

การเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวพลังงานจลนจากเทคนิคนี้ระหว่างเทคโนโลยี

และเซลล์แสงอาทิตย์

ENERGY HARVESTING COMPARISON OF SOLAR CELL AND THERMOELECTRIC



ปริญญาโทเป็นต้นเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

พัฒนบัณฑิตเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์

ปีการศึกษา 2558

การเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ระหว่างเพลเทียร์
และเซลล์แสงอาทิตย์

ENERGY HARVESTING COMPARISON OF SOLAR CELL AND
THERMOELECTRIC



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อปีการศึกษา 2556 เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENERGY HARVESTING COMPARISON OF SOLAR CELL AND
THERMOELECTRIC



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในที่อาคารเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2013

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

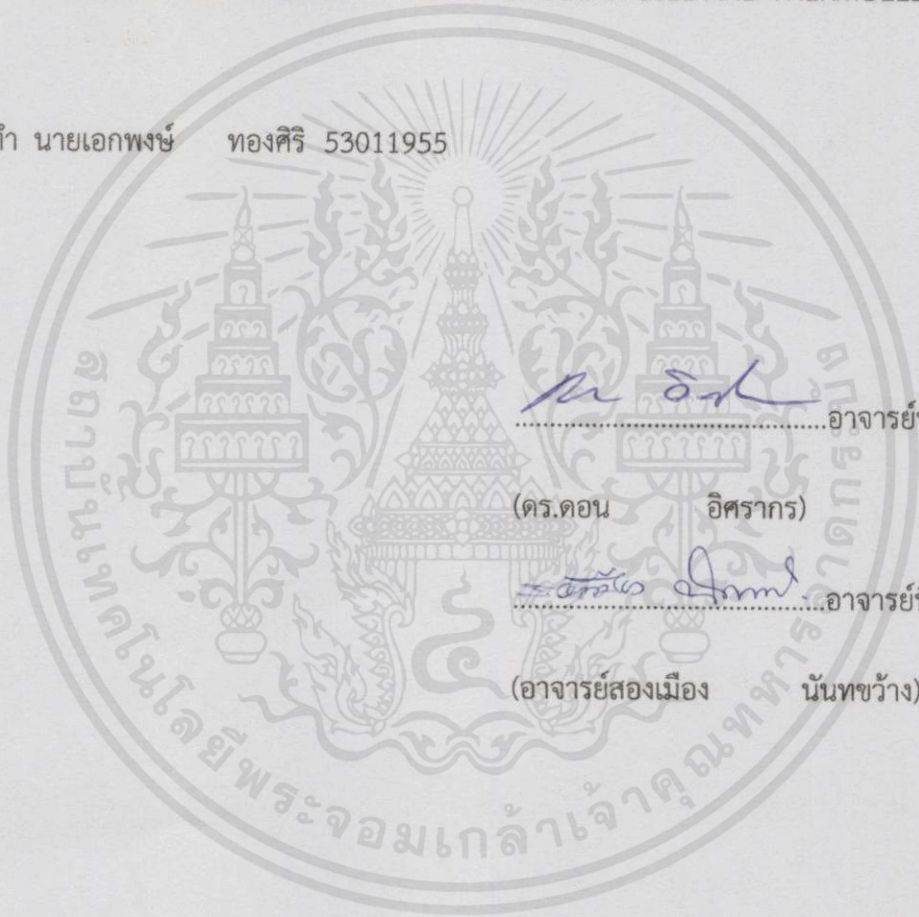
ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ระหว่างเพลเทียร์และเซลล์แสงอาทิตย์
ENERGY HARVESTING COMPARISON OF SOLAR CELL AND THERMOELECTRIC

ผู้จัดทำ นายเอกพงษ์ ทองศิริ 53011955



[Handwritten Signature]

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ดอน อิศรากร)

[Handwritten Signature]

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ระหว่างเพลเทียร์ และเซลล์แสงอาทิตย์

โดย

นายเอกพงษ์ ทองศิริ 53011955

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ดอน

อิศรากร

อาจารย์สองเมือง

นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การออกแบบชุดการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยการเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เพลเทียร์ที่จะสามารถผลิตพลังงานได้เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งสองด้าน จึงมีสร้างอุปกรณ์ต้นแบบและทดลองที่จะใช้เก็บเกี่ยวพลังงาน และเมื่อได้ต้นแบบที่ใช้แล้วจึงได้ออกแบบโครงสร้างที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงาน โดยต้องคำนึงถึงความแตกต่างกันของอุณหภูมิของทั้งสองแหล่ง จึงเลือกใช้หลักการเรือนกระจก ที่ทำให้ได้มีการกักเก็บความร้อนมากขึ้นเพื่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิได้มากขึ้น และจะช่วยให้ได้พลังงานมากขึ้นตาม จากนั้นนำพลังงานที่ได้มาผ่านวงจรจัดการพลังงานเพื่อให้สามารถนำไปเก็บสะสมในแบตเตอรี่ได้ เพื่อที่จะได้นำพลังงานที่ได้ไปใช้ได้กับงานอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENERGY HARVESTING COMPARISON OF SOLAR CELL AND THERMOELECTRIC

By

Mr.Aekapong

Thongsiri 53011955

Advisors

Dr.Don

Isarakorn

Mr.Songmuang

Nundrakwang

Academic Year 2013

ABSTRACT

This thesis are presented designing of an energy harvesting device from the solar that using of the exchanging from a thermal gradient to electrical by Thermoelectric. Thermoelectric is able to generate energy from different thermal of the other side's Thermoelectric. We had to create the prototype and tested about an energy harvesting device, then the prototype's finished had to design the structure of the prototype, but it need to consider the different temperature from two source. Then it had to use GreenHouseeffice that it has accumulating of heart for raising of the different temperature and energy. Lastly led to energy from

GreenHouseeffice through the circuit power management for it can be collected in capacitor which it can use with some circuit.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริยฐานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น ทางผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณ ดร.ดอน อิศรากร และอาจารย์สองเมือง นันทขว้าง อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำที่ดี
มาโดยตลอด ขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมทุกท่าน ที่ให้ความรู้กับ
คณะผู้จัดทำโครงการนี้เพื่อให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับ
รายละเอียดของวัสดุที่จะใช้ต่างๆ

ขอขอบคุณ ดร.ดอน อิศรากร ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทดลอง
แนวทางแก้ปัญหา

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงการต้องกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของพวกเราผู้ที่มีพระคุณสูงสุด
ที่เป็นผู้ให้โอกาสในการศึกษา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้

