่อขนานกันทั้ง 3 ชุด เท่ากับ 0.042×3 = 0.126 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ P = VI = 1.652×0.126 = 0.208 W และที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C จะได้แรงดันเอาท์พุตทั้งหมดเท่ากับ 0.473×4 = 1.892 V และกระแสเอาท์พุตทั้งหมดเท่ากับ 0.046×3 = 0.138 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ P = VI = 1.892×0.138 = 0.261 W

3.3.2 การต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่

ผู้ดำเนินโครงงานทำการทดลองนำแรงดันและกระแสที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก นำไปต่อวงจรเพิ่มแรงดัน ตัววงจรใช้ IC A7530 แรงดันอินพุต 0.9- 5.0 โวลท์ แรงดันเอาท์พุตคงที่ 5 โวลท์ และทำการวัดผลการทดลอง



รูปที่ 3.15 วงจรเพิ่มแรงดัน

C1 คือตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เรียงกระแสขาเข้าให้เรียบ

C2 คือตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เรียงกระแสขาออกให้เรียบ

LED1 คือแอลอีดีแสดงผลให้รู้ว่าวงจรทำงาน

D1 คือไดโอดป้องกันกระแสไหลย้อนกลับ

L1 คือ ตัวเหนี่ยวนำซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงกระแสเพื่อไม่ให้แรงดันเข้าไอซีตก

IC A7530 คือ ไอซีทำหน้าที่เพิ่มแรงดันจากแรงดันอินพุต 0.9 ถึง 5 โวลต์แรงดันเอาท์พุตเป็น 5 โวลต์

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะเป็นการเก็บวัดผลการทดลองของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ แรงดันและกระแสที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก จากการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกในรูปแบบต่างๆ และค่าอุณหภูมิภายในตัวเก็บรังสีที่มีผลต่อการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริก โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

2.วัดผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ โดยการเปลี่ยนตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เป็นอลูมิเนียมและเพิ่มความหนาของฉนวน

3.วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

4.1 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

ผู้ดำเนินโครงงานได้วัดผลอุณหภูมิต่างๆ ภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และวัดผลของน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อน ทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 16.00 น.

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

เวลา	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นเหล็ก}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	31	55	65	45
10.30	32	62	66	46
11.00	34	63	70	47
11.30	35	70	74	48
12.00	35	62	77	48
12.30	35	61	73	48
13.00	34	50	53	49
13.30	33	42	47	49
14.00	35	70	75	49
14.30	34	61	66	49
15.00	33	58	62	49
15.30	34	56	62	50
16.00	34	45	51	50

ผลการทดลอง ได้อุณหภูมิแผ่นเหล็กที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 77 องศา และได้น้ำร้อนที่สามารถนำไปใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 50 องศา ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องทำน้ำร้อนแบบแผ่นเรียบสามารถผลิตน้ำร้อนออกมาได้ 60-70 องศา เนื่องจากเหล็กมีสัมประสิทธิ์ภาพการนำความร้อนต่ำ

4.2 วัดผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์โดยการเปลี่ยนตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์เป็นอลูมิเนียม และเพิ่มความหนาของฉนวน

ผู้ดำเนินโครงงานได้วัดผลอุณหภูมิต่างๆ ภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และวัดผลของน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อน ทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 16.00 น.

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เปลี่ยนตัวดูดรังสีเป็นอลูมิเนียม

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	31	62	66	44
10.30	31	63	71	45
11.00	33	63	74	49
11.30	34	66	75	50
12.00	34	68	77	52
12.30	34	70	80	53
13.00	35	73	84	55
13.30	35	75	86	56
14.00	36	77	87	56
14.30	36	78	87	57
15.00	37	80	85	58
15.30	37	78	79	59
16.00	36	77	74	60

ผลการทดลองการปรับปรุง ได้อุณหภูมิแผ่นอลูมิเนียมสูงสุดที่ประมาณ 87 องศา และได้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 60 องศา เนื่องจากแผ่นอลูมิเนียมมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูงกว่า ทำให้แผ่นอลูมีเนียมมีอุณหภูมิที่สูงกว่าและสามารถนำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถให้ความร้อนแก่ท่อทองแดงได้เร็วกว่า มีผลทำให้น้ำในท่อทองแดงมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในท่อทองแดงจึงเคลื่อนตัวเข้าสู่ถังได้เร็วขึ้น ทำให้ได้น้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น

4.3 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์แบบอะลูมิเนียมและได้ทำการทดลองวัดผลอุณหภูมิภายในเครื่องทำน้ำร้อน 3 แบบดังนี้

4.3.1 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีน้ำในระบบ ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก ต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด ขนานกัน

4.3.2 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีน้ำในระบบ ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก ต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด ขนานกัน

4.3.3 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีน้ำในระบบ และระบายฮีตซิงค์ด้วยโฟมใส่น้ำ ต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด ขนานกัน

4.3.1 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไม่มีน้ำในระบบ ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

ทำการวัดผลอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง วัดผลอุณหภูมิแผ่นอลูมิเนียมหรืออุณหภูมิด้านร้อน และวัดอุณหภูมิฮิตซิงค์หรืออุณหภูมิฝั่งเย็น โดยทำการวัดทุกๆ 30 นาที และการทดลองใช้เวลาตั้งแต่ 10.00 น. ถึง 16.00 น.

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีที่ไม่มีน้ำในระบบ

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	31	59	70	58	37
10.30	31	65	74	65	39
11.00	32	70	85	68	42
11.30	32	73	95	76	46
12.00	34	75	97	80	49
12.30	34	81	95	81	51
13.00	36	83	100	86	52
13.30	38	85	102	87	51
14.00	38	81	97	84	50
14.30	38	85	95	81	48
15.00	38	72	89	72	48
15.30	37	64	85	69	46
16.00	36	63	78	63	43

T_I= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{II}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ได้อุณหภูมิสูงสุดของแผ่นอลูมิเนียมที่ 102 องศา อุณหภูมิสูงสุด ณ เวลา 13.30 น. และอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 87 องศา

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีไม่มีน้ำในระบบ

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	21	1.95	0.30	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	26	2.20	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	26	2.25	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	30	2.40	0.42	3.73	0.04	0.1492
12.00	31	2.46	0.43	3.74	0.04	0.1496
12.30	30	2.41	0.42	3.73	0.04	0.1492
13.00	34	2.53	0.44	3.76	0.04	0.1504
13.30	36	2.66	0.47	3.77	0.04	0.1508
14.00	34	2.52	0.43	3.74	0.04	0.1496
14.30	34	2.51	0.43	3.74	0.04	0.1496
15.00	24	2.10	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	23	2.03	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	20	1.96	0.27	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{III}

ผลการทดลองที่ได้คือ ได้อุณหภูมิผลต่างสูงสุดที่ 36 องศา เป็นอุณหภูมิผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 13.30 น. ผลการชาร์จมือถือเมื่อต่อวงจรเพิ่มแรงดัน สามารถชาร์จมือถือได้ ณ เวลา 11.30 น. ถึง 14.00 น. วงจรจะทำงานเมื่อมี V_{oc}มากกว่า 2.40 โวลท์และ I_{sc}มากกว่า 0.4 แอมป์ แรงดันขณะชาร์จมากกว่า 3.7 โวลท์ และได้กระแสขณะชาร์จที่40 มิลลิแอมป์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าได้ 0.15 วัตต์

4.3.2 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีน้ำในระบบ ที่ติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบ

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	44	33	52	68	54	38
10.30	46	34	55	71	56	37
11.00	48	34	59	74	66	43
11.30	50	35	65	79	70	45
12.00	51	35	70	83	76	50
12.30	53	36	71	87	78	51
13.00	55	37	74	98	84	56
13.30	55	37	77	92	82	54
14.00	56	37	78	87	77	50
14.30	57	37	77	85	79	50
15.00	58	37	73	82	74	50
15.30	58	37	69	77	69	50
16.00	59	37	68	76	65	49

T_1= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{H1}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ผลการทดลองที่วัดได้ อุณหภูมิสูงสุดของแผ่นอลูมิเนียมที่ 98 องศา อุณหภูมิสูงสุด ณ เวลา 13.00 น. และอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 84 องศา

ตารางที่ 4.6 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบ

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	16	1.65	0.20	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	19	1.83	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	23	2.10	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	25	2.06	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	26	2.13	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.30	27	2.18	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.00	28	2.23	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.30	28	2.20	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.00	27	2.17	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.30	29	2.21	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	24	2.08	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	19	1.80	0.25	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	16	1.75	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ผลการทดลองเมื่อเติมน้ำเข้าระบบไม่สามารถชาร์จมือถือได้ เนื่องจากวงจรไม่ทำงาน เนื่องจาก V_{oc}และ I_{sc}มีค่าไม่สูงพอที่ทำให้วงจรทำงานเป็นผลมาจากอุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์มีค่าสูงไม่เท่ากับระบบที่ไม่ได้เติมน้ำเป็นผลเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ไปยังท่อทองแดงที่มีน้ำอยู่ภายใน ทำให้แผ่นดูดกลืนรังสีมีค่าอุณหภูมิตกลงทำให้ผลต่างระหว่างสองฝั่งของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าน้อย ทำให้ไม่สามารถชาร์จมือถือได้

4.6 วัดผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ

ตารางที่ 4.7 ผลการวัดเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	42	32	55	63	48	31
10.30	44	32	58	68	56	32
11.00	48	36	73	86	66	42
11.30	51	36	73	85	68	43
12.00	55	37	74	85	74	44
12.30	57	37	77	87	75	44
13.00	58	37	78	92	76	45
13.30	61	38	82	98	79	47
14.00	62	38	85	96	79	48
14.30	62	37	79	90	70	50
15.00	62	37	78	79	68	52
15.30	63	36	73	78	65	53
16.00	63	35	68	75	61	54

T_1= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{H1}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ได้อุณหภูมิสูงสุดของแผ่นอลูมิเนียมที่ 98 องศา อุณหภูมิสูงสุด ณ เวลา 13.30 น. และอุณหภูมิด้านร้อนสูงสุดอยู่ที่ 79 องศา

ตารางที่ 4.8 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือ

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	17	1.89	0.28	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	24	2.04	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	24	2.21	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	25	2.32	0.37	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	30	2.40	0.41	3.73	0.04	0.1492
12.30	31	2.42	0.41	3.74	0.04	0.1496
13.00	31	2.45	0.43	3.76	0.04	0.1504
13.30	32	2.42	0.42	3.74	0.04	0.1496
14.00	31	2.46	0.41	3.69	0.04	0.1476
14.30	20	1.83	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	16	1.65	0.29	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	12	1.54	0.26	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	7	1.38	0.14	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ผลการทดลองที่ได้คือ ได้อุณหภูมิผลต่างสูงสุดที่ 32 องศา เป็นอุณหภูมิผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 13.30 น. ผลการชาร์จมือถือเมื่อต่อวงจรเพิ่มแรงดัน สามารถชาร์จมือถือได้ ณ เวลา 12.00 น. ถึง 14.00 น. วงจรจะทำงานเมื่อมี **Voc** มากกว่า 2.40 โวลท์และ **Isc** มากกว่า 0.4 แอมป์ มีแรงดันขณะชาร์จมากกว่าหรือใกล้เคียง 3.7 โวลท์ และได้กระแสขณะชาร์จที่ 40 มิลลิแอมป์สามารถชาร์จมือถือได้เนื่องจากฮิตซิงค์ที่ระบายด้วยกล่องโฟมใส่น้ำ มีอุณหภูมิที่ต่ำเนื่องจากฮิตซิงค์มีการถ่ายเทความร้อนไปยังน้ำในกล่องโฟมทำให้ฮิตซิงค์ร้อนได้ช้าขึ้นแต่มีข้อเสียคือฮิตซิงค์จะร้อนขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปน้ำในกล่องโฟมจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการถ่ายเทความร้อนจากฮิตซิงค์สู่น้ำภายในกล่องโฟม

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล ชี้แจงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการทำโครงงานไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ทางกลุ่มผู้ดำเนินโครงงานได้ออกแบบสร้างเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองได้น้ำร้อนสะสมที่ถังเก็บน้ำร้อนประมาณ 60 องศา ณ เวลา 16.00 น. สามารถนำน้ำร้อนไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ หลังจากนั้นเมื่อทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอนุกรม 4 ตัว 3 ชุด และขนานกันทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 3.12 ผลจากการคำนวณที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 1.652 V กระแสเอาท์พุตเท่ากับ 0.126 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ 0.208 W ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 1.892 V กระแสเอาท์พุตเท่ากับ 0.138 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ 0.261 W และผลจากการทดลองเมื่อทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกอนุกรม 4 ตัว 3 ชุดและนำมาขนานกันทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 3.12 จากตารางที่ 4.8 ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 2.32 V กระแสเอาท์พุต 0.04 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.093 W ที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C จะได้แรงดันเอาท์พุตเท่ากับ 2.40 V กระแสเอาท์พุตเท่ากับ 0.04 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุตเท่ากับ 0.096 W เมื่อทำการต่อวงจรเพิ่มแรงดันที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 25°C ไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่มือถือได้ต่อเนื่อง และเมื่อต่อวงจรเพิ่มแรงดันที่อุณหภูมิผลต่างประมาณ 30°C สามารถชาร์จแบตเตอรี่มือถือได้ต่อเนื่องแรงดันเอาท์พุต 3.73 V กระแสเอาท์พุต 0.04 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้า 0.1492 W ผลจากการทดลองได้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยกว่าผลจากการคำนวณเนื่องจากอุณหภูมิในการทดลองไม่คงที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัด สายไฟของโมดูลจะมีความต้านทานสูงขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูง ทำการชาร์จมือถือได้จากการทดลองแบบต่างๆ เมื่อ ณ เวลา 12.00น. ถึง 14.00 น. กระแสเอาต์พุตขณะชาร์จ 40 มิลลิแอมป์ แบตเตอรี่มือถือมีความจุขนาด 1000 mAh ใช้เวลา 25 ชั่วโมงในการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มความจุ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1.) ควรศึกษารายละเอียดของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่จะนำมาใช้ก่อนนำมาทดลอง

2.) หากทำการระบายความร้อนให้ดีขึ้นจะทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตไฟฟ้าออกมาได้มากขึ้น

3.) ควรศึกษาวัสดุตัวดูดกลืนรังสีก่อนนำมาทดลอง

4.) เมื่อใช้งานอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกนานๆ อุปกรณ์จะเสื่อม ผลิตไฟฟ้าได้น้อยลง

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยธวัช ชูชัย,สรอรรถ ธนูศิลป์. (2555). **เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[2] ธนารัฐ สิงหา. (มิถุนายน 2552). **การทำน้ำร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์.** สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2558, จาก www.ajenergy2009.com/article-th-48901-การทำน้ำร้อนโดยพลังงานแสงอาทิตย์.html

[3] ดำรงศักดิ์ ท้าวอินทร์ต๊ะ. (2552). **เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ตัวกักเก็บความร้อนแบบหลอดสุญญากาศที่มีเทอร์โมไซฟอน.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[4] นพพร พัชรประกิติ, ยุทธสิทธิ์ แสนเรือน,พันธ์ชัย กาวิชัย. (2550). **ระบบอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานเทอร์โมอิเล็กทริก.**
http://www.kmutt.ac.th/EEM_conference/Proceedings/index_files/PDF/ENP8_Battery.pdf

[5] จารุวัฒน์ เจริญจิต. (2555). **ศักยภาพเชิงอุณหภูมิของการผลิตน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรม.** สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17(2555) 2 : 174-181.