ผู้จัดทำ

นายเอกพงษ์ ทองศิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การเก็บเกี่ยวพลังงาน	4
2.1.1 เทอร์โมคัปเปิล	4
2.1.2 ปรากฏการณ์ซีเบค	5
2.1.3 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน	6
2.1.4 เพลเทียร์เอฟเฟกต์	7
2.1.5 กลไกการถ่ายเทความร้อน	8
2.1.6 การนำความร้อน	9
2.1.7 ปรากฏการณ์เร็นนกระจก	12
2.1.8 เร็นนกระจกจริง	13
บทที่ 3 หลักการออกแบบระบบ	14
3.1 หลักการออกแบบโมดูลทดลอง	14
3.2 เทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์	14
3.3 การออกแบบโมดูลทดลอง	16
3.3.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 การออกแบบตัวทดลองที่จะนำไปใช้งาน	18
3.4.1 เพิ่มจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกและเปลี่ยนขนาด Heat Sink	18
3.4.2 เพิ่มการระบายความร้อนโดยการติดพัดลม	19
3.5 การออกแบบชุดเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์	19
3.5.1 การออกแบบการระบายความร้อนลงใต้พื้นดิน	20
3.5.2 โครงสร้างของตัวเก็บพลังงานที่จะนำไปใช้งาน	21
3.5.2.1 โครงสร้างกรีนเฮาส์	21
3.5.2.2 ผลการ Simulation ทั้งโครงสร้างอุณหภูมิจากโครงสร้างทั้งหมด	22
บทที่ 4 การทดลอง	24
4.1 วงจรที่ใช้ในการทดลอง	24
4.2 การทดลองวัดค่าความต้านทานความร้อน	25
4.2.1 ผลที่ได้จากการทดลอง	26
4.2.2 สรุปผลการทดลอง	27
4.3 การทดลองหาค่าพลังงานที่ได้	28
4.3.1 ผลการทดลอง	28
4.3.2 สรุปผลการทดลอง	29
4.4 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภาระ	30
4.4.1 ผลการทดลอง	30
4.4.1.1 ค่ากระแสที่ได้จากชุดทดลอง	30
4.4.1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากชุดทดลอง	31
4.4.1.3 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดทดลอง	31
4.4.2 สรุปผลการทดลอง	32
4.5 การทดลองการทดลองแบบ 2 โมดูล	32
4.5.1 ผลการทดลอง	33
4.5.2 สรุปผลการทดลอง	35
4.6 การทดลองวัดอุณหภูมิดิน	35
4.6.1 ผลการทดลอง	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.7 การทดลองวัดผลของค่าอุณหภูมิของดินตลอดทั้งวัน	37
4.7.1 ผลการทดลอง	37
4.7.2 สรุปผลการทดลอง	38
4.8 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติไม่มีโครงสร้าง	38
4.8.1 ผลการทดลอง	39
4.8.2 สรุปผลการทดลอง	39
4.9 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติที่มีโครงสร้าง	39
4.9.1 ผลการทดลอง	40
4.9.2 สรุปผลการทดลอง	41
4.10 การทดสอบตัวโครงสร้างที่ใช้เก็บพลังงาน	41
4.10.1 ผลการทดลอง	42
4.11 การทดสอบตัวโครงสร้างที่ใช้เก็บพลังงาน	43
4.11.1 ผลการทดลอง	44
4.11.2 สรุปการทดลอง	44
4.12 การทดลองเก็บค่าโตน Data Logger ตลอดทั้งวัน	45
4.12.1 ผลการทดลอง	45
4.12.2 สรุปผลการทดลอง	45
4.13 การเปรียบเทียบชุดเก็บเกี่ยวพลังงานกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1.5 W	47
4.12.1 ผลการทดลอง	48
4.12.2 สรุปผลการทดลอง	49
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	50
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข	50
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผลของซีแบ็ค	4
2.2 ปฏิกิริยาการแผ่รังสีซีแบ็ค	5
2.3 ผลของเพลเทียร์	7
2.4 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก	8
2.5 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ	11
2.6 สภาวะเรือนกระจก	12
2.7 เรือนกระจกจริง	13
3.1 Thermoelectric รุ่น TEC1-12706	14
3.2 การยึดเทอร์โมอิเล็กทริกและ Heat Sink	15
3.3 แผ่นระบายความร้อนแบบฉีกเป็นเส้น	17
3.4 ตัวต้นแบบโมดูล	17
3.5 โมดูลทดลองที่เน้นการระบายความร้อนโดย Heat Sink	18
3.6 ตัวโมดูลทดลองที่มีการติดพัดลมช่วยระบายความร้อน	19
3.7 แบบแผ่นที่รับความร้อน	19
3.8 โครงสร้างกรีนเฮาส์	20
3.9 แบบจำลองตัวระบายความร้อนลงใต้ดิน	20
3.10 ตัวระบายความร้อนลงใต้ดิน	21
3.11 โครงสร้างที่เสร็จสมบูรณ์	21
3.13 โครงสร้างที่ Simulation ด้านข้าง	22
3.14 โครงสร้างที่ Simulation ด้านล่าง	23
3.15 โครงสร้างที่ Simulation ด้านบน	23
4.1 การวัดแรงดันไฟฟ้า	24
4.2 การวัดกระแสไฟฟ้า	24
4.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ทดลอง	25
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความแตกต่างของอุณหภูมิ	26
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางความร้อนและกำลังไฟฟ้า	26
4.6 อุปกรณ์ของการทดลองหาค่าพลังงาน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสแรงดันและกำลังกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป	28
4.8 การทดลองหาลำดับไฟฟ้าที่มีภาระ	30
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน	30
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน	31
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน	31
4.12 โมดูลทดลองที่ต่อแบบอนุกรม	32
4.13 การทดลองเก็บค่าพลังงาน	33
4.14 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน	33
4.15 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน	34
4.16 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน	34
4.17 การทดลองเก็บค่าอุณหภูมิดิน	35
4.18 อุปกรณ์เก็บค่าอุณหภูมิดิน	36
4.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิระดับความลึกของดิน	36
4.20 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิ	37
4.21 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติไม่มีโครงสร้าง	38
4.22 กราฟเปรียบเทียบแรงดันและกระแสต่อเวลาไม่มีโครงสร้าง	39
4.23 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติที่มีโครงสร้าง	40
4.24 กราฟเปรียบเทียบแรงดันและกระแสต่อเวลาแบบโครงสร้าง	40
4.25 การวัดค่าทางไฟฟ้า	41
4.26 การเก็บค่าอุณหภูมิ	41
4.27 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา	42
4.28 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา	42
4.29 กราฟแสดงการเก็บประจุในแต่ละช่วงเวลา	43
4.30 การทดสอบวงจรจัดการพลังงาน ECT 310	44
4.31 กราฟแสดงการอัดประจุในแต่ละช่วงเวลา	44
4.32 ชุดเก็บข้อมูล Data Logger	45
4.33 การทดลองเก็บค่าโดย Data Logger ตลอดทั้งวัน	46
4.34 รูปเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เปรียบเทียบ	47

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.35 กราฟเปรียบเทียบแรงดันของไฟฟ้าTEC และ Solar Cell	48
4.36 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของTEC และ Solar Cell	48
4.37 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของTEC และ Solar Cell	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะ อโลหะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สบางชนิด	15
3.2 คุณสมบัติต่างๆ ของ Thermoelectric รุ่น TEC1-12706	18
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองให้การทำงานแรงดันและกระแสในช่วงความต่างของอุณหภูมิต่างๆ (1)	27
4.2 ตารางแสดงผลการทดลองให้การทำงานแรงดันและกระแสในช่วงความต่างของอุณหภูมิต่างๆ (2)	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เมื่อโลกเรามีความเจริญมากขึ้นมนุษย์สามารถนำเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และน้ำ มาเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ ซึ่งพลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานที่มีวันหมดสิ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมัน ตั้งแต่เมื่อประมาณ 30 ปีก่อนจนถึงปัจจุบันประเทศต่างๆ โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาและไม่มีทรัพยากรน้ำมันของตนเองเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ทำให้เกิดปัญหาและความเดือดร้อนแก่ประเทศ ดังกล่าวซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย แต่ก็ยังมีพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งคือ พลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนพลังงานจากดวงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ ความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น พลังงานเหล่านี้สามารถเอามาใช้ใหม่ได้อย่างต่อเนื่องไม่มีวันหมด และส่วนใหญ่เป็นพลังงานสะอาด ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถนำพลังงานหมุนเวียนกลับมาใช้ได้ จะช่วยผ่อนคลายปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต และช่วยลดปัญหาด้านมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานในปัจจุบัน

โลกของเรามีแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ใหญ่ที่สุดคือ ดวงอาทิตย์ (พลังงานความร้อนและพลังงานแสง) พลังงานจากดวงอาทิตย์จึงจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดเป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และปัจจุบันรูปแบบเทคโนโลยีที่สามารถนำประโยชน์จากแสงอาทิตย์มาใช้ก็คือ เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้เพียงราว 22 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากเพียงพอ ดังนั้นการนำพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มาใช้ก็จะทำให้ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ได้เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีเทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนมาเป็นไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากนัก

งานวิจัยนี้จึงนำเสนออุปกรณ์กำเนิดพลังงานที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสิ่งแวดล้อมสองสิ่งในชนิดต่างๆ กัน ซึ่งก็คือความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเน้นที่ความต่างระหว่างอุณหภูมิภายในพื้นดิน ที่ไม่ลึกมากซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ากับความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่ามาก โดยเฉพาะช่วงกลางวันของฤดูร้อนในประเทศไทย โดยอาศัยหลักการ Seebeck Effect ของ Thermoelectric Generator หรือ TEG ซึ่งสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้จากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวด้านร้อนและด้านเย็นของ Thermoelectric Generator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้เก็บเกี่ยวพลังงาน จากความร้อนจากความร้อนของแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานในรูปของพลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อนำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น ชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อนำไปใช้กับเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นต้น

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการงาน

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.3.1.1 ศึกษาการทำงานของ Thermoelectric Generator และ Thermoelectric Cooler

1.3.1.2 ศึกษาทฤษฎีของ Thermoelectric Generator

1.3.1.3 ศึกษาความเหมาะสมในการใช้แหล่งความร้อน

1.3.1.4 ศึกษาการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์

1.3.1.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิจากแหล่งความร้อนต่างๆ

1.3.2 ออกแบบและทดลอง

1.3.2.1 ออกแบบชุดอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวพลังงาน

1.3.2.2 ทดลองใช้ชุดทดลองกับแหล่งความร้อน

1.3.2.3 ออกแบบชุดทดลองที่เพิ่มจำนวนเพลเทียร์และเพิ่มฉนวนกันความร้อน

1.3.2.4 ทดสอบ เก็บข้อมูลและนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างอุปกรณ์ที่ใช้เก็บพลังงานจากความร้อนจากดวงอาทิตย์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ และสามารถนำไปใช้ได้จริง
2. สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในชีวิตประจำวัน ที่สามารถใช้พลังงานจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาโครงการนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าและวิจัยการกำเนิดพลังงานจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแหล่งความร้อน โดยใช้ Thermoelectric Generator ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ โดยมีการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากแหล่งความร้อน ให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวก และยังพัฒนาได้ให้มีประสิทธิภาพให้ใช้ได้จริงสามารถนำพลังงานที่เก็บเกี่ยวมาได้นั้นได้นำไปใช้ประโยชน์ได้ในงานต่างๆ ต่อ ไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

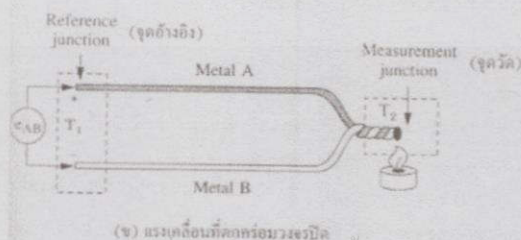
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเก็บเกี่ยวพลังงาน

การเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting : EH) [1] หรือที่รู้จักในชื่ออื่น Power Harvesting, Energy Scavenging เป็นกระบวนการการนำหรือเปลี่ยนแปลงพลังงานซึ่งเป็นผลพลอยได้จากแหล่งพลังงานอื่นๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อน พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานจลน์ เป็นต้น

2.1.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

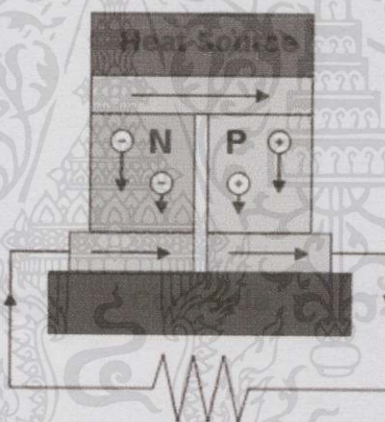
เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยให้เปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้เกิดการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1821 ในรูปที่ 2.1 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลง **รูปที่ 2.1 ผลของซีแบ็ค [2]** ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

ในปี 1821 โทมัส โจแฮนน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน กล่าวว่า “เมื่อให้ความร้อนที่รอยต่อของตัวนำสองชนิดจะเกิดกระแสไฟฟ้า ไหลในวงจรปิด” ปรากฏการณ์ซีเบคเป็นปรากฏการณ์ที่มีรากฐานอยู่ที่การผันความร้อนเป็นไฟฟ้า ความสำคัญทางกายภาพของมันสามารถเห็นได้โดยการพิจารณาปรากฏการณ์ของการบังคับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิสม่ำเสมอให้ไหลไปตามตัวนำจำกัด ซึ่งในตอนเริ่มแรกตัวนำจะควบคุมการกระจายอย่างสม่ำเสมอของตัวพาหะประจุ แต่ภายใต้เกรเดียนต์อุณหภูมิหนึ่งพาหะอิสระต่างๆ ที่ปลายด้านร้อน (Hot End) จะมีพลังงานจลน์มากกว่าที่ปลายด้านเย็น (Cold End) และมีแนวโน้มที่จะแพร่ไปปลายด้านเย็น การเกิดขึ้นของประจุทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (Back Electromotive Force หรือ Back e.m.f) ซึ่งตรงกันข้ามกับการไหลของประจุ ความต่างศักย์วงจรเปิดเมื่อไม่มีกระแสไหลที่เกิดขึ้นเรียกว่า ความต่างศักย์ซีเบค (Seebeck Voltage) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์ซีเบค [3]

สมการของ Seebeck Effect สามารถเขียนในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้า และค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิจะได้ดังสมการที่ (2.1) และสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสนามไฟฟ้า และ Gradient ของอุณหภูมิได้ดังสมการที่ (2.2)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ $\vec{E} = -\alpha \nabla T$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.2) ารค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า, V

\vec{E} คือ เวกเตอร์สนามไฟฟ้า, V/m

α คือ สัมประสิทธิ์ซีเบค, V/K

T คือ อุณหภูมิ, K

วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) ไม่เท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุ Thermoelectric และจะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคเป็นได้ทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ เช่น ในกรณีของสารกึ่งตัวนำ N-type จะมี Seebeck Coefficient เป็นลบ แต่ P-type จะมี Seebeck Coefficient เป็นบวก เป็นต้น

2.1.3 ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1. ผลของซีเบค (Seebeck Effect) [3] โดยใช้ทฤษฎีโซลิตสแตต เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าว นั่นคือสมการที่ (2.3)

$$\mathcal{E} = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \quad (2.3)$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีเบค ซึ่งพบว่า

1.1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างค่าคงที่

ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 1.2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์นำไปใช้

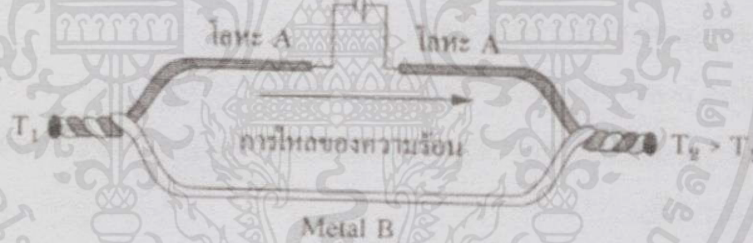
1.3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์ โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้ในสมการที่ (2.4) คือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1) \quad (2.4)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier Effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



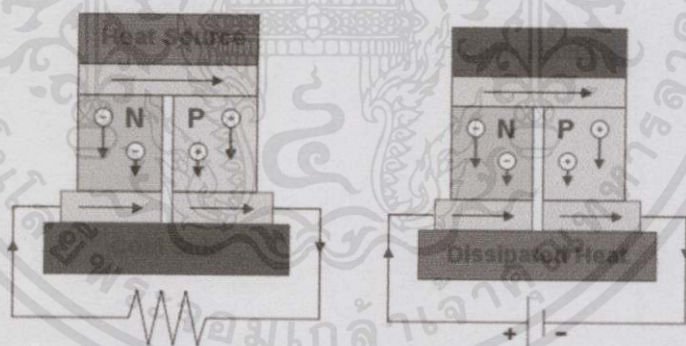
รูปที่ 2.3 ผลของเพลเทียร์ [2]

2.1.4 เพลเทียร์เอฟเฟกต์

ประวัติความเป็นมาของการค้นพบปฏิกิริยา Peltier ปรากฏการณ์ที่เรียกว่าเพลเทียร์เอฟเฟกต์ (Peltier Effect) ได้ถูกค้นพบมากกว่า 176 ปีแล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส 2 คนที่ชื่อเฟรนซ์ วัตซ์เมคเกอร์ (French Watchmaker) และยีน ชาร์เลส เอธานเนสซี เพลเทียร์ (Jean Char Athanase Peltier) เมื่อปี ค.ศ. 1834 พบว่า เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับสารกึ่งตัวนำสารกึ่งตัวนำสองด้านจะกลายเป็นผิวร้อน (Hot Surface) และผิวเย็น (Cold Surface) ขึ้นกับทิศทาง การไหลของกระแสไฟฟ้าปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) ในทางกลับกัน ถ้าถ่ายเทความร้อนให้กับผิวด้านหนึ่งจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เรียกว่า ซีแบ็คโวลต์เตจ

(Seebeck Voltage) สารกึ่งตัวนำดังกล่าวเรียกว่า P-n junction โดยที่การผลิตกระแสไฟฟ้าจะต่อแบบอนุกรม การทำความเย็นจะต่อแบบขนานเป็นแบบแชนวิซระหว่างแผ่นฉนวนเซรามิก มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาศัยหลักการของปรากฏการณ์เพลเทียร์ซึ่งจัดเป็นปั๊มความร้อน (Heat Pump) เรียกว่า เทอร์โมอิเล็กทริก เพลเทียร์มีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1785-1845 ความสำเร็จจากการค้นพบปรากฏการณ์เพลเทียร์เอาการทดลองของ โทมัส โจแฮน ซีเบ็ค (Thomas Johann Seebeck) ซึ่งเขาได้แสดงผลการทดลองค้นคว้าของเขาที่เรียกว่า ซีเบ็คเอฟเฟกต์ (Seebeck Effect) เทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิดคือสาร N-Type และสาร P-Type ซึ่งต่ออนุกรมกันทางไฟฟ้าและต่อขนานกันทางความร้อน การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อป้อนพลังงานความร้อนเข้าที่ด้านหนึ่งของเทอร์โมอิเล็กทริก และควบคุมอุณหภูมิอีกด้านหนึ่งไว้ที่ระดับต่ำกว่า โดยใช้ตัวระบายตัวความร้อน ผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลได้ถ้ามีภาระทางไฟฟ้าต่ออยู่ภายนอกทำให้วงจรสมบูรณ์ แรงดันและกำลังงานที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้นั้นจะขึ้นอยู่กับพลังงานความร้อนที่ได้รับ ระบบระบายความร้อน และจำนวนของโมดูลที่นำมาต่อรวมกันดังในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของเทอร์โมอิเล็กทริก [3]

2.1.5 กลไกการถ่ายเทความร้อน

กลไกการถ่ายเทความร้อนคือ วิธีการที่ความร้อนเกิดการเคลื่อนตำแหน่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยกลไกการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่มนุษย์เรามีอยู่กัน 3 วิธี คือ การนำความร้อน การแผ่รังสี และ การพาความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 1. การนำความร้อนคือ การที่ความร้อนจากจุดหนึ่งส่งผ่านเนื้อของสสารไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยเนื้อของสสารที่นิ่งอยู่กับที่ตัวอย่างของการนำความร้อน เช่น การที่เราจับปลายของที่คีมที่คีบถ่านไฟ

เป็นเวลานานพอเราจะรู้สึกร้อนเพราะความร้อนไหลผ่านเนื้อวัสดุขึ้นมาก จากจุดที่ปลายของที่คีมที่จับถ่านไฟขึ้นมาที่บริเวณมือที่จับคีมอยู่เอง

2. การแผ่รังสีคือ การที่ความร้อนจากจุดจุดหนึ่งเคลื่อนที่ไปยังอีกจุดอีกจุดหนึ่ง โดยการที่จุดที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีซึ่งเป็นกลุ่มของพลังงานรูปหนึ่ง ในอัตราการจ่ายพลังงานที่มากกว่าไปให้จุดอีกจุดหนึ่งที่มี อุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับการแผ่รังสีนั้นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อน ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการ เคลื่อนที่ของความร้อนก็สามารถแผ่รังสีก็เกิดผ่านเนื้อของสสารได้

3. การพาความร้อนคือ การที่ความร้อนจากจุดหนึ่ง ในสสารเคลื่อนที่ไปยังอีกจุดหนึ่งในสสาร โดยติดไปกับสสารที่เกิดการเคลื่อนที่ และการพาความร้อนเป็นกลไกการถ่ายความร้อนเพราะตัวความร้อนไม่ได้ผ่านสสาร ไปด้วยตัวของมันเอง

2.1.6 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิสามารถเกิดได้ทั้งในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แต่เนื่องจากการไหลหมุนเวียนเกิดขึ้นในของเหลวและแก๊ส แต่สำหรับในของแข็งทึบแสงจะไม่มี การเคลื่อนไหวภายในวัสดุจะมีแต่การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำเพียงอย่างเดียว อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วนกับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) [4] คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ดังสมการที่ (2.5)