[6] Yip Wai Nam, (2012). **Thermoelectric materials and devices.** Bachelor of science (HONS) in applied physics. City university of Hong.

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ก 1 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นเหล็ก}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	31	55	65	45
10.30	32	62	66	46
11.00	34	63	70	47
11.30	35	70	74	48
12.00	35	62	77	48
12.30	35	61	73	48
13.00	34	50	53	49
13.30	33	42	47	49
14.00	35	70	75	49
14.30	34	61	66	49
15.00	33	58	62	49
15.30	34	56	62	50
16.00	34	45	51	50

ตารางที่ ก 2 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์แบบใช้เหล็กเป็นตัวดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์

ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นเหล็ก}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	33	49	61	37
10.30	33	59	64	38
11.00	35	60	72	40
11.30	35	64	71	43
12.00	34	59	64	43
12.30	34	64	68	44
13.00	35	62	69	45
13.30	34	61	66	47
14.00	34	60	69	48
14.30	34	63	72	50
15.00	34	60	71	50
15.30	33	48	55	51
16.00	32	36	40	51

ตารางที่ ก 3 ผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เปลี่ยนตัวดูดรังสีเป็นอลูมีเนียม ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	31	62	66	44
10.30	31	63	71	45
11.00	33	63	74	49
11.30	34	66	75	50
12.00	34	68	77	52
12.30	34	70	80	53
13.00	35	73	84	55
13.30	35	75	86	56
14.00	36	77	87	56
14.30	36	78	87	57
15.00	38	80	85	58
15.30	38	78	79	59
16.00	38	77	74	60

ตารางที่ ก 4 ผลการทดลองการปรับปรุงเครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์เปลี่ยนตัวดูดรังสีเป็นอลูมีเนียม ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)
10.00	33	45	52	40
10.30	33	51	60	40
11.00	33	60	64	42
11.30	33	64	69	43
12.00	34	62	71	44
12.30	35	65	77	48
13.00	35	71	80	52
13.30	35	63	71	53
14.00	37	64	79	55
14.30	37	62	75	55
15.00	37	62	72	55
15.30	37	58	65	56
16.00	37	56	63	57

ตารางที่ ก 5 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีไม่มีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	31	59	70	58	37
10.30	31	65	74	65	39
11.00	32	70	85	68	42
11.30	32	73	95	76	46
12.00	34	75	97	80	49
12.30	34	81	95	81	51
13.00	36	83	100	86	52
13.30	38	85	102	87	51
14.00	38	81	97	84	50
14.30	38	85	95	81	48
15.00	38	72	89	72	48
15.30	37	64	85	69	46
16.00	36	63	78	63	43

T_I= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{III}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 6 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีไม่มีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	21	1.95	0.30	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	26	2.20	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	26	2.25	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	30	2.40	0.42	3.73	0.04	0.1492
12.00	31	2.46	0.43	3.74	0.04	0.1496
12.30	30	2.41	0.42	3.73	0.04	0.1492
13.00	34	2.53	0.44	3.76	0.04	0.1504
13.30	36	2.66	0.47	3.77	0.04	0.1508
14.00	34	2.52	0.43	3.74	0.04	0.1496
14.30	34	2.51	0.43	3.74	0.04	0.1496
15.00	24	2.10	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	23	2.03	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	20	1.96	0.27	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ตารางที่ ก 7 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีไม่มีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	30	52	68	59	35
10.30	31	54	67	60	37
11.00	32	58	72	66	40
11.30	32	61	75	68	43
12.00	33	70	85	79	48
12.30	34	79	98	85	53
13.00	35	85	102	86	54
13.30	35	82	101	87	54
14.00	36	86	101	88	53
14.30	36	85	97	86	52
15.00	36	79	91	79	52
15.30	36	70	86	76	51
16.00	36	59	75	63	51

T_I= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{III}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 8 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีไม่มีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	24	1.85	0.26	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	23	2.15	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	26	2.25	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	25	2.31	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	31	2.50	0.42	3.72	0.04	0.1488
12.30	32	2.49	0.42	3.73	0.04	0.1492
13.00	32	2.52	0.44	3.75	0.04	0.1500
13.30	33	2.52	0.44	3.75	0.04	0.1500
14.00	35	2.60	0.45	3.76	0.04	0.1504
14.30	34	2.54	0.43	3.73	0.04	0.1492
15.00	27	2.30	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	25	2.24	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	12	1.63	0.22	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ตารางที่ ก 9 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	44	33	52	68	54	38
10.30	46	34	55	71	56	37
11.00	48	34	59	74	66	43
11.30	50	35	65	79	70	45
12.00	51	35	70	83	76	50
12.30	53	36	71	87	78	51
13.00	55	37	74	98	84	56
13.30	55	37	77	92	82	54
14.00	56	37	78	87	77	50
14.30	57	37	77	85	79	50
15.00	58	37	73	82	74	50
15.30	58	37	69	77	69	50
16.00	59	37	68	76	65	49

T_I= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{III}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 10 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	16	1.65	0.20	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	19	1.83	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	23	2.10	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	25	2.06	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	26	2.13	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.30	27	2.18	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.00	28	2.23	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.30	28	2.20	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.00	27	2.17	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.30	29	2.21	0.35	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	24	2.08	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	19	1.80	0.25	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	16	1.75	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ตารางที่ ก 11 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	40	32	53	62	53	35
10.30	41	33	55	65	55	37
11.00	43	34	56	67	62	39
11.30	44	34	56	72	66	40
12.00	47	34	60	76	70	43
12.30	48	35	67	77	69	44
13.00	50	35	73	79	75	46
13.30	53	36	71	80	74	47
14.00	54	36	70	81	73	48
14.30	54	36	68	83	70	46
15.00	55	37	67	80	69	45
15.30	56	36	65	73	68	46
16.00	57	36	64	70	64	45

T_1= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{H1}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 12 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	18	1.83	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	18	1.82	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	23	2.10	0.28	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	26	2.13	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	27	2.23	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.30	27	2.20	0.33	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.00	29	2.28	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
13.30	27	2.25	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.00	25	2.18	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
14.30	24	2.17	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	24	2.15	0.32	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	22	2.10	0.26	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	19	1.75	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_I= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_I กับ T_{III}

ตารางที่ ก 13 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	42	32	55	63	48	31
10.30	44	32	58	68	56	32
11.00	48	36	73	86	66	42
11.30	51	36	73	85	68	43
12.00	55	37	74	85	74	44
12.30	57	37	77	87	75	44
13.00	58	37	78	92	76	45
13.30	61	38	82	98	79	47
14.00	62	38	85	96	79	48
14.30	62	37	79	90	70	50
15.00	62	37	78	79	68	52
15.30	63	36	73	78	65	53
16.00	63	35	68	75	61	54

T_1= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{H1}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 14 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ ผลการวัดครั้งที่ 1

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	17	1.89	0.28	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	24	2.04	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	24	2.21	0.36	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	25	2.32	0.37	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	30	2.40	0.41	3.73	0.04	0.1492
12.30	31	2.42	0.41	3.74	0.04	0.1496
13.00	31	2.45	0.43	3.76	0.04	0.1504
13.30	32	2.42	0.42	3.74	0.04	0.1496
14.00	31	2.46	0.41	3.69	0.04	0.1476
14.30	20	1.83	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	16	1.65	0.29	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	12	1.54	0.26	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	7	1.38	0.14	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{H1}

ตารางที่ ก 15 ผลการทดลองเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กรณีมีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)	T_1 (°C)	T_{H1} (°C)
10.00	38	30	55	60	51	32
10.30	40	32	58	65	54	34
11.00	45	33	73	74	64	39
11.30	49	35	73	79	67	40
12.00	50	35	74	84	72	43
12.30	52	35	77	87	76	46
13.00	53	36	78	90	80	48
13.30	57	37	82	95	82	49
14.00	58	37	85	91	79	48
14.30	58	37	79	82	70	49
15.00	59	36	78	75	64	50
15.30	60	36	73	64	60	52
16.00	61	34	68	61	56	52

T_I= อุณหภูมิอลูมิเนียม ณ จุด ติดเทอร์โมอิเล็กทริก

T_{HI}= อุณหภูมิฮิตซิงค์

ตารางที่ ก 16 ตารางผลการทดลองการชาร์จมือถือกรณีมีน้ำในระบบและระบายด้วยโฟมใส่น้ำ ผลการวัดครั้งที่ 2

เวลา (ชม.)	ΔT_1	V_{oc}	I_{sc}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
10.00	19	2.05	0.23	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
10.30	20	2.01	0.23	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.00	25	2.17	0.30	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
11.30	27	2.20	0.34	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
12.00	29	2.39	0.41	3.74	0.04	0.1496
12.30	30	2.42	0.42	3.75	0.04	0.1500
13.00	32	2.44	0.42	3.75	0.04	0.1500
13.30	33	2.45	0.44	3.76	0.04	0.1504
14.00	31	2.40	0.41	3.75	0.04	0.1500
14.30	21	2.10	0.24	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.00	24	2.15	0.31	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
15.30	8	1.24	0.13	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		
16.00	4	0.86	0.09	ชาร์จไม่ต่อเนื่อง		

ΔT_1= ผลความต่างอุณหภูมิระหว่าง T_1 กับ T_{III}

ภาคผนวก ข

อุณหภูมิน้ำร้อนหลังเวลา 16.00 น.

ตารางที่ ค 1 ตารางผลการทดลองวัดน้ำหลัง 16.00 น. ผลการวัดครั้งที่ 1 วันที่ 27 ตุลาคม 2558

เวลา	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)
10.00	46	32	60	77
10.30	47	32	61	78
11.00	48	32	60	78
11.30	50	32	65	88
12.00	53	34	70	94
12.30	55	34	70	90
13.00	56	34	71	92
13.30	56	34	66	90
14.00	57	36	67	89
14.30	57	36	67	87
15.00	58	37	67	86
15.30	58	37	65	84
16.00	58	37	62	77
16.30	59	37	43	45
17.00	59	36	39	41
17.30	59	34	36	38
18.00	59	34	34	34
18.30	59	32	32	32
19.00	58	31	31	31
19.30	58	30	30	30
20.00	57	28	28	28

หมายเหตุ ช่วงเวลาที่ทำการทดลองอยู่ในเดือนตุลาคม มีเมฆบังแสงอาทิตย์ในบางช่วง

ตารางที่ ค 2 ตารางผลการทดลองวัดน้ำหลัง 16.00 น. ผลการวัดครั้งที่ 2 วันที่ 28 ตุลาคม 2558

เวลา	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)
10.00	45	33	59	77
10.30	47	34	57	80
11.00	48	35	65	85
11.30	48	35	69	87
12.00	51	36	75	92
12.30	52	36	69	86
13.00	54	33	48	57
13.30	55	35	74	83
14.00	56	35	66	75
14.30	57	36	70	86
15.00	57	36	68	82
15.30	58	36	64	75
16.00	58	35	58	70
16.30	58	36	47	53
17.00	58	35	36	41
17.30	58	34	36	39
18.00	57	33	33	33
18.30	57	33	33	33
19.00	57	30	30	30
19.30	56	30	30	30
20.00	56	29	29	29

หมายเหตุ ช่วงเวลาที่ทำการทดลองอยู่ในเดือนตุลาคม มีเมฆบังแสงอาทิตย์ในบางช่วง

ตารางที่ ค 3 ตารางผลการทดลองวัดน้ำหลัง 16.00 น. ผลการวัดครั้งที่ 3 วันที่ 29 ตุลาคม 2558

เวลา	$T_{น้ำร้อน}$ (°C)	$T_{ภายนอกตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{ภายในตัวเก็บรังสี}$ (°C)	$T_{แผ่นอลูมิเนียม}$ (°C)
10.00	45	32	48	62
10.30	45	33	55	70
11.00	47	33	58	67
11.30	48	33	60	73
12.00	51	34	72	86
12.30	52	34	75	94
13.00	54	35	75	92
13.30	54	36	79	90
14.00	55	37	70	85
14.30	57	37	69	84
15.00	58	37	65	84
15.30	59	37	63	75
16.00	59	36	62	79
16.30	60	36	55	61
17.00	59	35	39	46
17.30	59	35	41	45
18.00	59	34	37	41
18.30	58	34	34	34
19.00	58	32	32	32
19.30	58	32	32	32
20.00	57	31	31	31

หมายเหตุ ช่วงเวลาที่ทำการทดลองอยู่ในเดือนตุลาคม มีเมฆบังแสงอาทิตย์ในบางช่วง

ภาคผนวก ค

รายละเอียดไอซีหมายเลข A7530

DESCRIPTION

A7530 is CMOS-based PFM step-up DC-DC converter. The converter can start up by supply voltage as low as 0.8V input Voltage. Quiescent current drawn from power source is as low as 7uA. All of these features make A7530 be suitable for the portable devices, which are supplied by a single battery to four-cell batteries.

To reduce the noise caused by the switch regulator, A7530 is well considerate in circuit design and manufacture. So that the interferer to other circuits by the device is reduced greatly.

A7530 integrates stable reference circuits and trimming technology, so it can afford high precision and low temperature-drift coefficient of the output voltage.

A7530 can be switch on or off easily by CE pin, to minimize the standby supply current in SOT-25 package.

A7530 is available in SOT-25 and SOT-89 packages.