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.5)$$

โดยที่	q_k	คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาหรือการนำความร้อน
	A	คือ พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน
	T	คือ อุณหภูมิ, K
	X	คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of Conduction) เครื่องหมายลบที่อยู่ทาง
หน้าว่ากรณิดๆทั้งสี่นี้ อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำเนื้อหา
ขวามือของสมการเป็นผลเนื่องจากกฎข้อที่สองทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกำหนดว่าความร้อนจะต้อง

สำหรับนิยามความหมายของค่าการนำความร้อนไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากความลาดชันของอุณหภูมิจะต้องลดลงเมื่อระยะทาง X เพิ่มมากขึ้น จึงมีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นหากต้องการให้อัตราการถ่ายเทความร้อนไหลในทิศทางที่เป็นบวกหรือมีค่าเป็นบวก จะต้องเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวาของสมการ เป็นสมการที่ใช้สำหรับนิยามความหมายของค่าการนำความร้อน (k) อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น รูปทรง ความหนา และวัสดุที่ใช้ในการทำตัวกลาง รวมทั้งความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างตัวกลาง

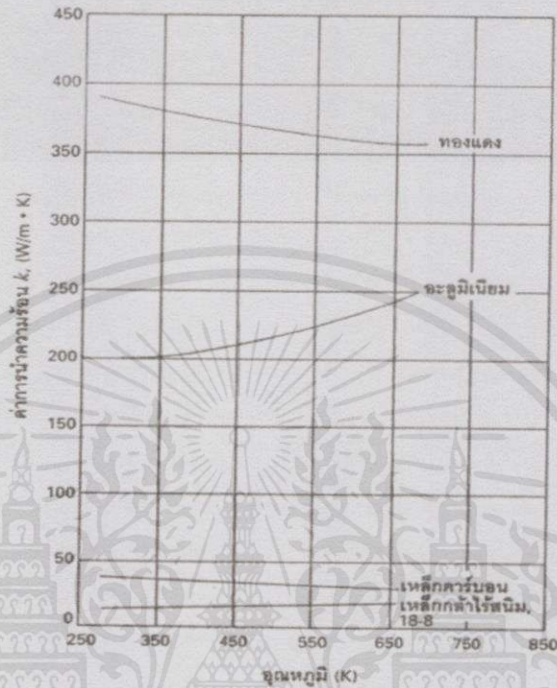
ความสามารถในการนำความร้อนของสาร วัดด้วยปริมาณที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หรือใช้ตัวอักษรย่อว่า k มีหน่วยเป็น $W/m K$ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางที่มีความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน

ค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในของเหลวของแข็ง และแก๊ส ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของแก๊สไม่สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัสดุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิ แต่การนำไปใช้งานในด้านการปฏิบัตินั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิจำกัด สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ จะมีค่า k สูง ส่วนสารที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ เช่น สารอโลหะ ก็จะมีค่า k ต่ำ ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่างๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (Conductor) และสารที่มีค่า k ต่ำ จะเรียกว่า ฉนวน (Insulator)

กลไกการถ่ายเทความร้อนโดยการนำของก๊าซสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีคิเนติกว่า เนื่องจากโมเลกุลของแก๊สที่มีการเคลื่อนที่อิสระ ไม่มีเส้นทางเคลื่อนที่ที่ตายตัวแน่นอนตายตัว ดังนั้นเมื่อโมเลกุลเหล่านั้นเกิดการชนกันขึ้นก็จะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานโมเมนตัมซึ่งกันและกัน แต่เนื่องจากโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงนั้นมีพลังงานจลน์มากกว่า ดังนั้นเมื่อโมเลกุลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะพาเอาพลังงานจลน์ไปในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่านั้นด้วย และเมื่อโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงเกิดชนกับโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์ต่ำกว่าก็จะมีการถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้น กลไกการนำความร้อนทางกายภาพในของเหลวมักมีลักษณะเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบลงนอกราย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีใดๆ

โมเลกุลของของเหลวนั้นมีจำนวนหนาแน่นกว่า และสนามของแรงในของเหลวมีบทบาทต่อการถ่ายเทพลังงานมากกว่า ดังนั้นลักษณะการถ่ายเทความร้อนจึงมีความซับซ้อนกว่าแก๊ส



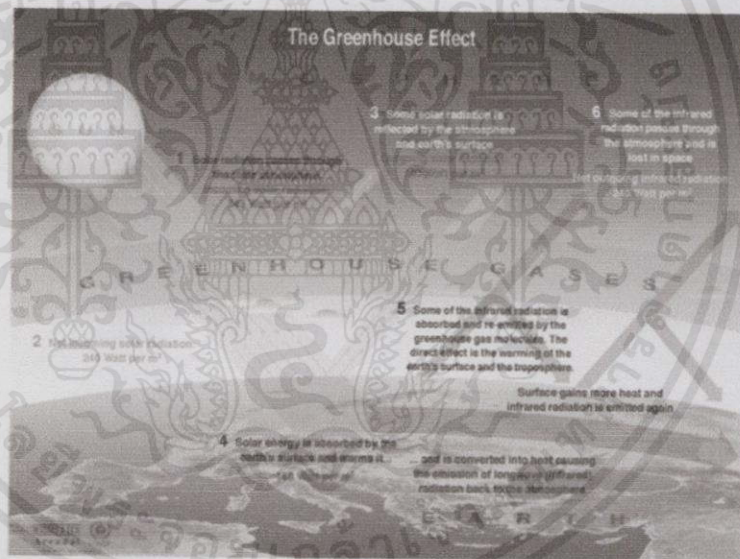
รูปที่ 2.5 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ [5]

จากรูปที่ 2.5 นั้นเป็นค่าการนำความร้อน k ของโลหะและโลหะที่เป็นของแข็งบางชนิด พลังงานความร้อนในวัตถุที่เป็นของแข็งนั้นจะถูกเคลื่อนย้ายโดยอิเล็กตรอนอิสระ และการสั่นสะเทือนภายในโครงสร้างโดยปกติแล้วการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นการเคลื่อนที่ที่มีบทบาทสำคัญ และเนื่องจากภายในตัวนำไฟฟ้าที่ดีนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นจำนวนมากที่เคลื่อนที่ไปมาอยู่ภายในโครงสร้างของมัน ดังนั้นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจึงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย ในทำนองเดียวกันวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีก็จะเป็นฉนวนความร้อนที่ดีด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามสมรรถนะในการป้องกันความร้อนของฉนวนจะดีหรือเลวเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการกักอากาศไว้ในรูพรุนของโครงสร้างวัตถุเหล่านั้น การถ่ายเทความร้อนในวัตถุเหล่านั้นเกิดขึ้นได้หลายวิธีด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำรายงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือ กระบวนการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวโลก ถูกดูดซับโดยก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ และแผ่รังสีกลับในทุกทิศทาง เนื่องจากการแผ่รังสีกลับนี้บางส่วน กลับไปยังพื้นผิว และชั้นบรรยากาศที่ต่ำกว่าทำให้ระดับอุณหภูมิพื้นผิวโลกเฉลี่ยสูงกว่า ถ้าไม่มีก๊าซเหล่านี้การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ความถี่แสงที่ตามองเห็นผ่านชั้นบรรยากาศเป็นส่วนใหญ่ และทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น แล้วจะมีการแผ่พลังงานนี้ออกมาในรูปรังสีความร้อนอินฟราเรดที่มีความถี่ต่ำกว่า การแผ่รังสีอินฟราเรดถูกก๊าซเรือนกระจกดูดซับไว้ และจะมีการแผ่พลังงานปริมาณมากกลับไปยังพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศที่ต่ำกว่า กลไกดังกล่าวตั้งชื่อตามปรากฏการณ์ที่การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจกแล้ว ทำให้เรือนกระจกอุ่นขึ้น แต่วิธีการกักเก็บความร้อนนั้นแตกต่างกัน โดยเรือนกระจกเป็นการลดการไหลของอากาศ แยกอากาศที่อุ่นข้างในเพื่อที่ความร้อนจะไม่สูญเสียไปโดยการพาความร้อน เป็นต้นในรูปที่ (2.6)

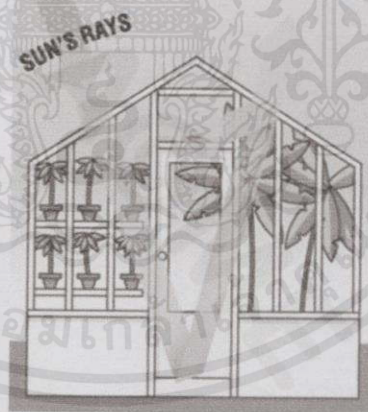


รูปที่ 2.6 สภาวะเรือนกระจก [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 เรือนกระจกจริง