ORDERING INFORMATION

Package Type	Part Number	
SOT-25	E5	A7530E5R-XXY
SOT-89-3	K3	A7530K3R-XXY
Note	XX: Output Voltage 25=2.5V, 33=3.3V...60= 6.0V Y: Function Type 1: W/O Enable Circuit 2: With Enable Circuit R: Tape & Reel	
AiT provides all Pb free products		

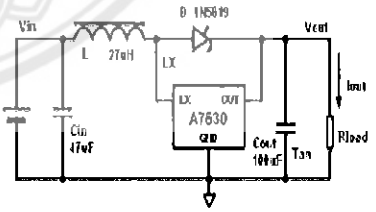
FEATURES

- Deliver 200mA at 3.3V Output Voltage with 1.8V Input Voltage
- Low start-up voltage(when the output current is 1mA) 0.8V
- The converter output voltage can be adjusted from 2.5V~6.0V (In 0.1V step)
- Output voltage accuracy (±2%)
- Low temperature-drift coefficient of the output voltage (±100ppm/°C)
- Only three external components are necessary: An inductor, a Schottky diode and an output filter capacitor
- High power conversion efficiency (85%)
- Low quiescent current drawn from power source (<7uA)
- Available in SOT-25 and SOT-89 package

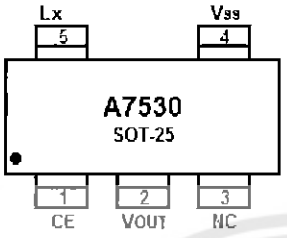
APPLICATION

- Power source for PDA, DSC, MP3 Player, electronic toy and wireless mouse
- Power source for a single or dual-cell battery-powered equipments
- Power source for LED

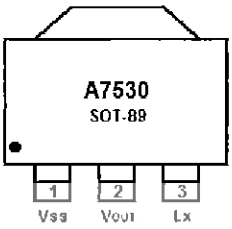
Typical Application



PIN DESCRIPTION



Top View



Top View

Pin#		Symbol	Function
SOT-25	SOT-89		SOT-25
4	1	Vss (GND)	4
2	2	VOUT	2
5	3	Lx (Ext)	5
3	--	NC	3
1		CE	1

Function Type

Type (Y)	Function
1	Internal Tr. Driver, W/O Enable Circuit
2	Internal Tr. Driver, W/Enable Circuit

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Input Voltage Range	0.3V~+6V
Input Voltage: Vi(LX)	0.3V ~ (Vout+0.3V)
CE Pin Voltage	0.3V ~ (Vout+0.3V)
LX Pin Output Current	0.7A
Maximum Power Dissipation, Pd T=25°C	
SOT-25	0.15W
SOT-89	0.5W
Maximum Junction Temperature	+150°C
Operating Free-air Temperature Range	-20 °C ~+80 °C
Storage Temperature Range	-40°C ~ +125°C
Lead Temperature and time	260°C ,10s

Stresses above may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the Electrical Characteristics is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Recommended Operation Conditions

	Min.	NOM	Max.	Unit
Input voltage range	0.8		VOUT	V
Inductor	10	27	100	μH
Input Capacitor	0	≧10		μF
Output Capacitor	47	100	220	μF
Operating Junction Temperature	-20		85	°C

Suggestion: Use tantalum capacitor to reduce the ripple of the output voltage.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{OUT}	Output Voltage		2.450	2.5	2.55	V
			2.646	2.7	2.754	
			2.94	3.0	3.06	
			3.234	3.3	3.366	
			3.528	3.6	3.672	
			3.920	4.0	4.080	
			4.900	5.0	5.100	
			5.880	6.0	6.120	
V_{IN}	Input Voltage				6	V
I_{IN}	Input Current	I_{OUT}= 0mA, V_{IN}= V_{OUT} x 0.6		12	15	uA
V_{START}	Start-up Voltage	I_{OUT}= 1mA, V_{IN}= 0→2V		0.8	0.9	V
V_{HOLD}	Hold-on Voltage	I_{OUT}= 1mA, V_{IN}= 2→0V	0.6	0.7		
I_{DD}	Quiescent Current Drawn From Power Source	Without external components, V_{OUT} = V_{OUT} x 1.05		4	7	uA
R_{SWON}	Switch ON Resistance			0.4	0.5	Ω
ILX_{LEAK}	LX leakage current	V_{OUT} = Vlx= 6V			0.5	uA
V_{CEH}	CE "H" threshold voltage	V_{CE}: 0→2V	0.6	0.9		V
V_{CEL}	CE "L" threshold voltage	V_{CE}: 2→0V		0.3	0.6	V
Fosc	Oscillator Frequency	LX on "L" side, V_{OUT} = V_{OUT} x 0.96	300	350	400	kHz
MAX_{DTY}	Oscillator Duty Cycle	On (Vlx "L") side	70	75	80	%
η	Efficiency			85		%

Note:

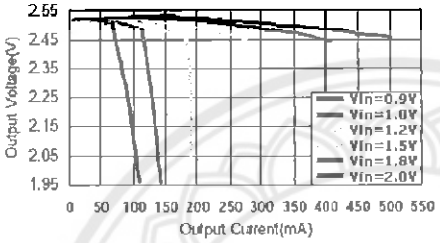
1. Diode: Schottky type, such as: 1N5817, 1N5819, 1N5822
2. Inductor: 27uH (R<0.5Ω)
3. Capacitor: 100uF (Tantalum type)

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

C_{IN}=47uF, C_{OUT}=100uF, L=10uH, T_{OPT}=25°C, unless otherwise noted.

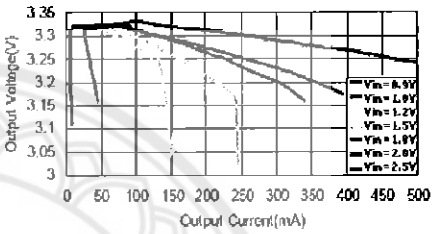
1. Output Voltage vs. Output Current

A7530K3-251



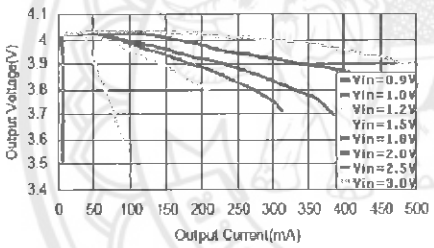
2. Output Voltage vs. Output Current

A7530K3-331



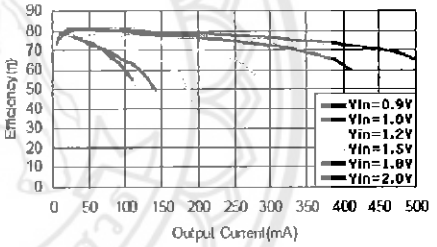
3. Output Voltage vs. Output Current

A7530K3-401



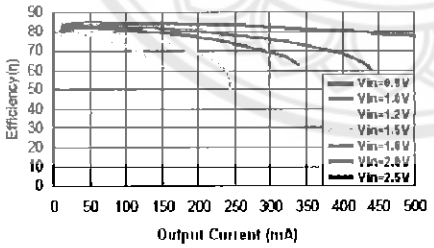
4. Efficiency vs. Output Current

A7530K3-251



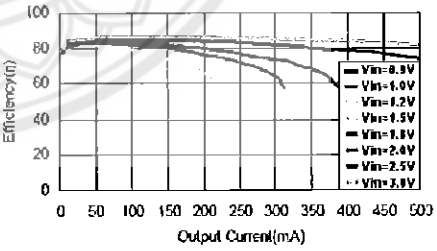
5. Efficiency vs. Output Current

A7530K3-331



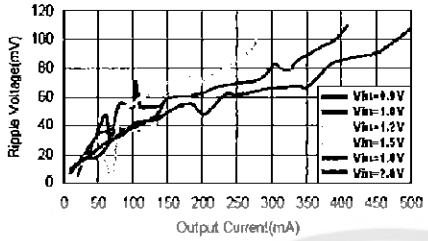
6. Efficiency vs. Output Current

A7530K3-401



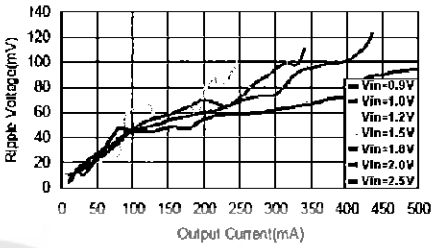
7. Ripple vs. Output Current

A7530K3-251



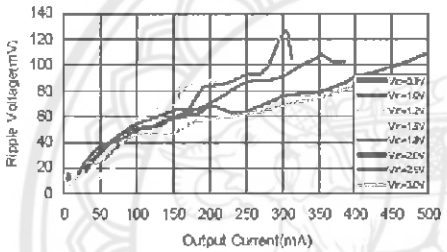
8. Ripple vs. Output Current

A7530K3-331



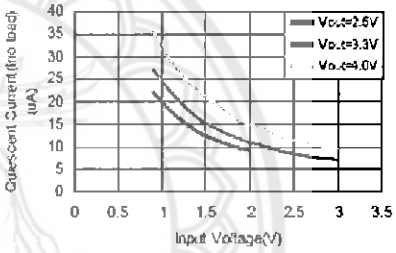
9. Ripple vs. Output Current

A7530K3-401

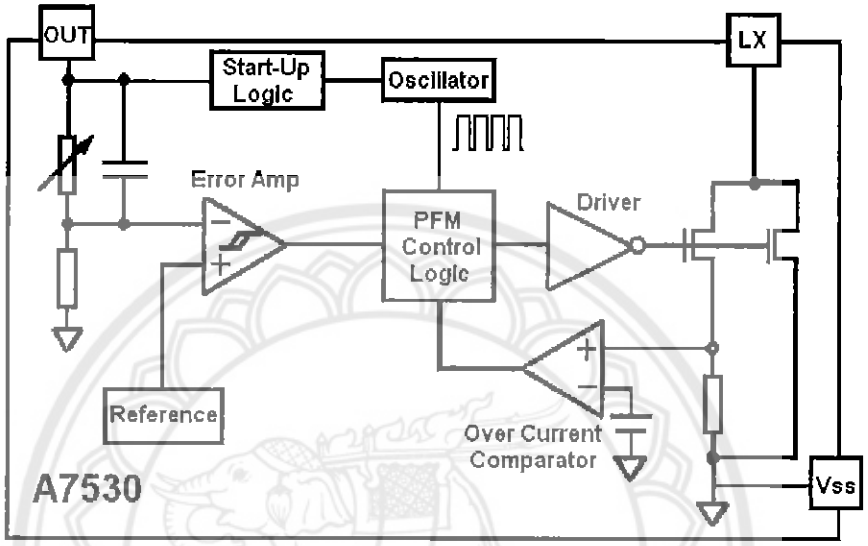


10. Ino Load vs. Input Voltage

A7530K3 (Quiescent Current)



BLOCK DIAGRAM



DETAILED INFORMATION

The A7530 is boost structure, voltage-type pulse-frequency modulation (PFM) step-up DC-DC converter. Only three external components are necessary: an inductor, a output filter capacitor and a schottky diode. And the converter's low noise and low ripple output voltage can be adjusted from 2.5V to 5.0V, 0.1V step. By using the depletion techniques, the quiescent current drawn from power source is lower than 7uA. The high efficiency device consists of resistors for output voltage detection and trimming, a start-up voltage circuit, an oscillator, a reference circuit, a PFM control circuit, a switch protection circuit and a driver transistor.

The PFM control circuit is the core of the A7530 IC. This block controls power switch on duty cycle to stabilize output voltage by calculating results of other blocks which sense input voltage, output voltage, output current and load conditions. In PFM modulation system, the frequency and pulse width is fixed. The duty cycle is adjusted by skipping pulses, so that switch on-time is changed based on the conditions such as input voltage, output current and load. The oscillate block inside A7530 provides fixed frequency and pulse width wave.

The reference circuit provides stable reference voltage to output stable output voltage. Because internal trimming technology is used, the chip output changes less than ±2%. At the same time, the problem of temperature-drift coefficient of output voltage is considered in design, so temperature-drift coefficient of output voltage is less than 100ppm/°C.

High-gain differential error amplifier guarantees stable output voltage at difference input voltage and load. IN order to reduce ripple and noise, the error amplifier is designed with high band-with.

Tough at very low load condition, the quiescent current of chip does affect efficiency certainly. The four main energy loss of Boost structure DC-DC converter in full load are the ESR of inductor, the voltage of Schottky diode, on resistor of internal N-channel MOSFET and its driver. In order to improve the efficiency, A7530 integrates low on-resistor N-channel MOSFET and well design driver circuits. The switch energy loss is limited at very low level.

Selection of the external components.
Thus it can be seen, the inductor and schottky diode affect the conversion efficiency greatly. The inductor and the capacitor also have great influence on the output voltage ripple of the converter. So it is necessary to choose a suitable inductor, a capacitor and a right schottky diode, to obtain high efficiency, low ripple and low noise.

Before discussion, we define $D \equiv V_{OUT} - V_{IN} / V_{OUT}$.

1. Inductor Selection

Above all, we should define the minimum value of the inductor that can ensure the boost DC-DC to operate in the continuous current-mode condition.

$$L_{MIN} \geq [D(1-D)^2 R_L] / 2f$$

The above expression is got under conditions of continuous current mode, neglect schottky diode's voltage, ESR of both inductor and capacitor. The actual value is greater that it. If inductor's value is less than L_{MIN}, the efficiency of DC-DC converter will drop greatly, and the DC-DC circuit will not be stable.

Secondly, consider the ripple of the output voltage,

$$\Delta I = D \cdot V_{IN} / Lf$$

$$I_{MAX} = V_{IN} / (1-D)^2 R_L + D V_{IN} / 2Lf$$

If inductor value is too small, the current ripple through it will be great. Then the current through diode and power switch will be great. Because the power switch on chip is not ideal switch, the energy of switch will improve. The efficiency will fall.

Thirdly, in general, smaller inductor values supply more output current while larger values start up with lower input voltage and acquire high efficiency.

An inductor value of 3uH to 1mH works well in most applications. If DC-DC converter delivers large output current (for example: output current is great than 50mA), large inductor value is recommended in order to improve efficiency. If DC-DC must output very large current at low input supply voltage, small inductor value is recommended.

The ESR of inductor will effects efficiency greatly. Suppose ESR value of inductor is r_L, R_{load} is load resistor, then the energy can be calculated by following expression:

$$\Delta\eta \approx r_L / R_{load} (1 - D)^2$$

For example: input 1.5V, output is 3.0V, R_{load}=20Ω, r_L=0.5Ω. The energy loss is 10%. Consider all above, inductor value of 47uH, ESR<0 5Ω is recommended in most applications. Large value is recommended in high efficiency applications and smaller value is recommended.

2. Capacitor Selection

Ignore ESR of capacitor, the ripple of output voltage is:

$$R = \Delta V_{OUT} / V_{OUT} = D / R_{load} Cf$$

So large value capacitor is needed to reduce ripple. But too large capacitor value will slow down system reaction and cost will improve. So 100uF capacitor is recommended. Larger capacitor value will be used in large output current system. If output current is small (<10mA), small value is needed.

Consider ESR of capacitor, ripple will increase:

$$R' = r + (I_{MAX} \cdot R_{ESR}) / V_{OUT}$$

When current is large, ripple caused by ESR will be main factor. It may be greater than 100mV. The ESR will affect efficiency and increase energy loss. So low-ESR capacitor (for example: tantalum capacitor) is recommend or connect two or more filter capacitors in parallel.