เรือนกระจกทำด้วยกระจก การร้อนขึ้นเกิดจากการอุ่นขึ้นของพื้นภายในเรือนซึ่งเป็นตัวทำให้อากาศในเรือนอุ่นขึ้น อากาศค่อยๆ ร้อนขึ้นเพราะมันถูกกักไว้ในเรือนกระจก ต่างกับสภาพนอกเรือนกระจกที่อากาศอุ่นใกล้ผิวพื้นลอยตัวขึ้นไปผสมกับอากาศเย็นตอนบน ซึ่งทดลองได้โดยการลองเปิดช่องเล็กๆ ตอนบนสุดของเรือนกระจก อุณหภูมิอากาศภายในจะเย็นลงทันทีซึ่งเคยมีการทดลองมาแล้ว (Wood, 1909) โดยการสร้างเรือนกระจกด้วยเกลือหิน (ซึ่งโปร่งแสงอินฟราเรด) และทำให้อุ่นได้เหมือนกับที่สร้างด้วยกระจก ดังนั้นการอุ่นขึ้นของอากาศจึงเกิดจากการป้องกันไม่ให้เกิด “การพาความร้อน” แต่ปรากฏการณ์เรือนกระจกของบรรยากาศกลับลด “การสูญเสียการแผ่รังสี” ไม่ใช่การพาความร้อน ดังนั้นจึงอาจพบแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับการอุปมาเรือนกระจกที่ผิดๆ ได้มาก ถึงแม้ว่ากลไกขั้นต้นของการร้อนขึ้นของเรือนกระจกคือ การป้องกันไม่ให้เกิดการผสมกับอากาศอิสระของบรรยากาศภายนอกก็ตาม คุณสมบัติการกระจายรังสีของกระจกก็ยังมีสำคัญ เกษตรกรผู้ปลูกต้นไม้เชิงพาณิชย์อยู่ด้วยการพัฒนาสมัยใหม่ของพลาสติก และกระจกที่ใช้กับเรือนกระจก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดการปลดปล่อยรังสีดวงอาทิตย์ได้ตามชนิดของพืชที่ต้องการแสงในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน สภาพของเรือนกระจกจริงในรูปที่ (2.7)



รูปที่ 2.7 เรือนกระจกจริง [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการออกแบบ การทดลองและหลักการออกแบบรวมถึงการ Simulation โดยโปรแกรม Soliwork จากตัวโมดูลเก็บเกี่ยวพลังงานจากดิน โดยเทอร์โมอิเล็กทริก

3.1 หลักการออกแบบโมดูลทดลอง

จากหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น จะมีพลังงานต่อเมื่อ 2 ด้านของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิ จึงด้วยการออกแบบให้ทั้ง 2 ด้าน มีการรับความร้อน และมีการระบายความร้อนได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งการนำความร้อนในด้านรับความร้อนเพียงแค่นี้ตัวนำก็สามารถนำความร้อนได้แล้ว

3.2 เทอร์โมอิเล็กทริก

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์ทำความเย็นแบบเซรามิกคือ เทอร์โมอิเล็กทริกหรือเพลเทียร์ รุ่น TEC1-12706 ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังตารางที่ 3.1 [9]

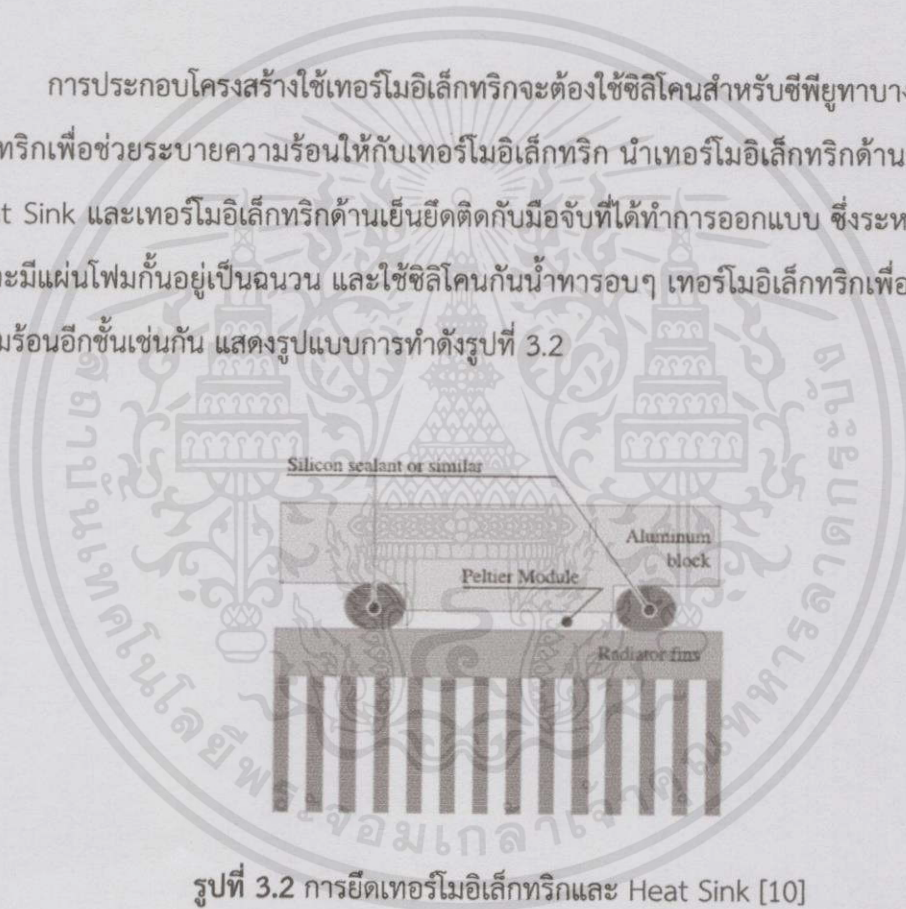
รูปที่ 3.1 Thermoelectric รุ่น TEC1-12706

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติต่างๆ ของ Thermoelectric รุ่น TEC1-12706 [9]

Thermoelectric (TEC1-)	12706
Qmax (Watts)	57
Delta Tmaz (°C)	75
I _{max} (Amps)	6.4
V _{max} (Volts)	16.4
Module Resistance (Ohms)	2.3

การประกอบโครงสร้างใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องใช้ซิลิโคนสำหรับซีฟิยูทาบ่างๆ ที่เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก นำเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนยึดติดกับ Heat Sink และเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นยึดติดกับมือจับที่ได้ทำการออกแบบ ซึ่งระหว่างชั้นทั้งสองนั้นจะมีแผ่นโฟมกันอยู่เป็นฉนวน และใช้ซิลิโคนกันน้ำทารอบๆ เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนอีกชั้นเช่นกัน แสดงรูปแบบการทำดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การยึดเทอร์โมอิเล็กทริกและ Heat Sink [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบโมดูลทดลอง

3.3.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน

ตามทฤษฎีวัสดุที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนจำเป็นต้องมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดี จะอาศัยค่าการนำความร้อน ซึ่งค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิ สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูงคือ โลหะจะมีค่า k สูง ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่างๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (Conductor) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะ อโลหะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สบางชนิด [5]

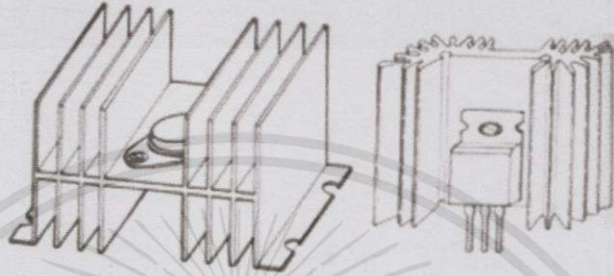
ชนิดของวัสดุ	ค่าการนำความร้อนที่ 300 K (W/m.K)
ทองแดง	386
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
แก้ว	0.75
พลาสติก	0.2-0.3
น้ำ	0.6
น้ำมันเครื่อง	0.15
ไฮโดรเจน	0.18
อากาศ	0.026

จากข้อมูลในตารางเห็นได้ว่า ทองแดงเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่ดีที่สุด และอะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่รองลงมา ที่อุณหภูมิ 300K (27 °C) จึงเลือกอะลูมิเนียมเป็นวัสดุเพื่อที่จะนำมาทำเป็นชุดทดลองทดลองเพราะอะลูมิเนียมนี้มีราคาถูกกว่าและหาซื้อได้ง่าย ดังนั้นจึงเลือกวัสดุนี้มาทดสอบกับโปรแกรม Solidworks ก่อน จากนั้นดูผลการทดลองว่าวัสดุที่เหมาะสมจะนำไปทำเป็นต้นแบบโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากด้านร้อนมีเพียงตัวนำก็สามารถนำความร้อนได้แล้ว จึงมาออกแบบด้านการระบายความร้อน ซึ่งจะใช้หลักการของ Heat Sink และพัดลมระบายความร้อน อย่างใน CPU ของคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3.1 เพื่อให้การระบายความร้อนได้ดีขึ้น

3.3.2 การเลือกใช้ฮีตซิงค์



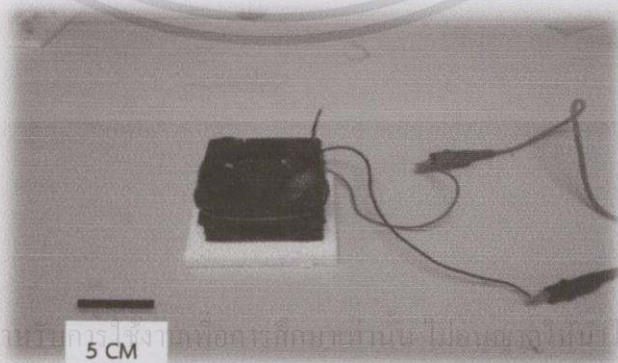
รูปที่ 3.3 แผ่นระบายความร้อนแบบฉีดยึดเป็นเส้น [8]

แผ่นระบายความร้อนแบบฉีดยึดเป็นเส้น

แผ่นระบายความร้อนแบบฉีดยึดเป็นเส้น (Extrude Heat Sink) เป็นแบบที่เห็นกันมากที่สุดในเมืองไทย ดังรูปที่ 3.3 ส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องขยายเสียงหรือเครื่องจ่ายไฟ โดยใช้เป็นตัวระบายความร้อนให้ทรานซิสเตอร์กำลังหรือมอสเฟตกำลัง (Power MOSFET) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการระบายความร้อนสูงมาก

3.3.3 ตัวตันแบบโมดูล

จากการเลือกใช้วัสดุทั้งอะลูมิเนียม และการเลือกใช้ Heat Sink ในการระบายความร้อนนั้น จึงนำมาประกอบเป็นชิ้นงานได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.4 ตัวตันแบบโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรนำไปงานเพื่อการศึกษาดูงานนี้ ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อเอกสารนี้ด้วยวิธีใดๆทั้งสิ้นของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบชุดทดลองที่จะนำไปใช้งาน

จากที่ทดลองโดยใช้โมดูลต้นแบบแล้วค่าพลังงานที่ได้ค่อนข้างน้อย จึงต้องมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม เพื่อให้ใช้จริงจะได้พลังงานมากพอที่จะนำไปใช้ได้จึงมีแนวทางแก้ไขอยู่ 2 แบบคือ

3.4.1 เพิ่มจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกและเปลี่ยนขนาด Heat Sink

การเพิ่มจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกนั้นเพื่อให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าเดิม จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการเปลี่ยนขนาด Heat Sink จะทำให้มีการระบายความร้อนได้ดีขึ้น นั่นคือสามารถทำความแตกต่างของอุณหภูมิทั้ง 2 ด้านของเทอร์โมอิเล็กทริกได้มากขึ้น และจะทำให้ได้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นตาม ซึ่งได้ใช้ Heat Sink เบอร์ 0110A ซึ่งเมื่อประกอบแล้วจะออกมาดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5 โมดูลทดลองที่เน้นการระบายความร้อนโดย Heat Sink

3.4.2 เพิ่มการระบายความร้อนโดยการติดพัดลม

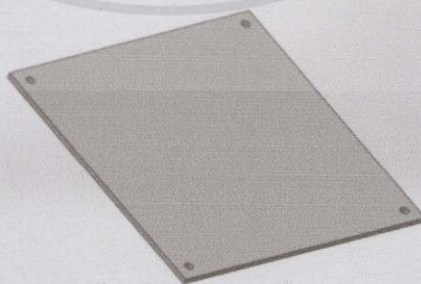
เนื่องจากมีเพียงแต่ Heat Sink ที่มีขนาดใหญ่แล้ว ก็ไม่เพียงพอต่อการระบายความร้อนให้เย็นลงได้คงที่ จึงนึกถึงพัดลมที่ติดกับตัว CPU คอมพิวเตอร์ ที่มีพัดลมเป่าความร้อนเพื่อที่จะให้อุณหภูมิของ CPU นั้นไม่ร้อนจนเกินไป โดยใช้ Heat Sink เบอร์เดิมแต่ติดพัดลมขนาด 12 cm. ลงไปด้วยดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 ตัวโมดูลทดลองที่มีการติดพัดลมช่วยระบายความร้อน

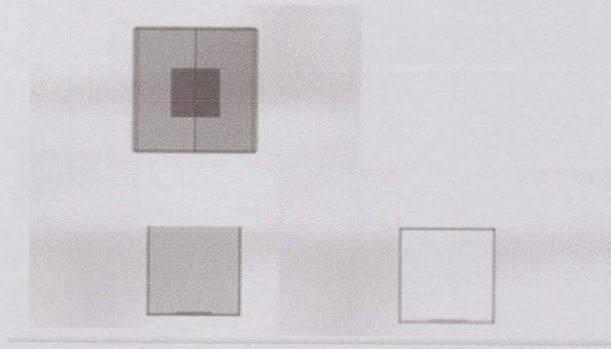
3.5 การออกแบบชุดทดลองเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์

การที่จะเก็บความร้อนได้จำเป็นต้องอยู่กลางแจ้ง เพื่อที่จะรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีอุณหภูมิสูงในตอนกลางวัน ซึ่งการจะเก็บพลังงานความร้อนเหล่านี้จึงเลือกใช้เรือนกระจก ซึ่งเรือนกระจกเป็นโครงสร้างที่มีการสะสมความร้อนได้ดี จึงมีการออกแบบทั้งเรือนกระจกและวัสดุที่เก็บความร้อนดังนี้ โดยใช้อะคริลิกใช้ทำโครงสร้างเรือนกระจก ขนาด $20*20*20 \text{ cm}^3$. และใช้อลูมิเนียม 6061 ใช้รับความร้อน ขนาด $12*12*1 \text{ cm}^3$. การนำความร้อน: ที่ 20 ถึง 100°C : $150-170 \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$ [11] ดังรูปที่ 3.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แผ่นรับความร้อน



รูปที่ 3.8 โครงสร้างกรีนเฮาส์

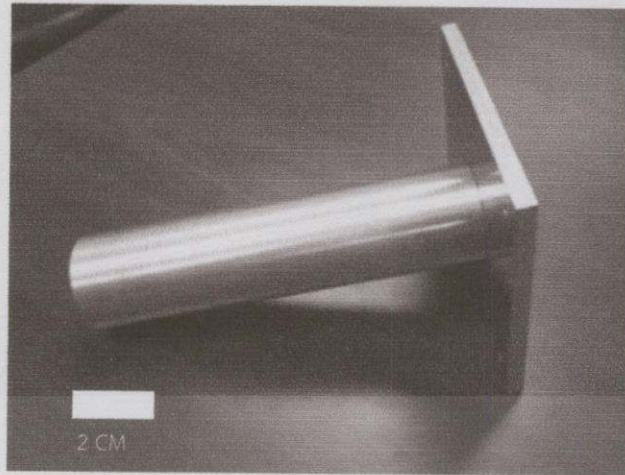
3.5.1 การออกแบบการระบายความร้อนลงใต้พื้นดิน

หลักการออกแบบคือใช้หลักการแบบ Heat Sink คือใช้ตัวนำความร้อน นำความร้อนออกจากแหล่งความร้อนนั้น แต่ตัวนำความเย็นนั้นจะเป็นการดึงเอาความเย็นจากใต้ดินมาเพื่อระบายความร้อนใต้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ต่อกันแบบอนุกรม เพื่อให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากขึ้น จึงออกแบบเป็นแท่งจับอะลูมิเนียมมีฐานหนึ่งด้านขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 4.7 นิ้ว ดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แบบจำลองตัวระบายความร้อนลงใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ตัวระบายความร้อนลงใต้ดิน

3.5.2 โครงสร้างของตัวเก็บพลังงานที่จะนำไปใช้งาน

จากโครงสร้างหลายๆ ชิ้นมารวมกัน เราจะได้ใช้หลักการหลายๆ หลักการมารวมกัน เช่น ด้านบนเป็นการกักเก็บพลังงานความร้อนโดยหลักการของกรีนเฮาส์ ด้านล่างใช้หลักการของมือจับ ระบายความร้อนที่เป็นการนำความเย็นจากน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ จึงได้เป็นโครงสร้างตัวเก็บพลังงานจาก ดินดังในรูปที่ 3.11

3.5.2.1 โครงสร้างกรีนเฮาส์

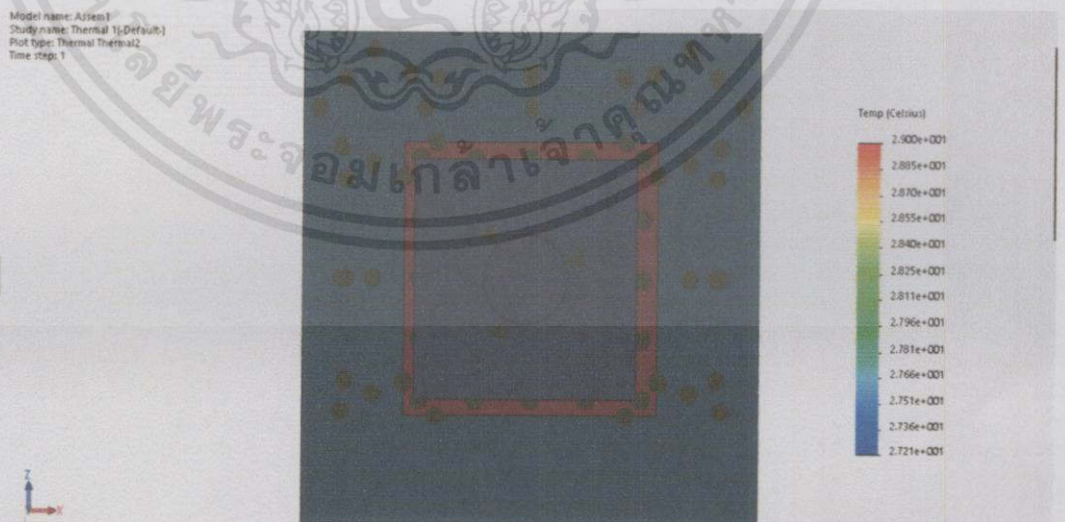
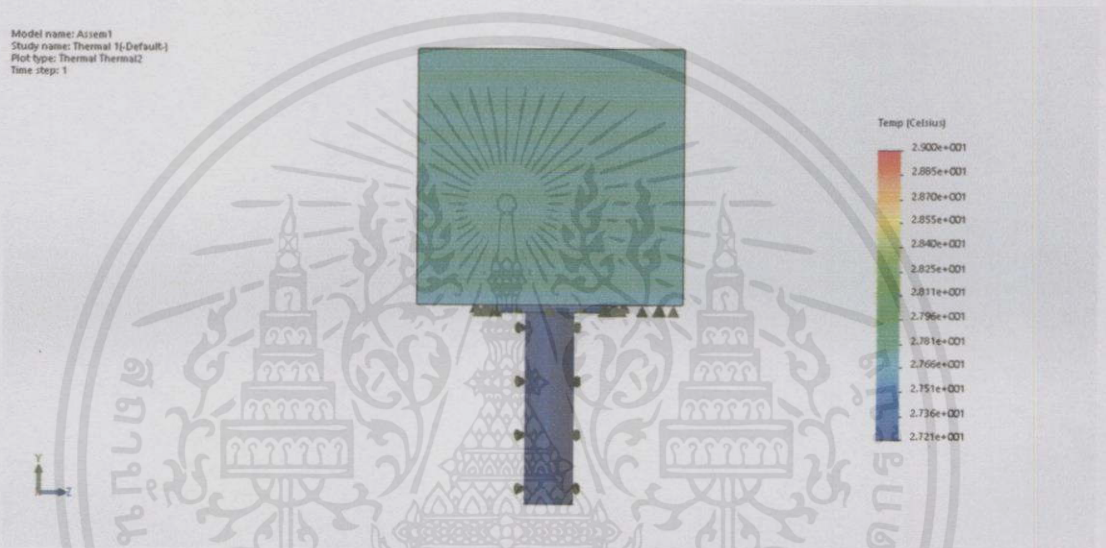