3. Diode Selection

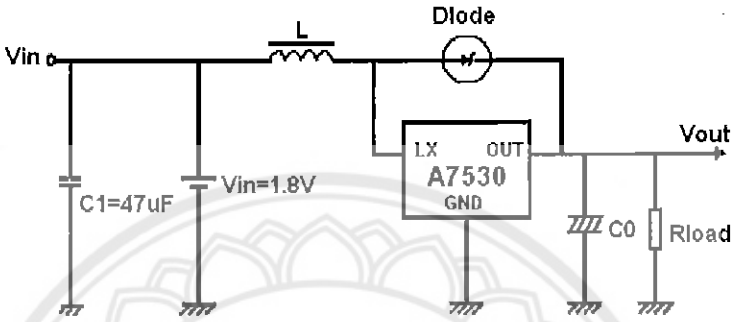
Rectifier diode will affect efficiency greatly, though a common diode (such as 1N4148) will work well for light load, it will reduce about 5%~10% efficiency for heavy load. For optimum performance, a schottky diode (such as 1N5817, 1N5819, 1N5822) is recommended.

4. Input capacitor

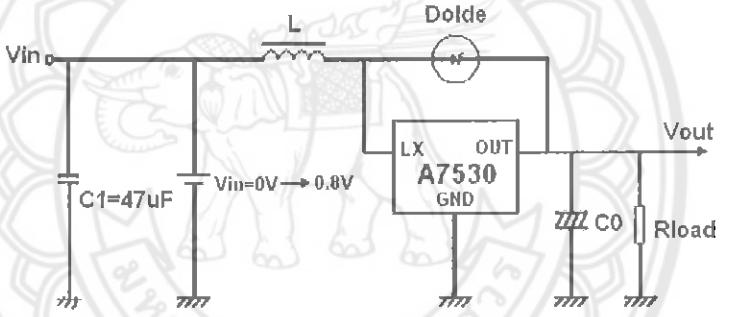
If supply voltage is stable, the DC-DC circuit can output low ripple, low noise and stable voltage without input capacitor. If voltage source is far away form DC-DC circuit, input capacitor value greater than 10uF is recommended.

TEST CIRCUITS:

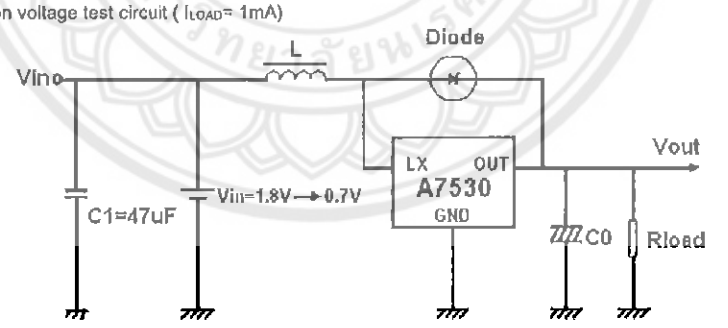
a). Output voltage test circuit (I_{LOAD}= 1mA)



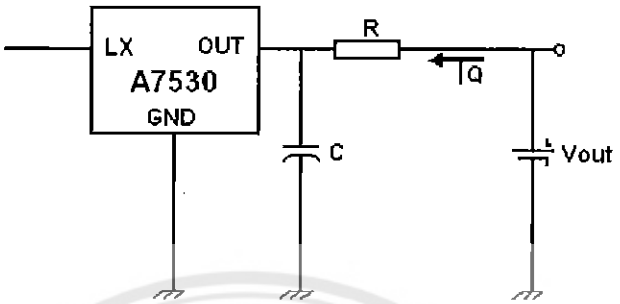
b). Start-up voltage test circuit (I_{LOAD}= 1mA)



c). Hold-on voltage test circuit (I_{LOAD}= 1mA)

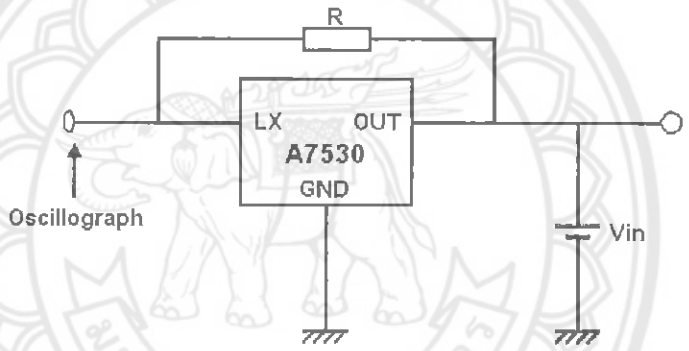


d). Quiescent current test circuit



Note: V_{OUT}=V_{OUT} x1.05, R=1KΩ, C=0.1Uf

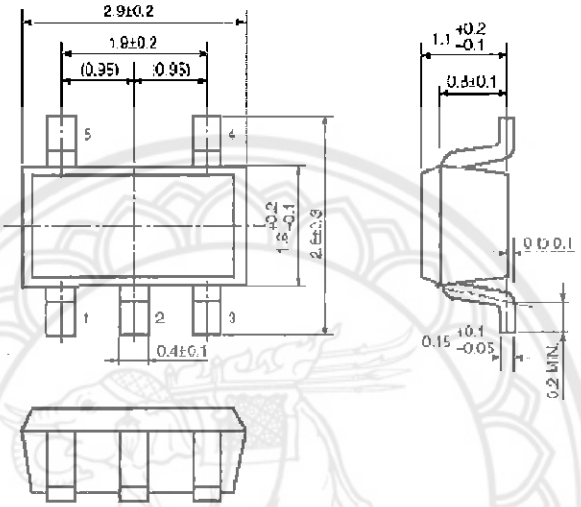
e). Oscillator frequency and duty cycle test circuit



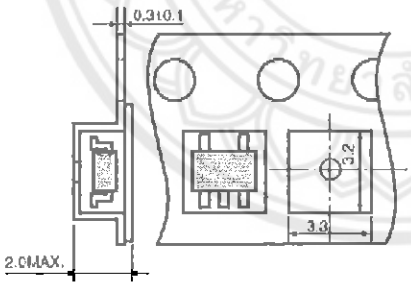
Note: V_{IN}=V_{OUT} x0.95, R=1KΩ

PACKAGE INFORMATION

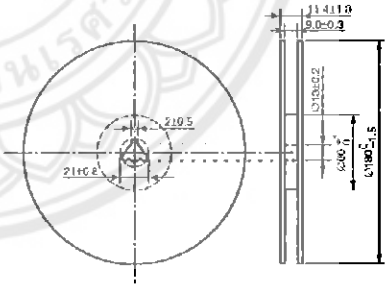
Dimension in SOT-25 (Unit: mm)