รูปที่ 3.11 โครงสร้างตัวเก็บพลังงานที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 ผลการ Simulation ทั้งโครงสร้างอุณหภูมิจนในโครงสร้างทั้งหมด

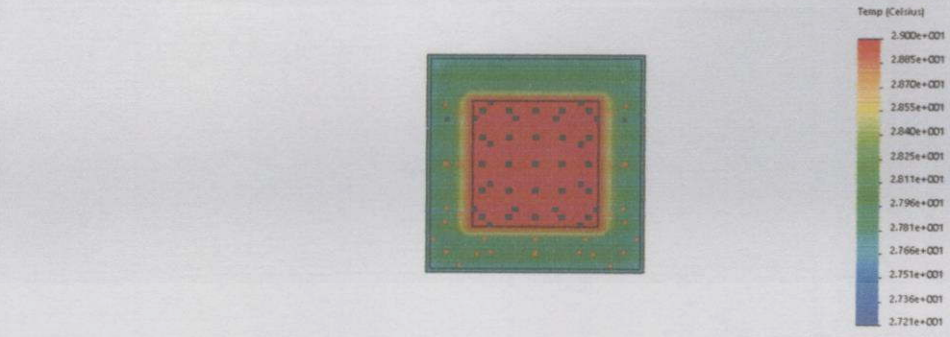
จากการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ได้แล้ว หลังจากนั้นก็ได้ทำการ Simulation โดยโปรแกรม Soliwork เพื่อที่จะทราบว่าโครงสร้างที่ออกแบบมานั้น มีการเก็บกักและการดูดความร้อนไว้มากพอที่จะทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถทำงานได้เพียงพอ ซึ่งที่ได้ผลออกมาในรูปแบบที่ 3.12, รูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14



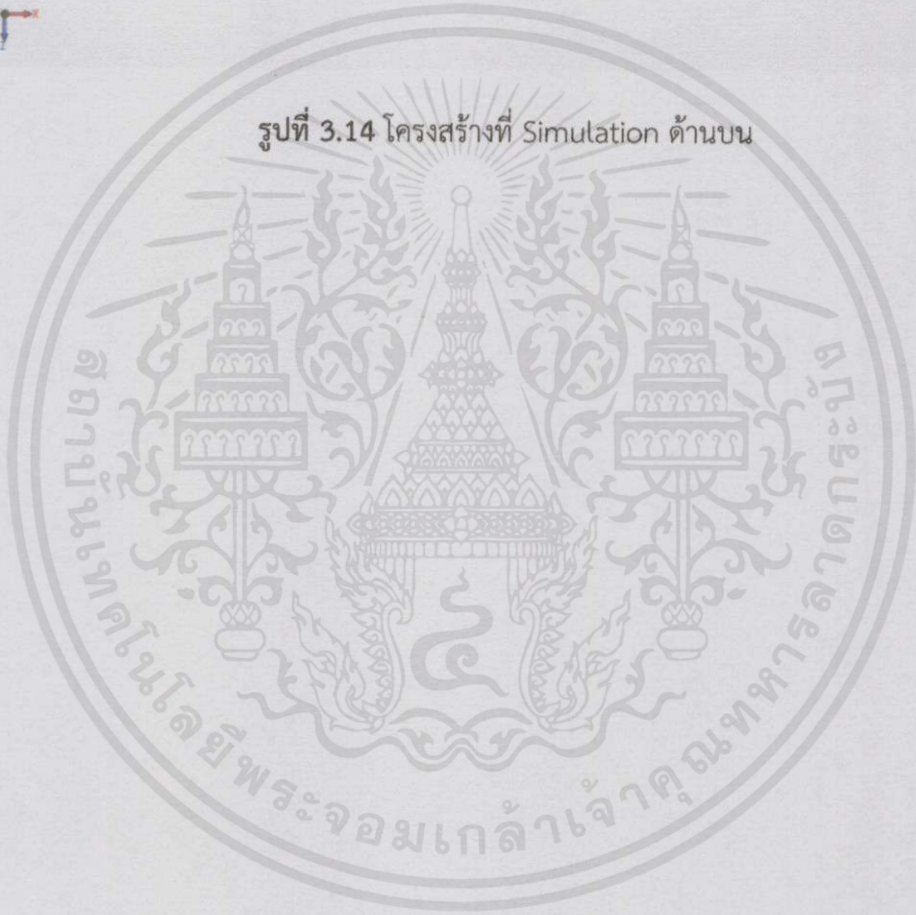
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 โครงสร้างที่ Simulation ด้านล่าง

Model name: Assem1
Study name: Thermal 1-(Default)
Plot type: Thermal Thermal2
Time step: 1



รูปที่ 3.14 โครงสร้างที่ Simulation ด้านบน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

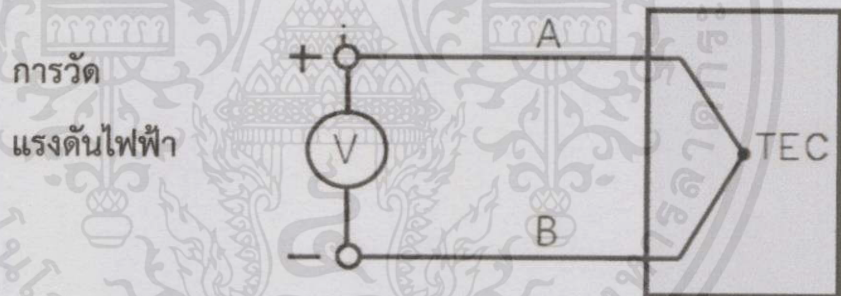
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

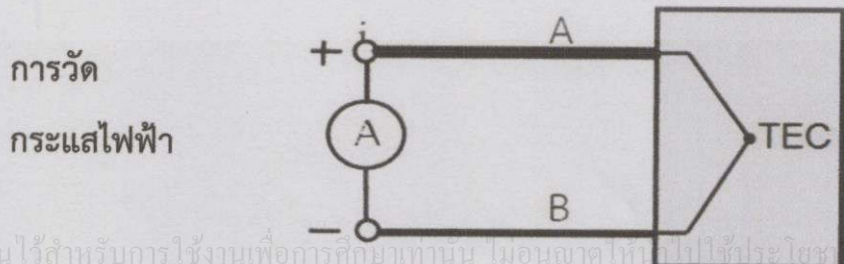
ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง โดยจะเริ่มจากการเลือกฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานที่เหมาะสม หลังจากนั้นจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบกับโครงสร้างที่เลือกมาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ ทำการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบทั้งสภาวะปกติและสภาวะที่นำไปใช้งานได้จริง, ทดสอบการทำงานจริง และสุดท้ายจะนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดมาประกอบเข้ากับอุปกรณ์ทั้งหมดมาใช้งานร่วมกัน และสามารถนำไปใช้ได้ในอนาคต

4.1 วงจรที่ใช้ในการทดลอง

แสดงการวัดค่าทางไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ มัลติมิเตอร์ Fluke ในการวัด



รูปที่ 4.1 วงจรวัดแรงดันไฟฟ้า

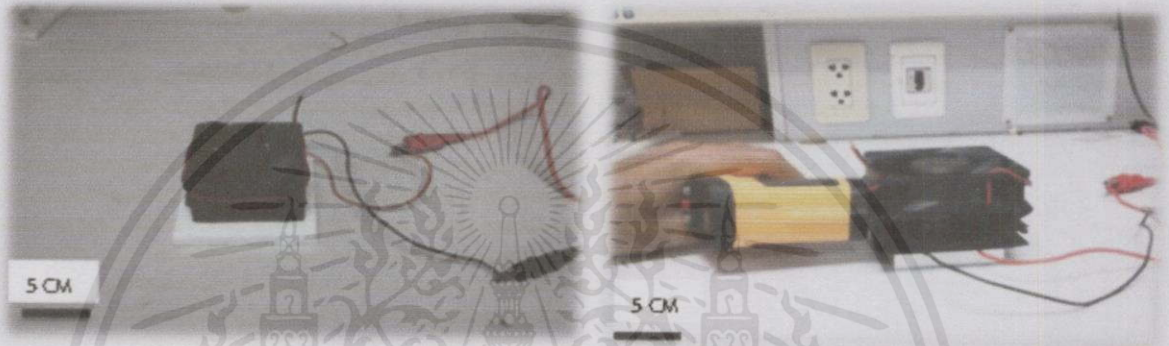


รูปที่ 4.2 วงจรวัดกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองวัดค่าความต้านทานความร้อน

ขั้นตอนการทดลองหาค่า Voltage นำแผ่นเพลเทียร์มาวางไว้บนแผ่นความร้อนที่เตรียมไว้ ให้ความร้อนแก่แผ่นความร้อนที่เตรียมไว้ทำการวัดอุณหภูมิที่ Heat Sink ก่อนทำการทดลองโดยวัดที่ครีปของ Heat Sink จากนั้นให้ความร้อนแก่แผ่นความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิจากแผ่นความร้อนที่ผิวในความลึก 1 ซม. และวัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ที่ 35, 40 ถึง 80 องศา ตามรูปที่ 4.3