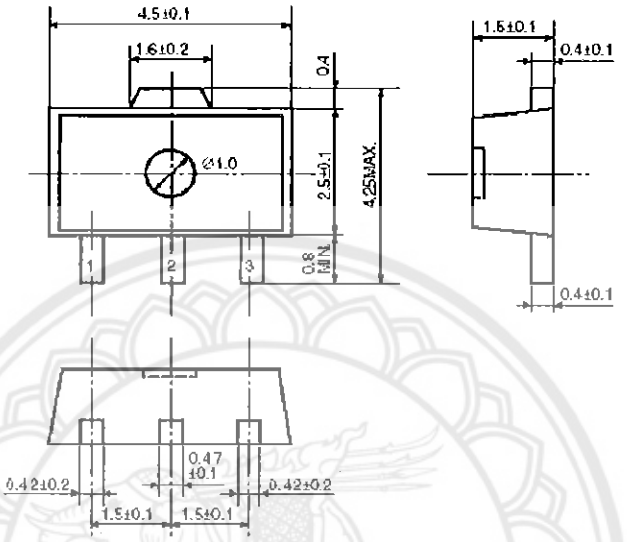
Tape Dimension



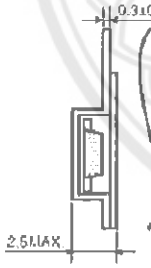
Reel Dimension



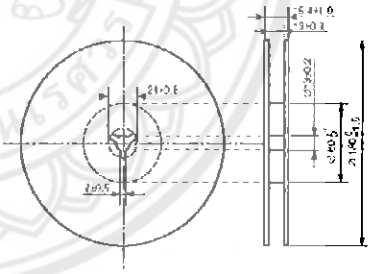
Dimension in SOT-89-3 (Unit: mm)



Tape Dimension



Reel Dimension



IMPORTANT NOTICE

AiT Semiconductor Inc. (AiT) reserves the right to make changes to any its product, specifications, to discontinue any integrated circuit product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

AiT Semiconductor Inc.'s integrated circuit products are not designed, intended, authorized, or warranted to be suitable for use in life support applications, devices or systems or other critical applications. Use of AiT products In such applications is understood to be fully at the risk of the customer. As used herein may involve potential risks of death, personal injury, or servere property, or environmental damage. In order to minimize risks associated with the customer's applications, the customer should provide adequate design and operating safeguards.

AiT Semiconductor Inc. assumes to no liability to customer product design or application support. AiT warrants the performance of its products of the specifications applicable at the time of sale.

ภาคผนวก ง

รายละเอียดข้อมูล TEC1-12706

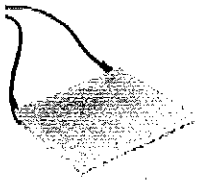
HB

Thermoelectric Cooler

TEC1-12706

Performance Specifications

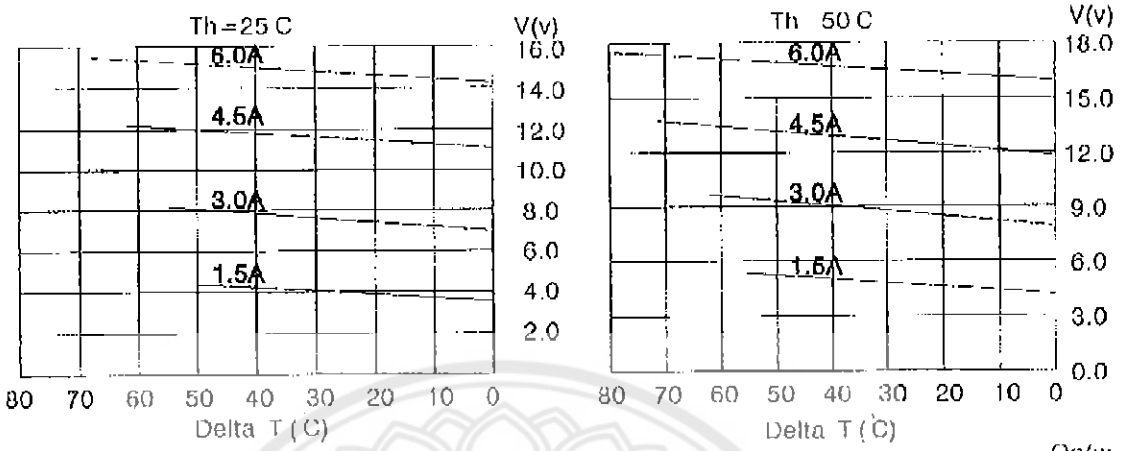
Hot Side Temperature (° C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (° C)	66	75
Imax (Amps)	6.4	6.4
Vmax (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30

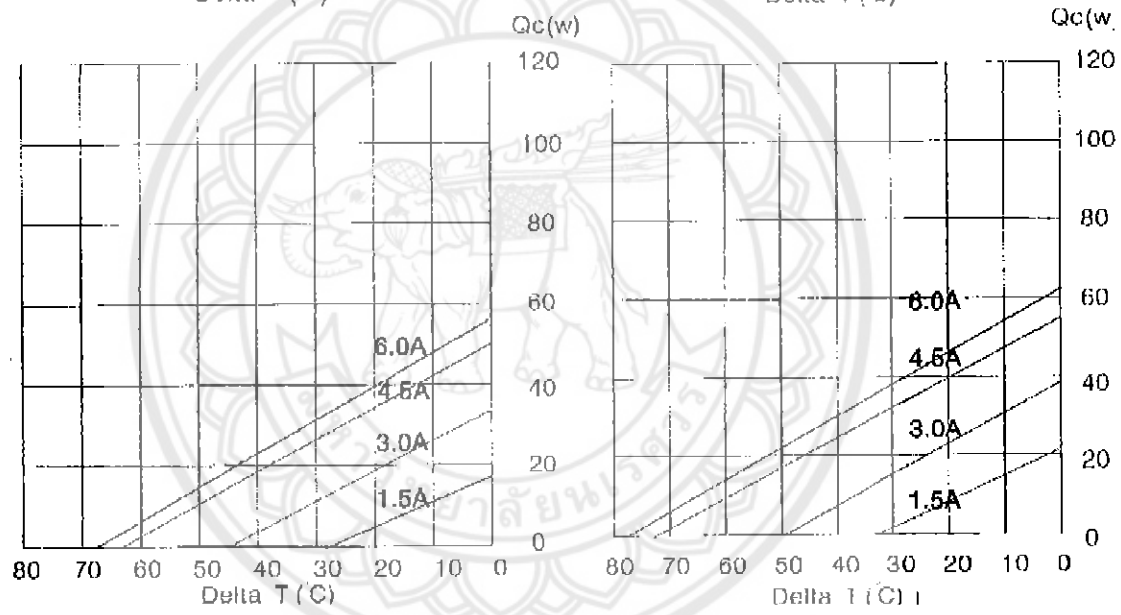


Performance curves on page 2

Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice. Rev 2.03

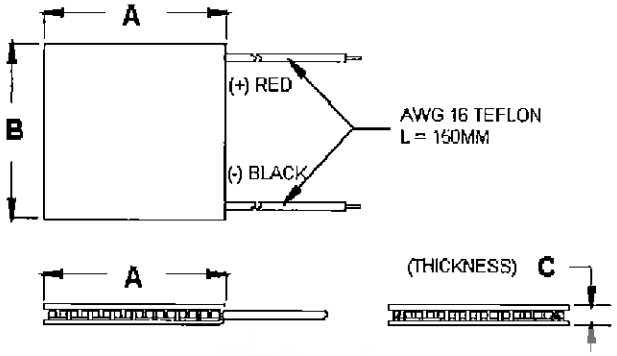
TEC1-12706





Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice. Rev 2.03

TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed Imax or Vmax when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (seeling).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice. Rev 2.03

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายณัฐพล จรลี

ภูมิลำเนา 205 หมู่ 11 ต.ป่างิ้ว อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเมืองเชลียง จ.สุโขทัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 7 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **mysnly@gmail.com**

ชื่อ นายบุรินทร์ อินตาคำ

ภูมิลำเนา 68 ถ.จามเทวี ต.เวียงเหนือ อ.เมือง จ.ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จ.ลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 7 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: **zejsen@gmail.com**