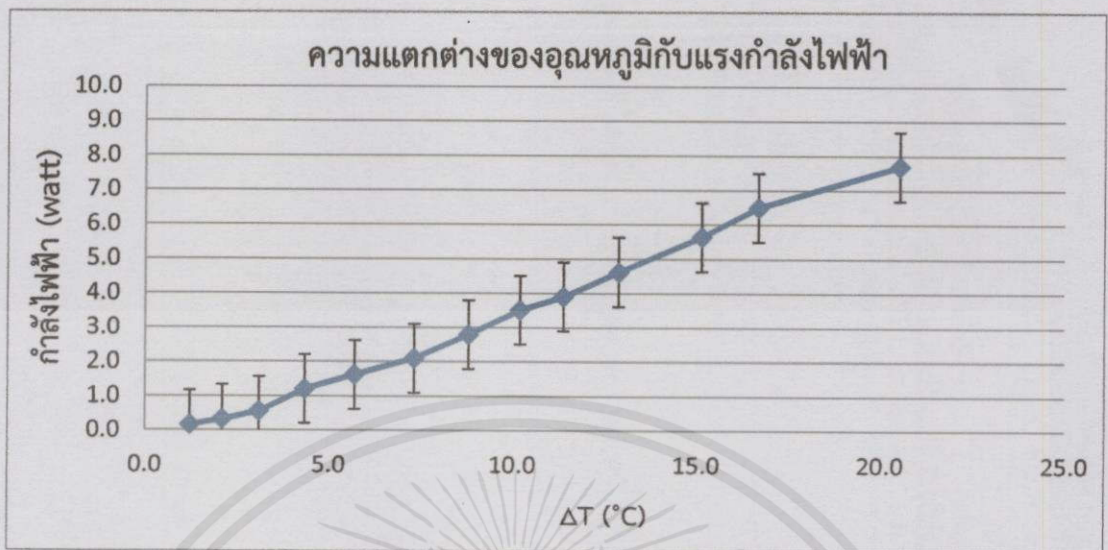


รูปที่ 4.3 อุปกรณ์และวงจรที่ใช้ทดลอง

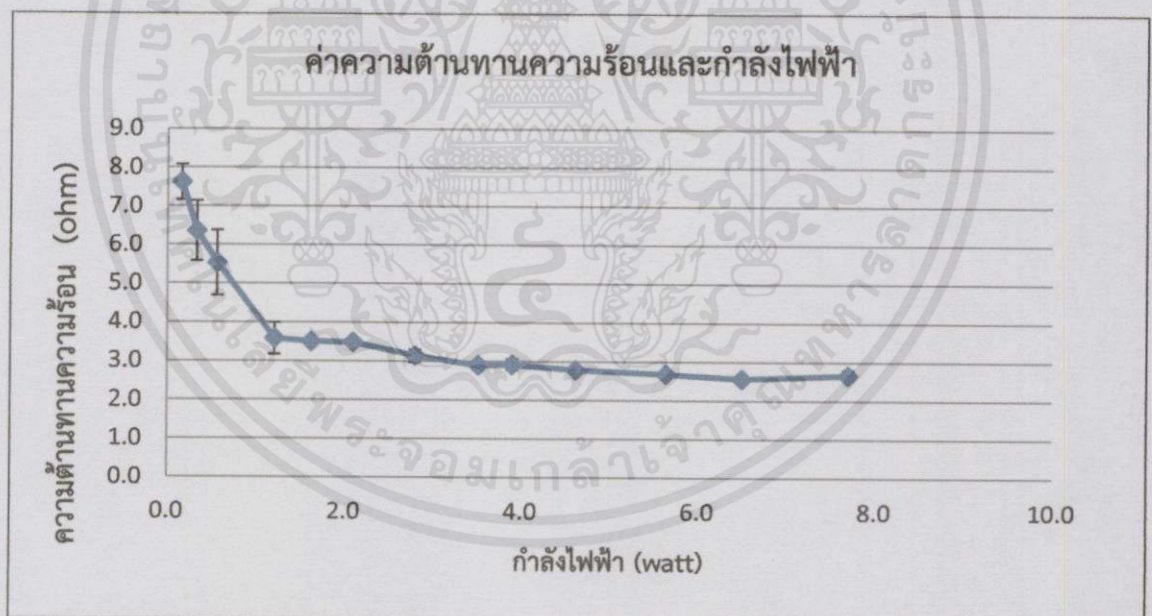
ซึ่งจากการทดลองนี้จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จะทราบการทำงานของเพลเทียร์ ที่ได้ออกมาจากการทดลองจึงสามารถหาค่าของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองไปด้วย ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการทำงานวิจัยนี้ ที่ต้องการทราบถึงค่าความสัมพันธ์ ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิและกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมา ซึ่งจะได้ผลการทดลองตามรูปที่ 4.4, รูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความแตกต่างของอุณหภูมิ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานทางความร้อนและกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองให้การหาแรงดัน และกระแสในช่วงความต่างของอุณหภูมิ
ต่างๆ (1)

Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (V)	I (A)	P (W)
35.000	24.400	10.600	0.704	0.177	0.124
40.000	25.800	14.200	0.952	0.225	0.214
45.000	26.950	18.050	1.138	0.259	0.295
50.000	28.375	21.625	1.280	0.286	0.366
55.000	29.700	25.300	1.486	0.322	0.478
60.000	31.275	28.725	1.649	0.352	0.580
65.000	32.425	32.575	1.816	0.385	0.700
70.000	33.975	36.025	1.999	0.424	0.848
75.000	35.750	39.250	2.150	0.443	0.953
80.000	37.400	42.600	2.342	0.488	1.143

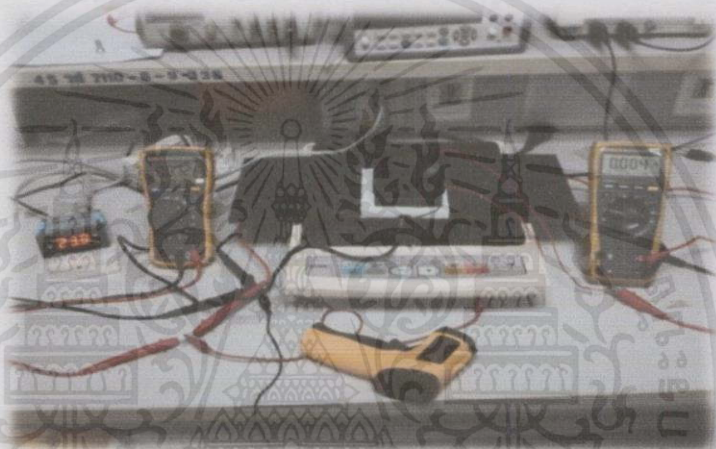
4.2.2 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากเราไม่สามารถหาซื้อ Heat Sink ที่มีค่า Thermal Resistance บอกรมาได้ จึงต้องทำการทดลองหาค่า Thermal Resistance เอง ซึ่งจะได้ผลการทดลองตามรูปที่ 4.4, รูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.1 จะได้ค่าจากการคำนวณ $R_{th} = \frac{\Delta T}{Q}$ ซึ่งค่า Thermal Resistance ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งมีค่าน้อยพอสมควรที่เหมาะสมกับการทดลองนี้ ซึ่งจะเห็นว่ายิ่ง Heat Sink ที่มีค่า Thermal Resistance น้อยจะมีการระบายความร้อนหรือการถ่ายเทความร้อนที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

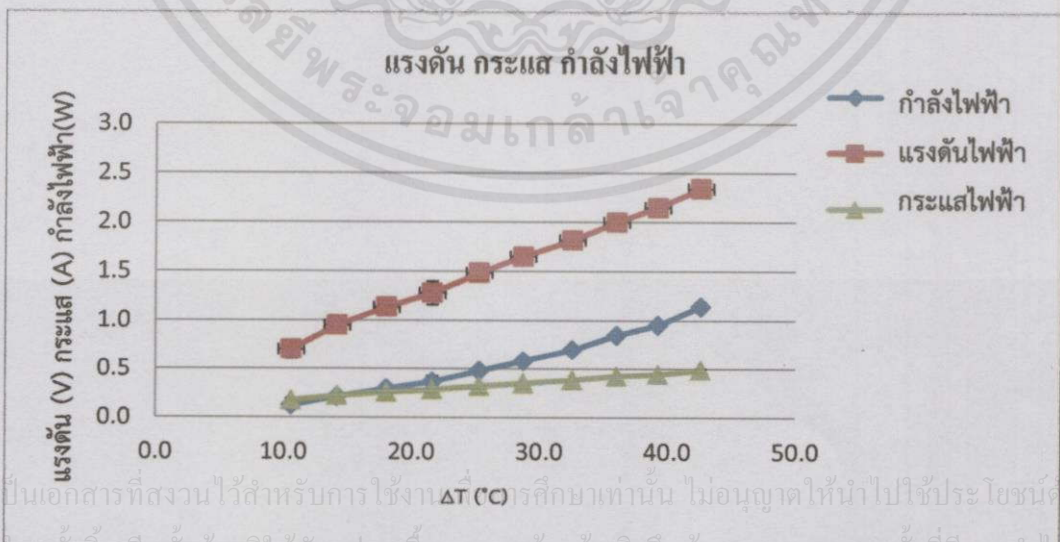
4.3 การทดลองหาค่าพลังงานที่ได้

ขั้นตอนการทดลองหาค่า Voltage นำแผ่นเพลทเทอร์มาวางไว้บนแผ่นความร้อนที่เตรียมไว้ ให้ความร้อนแก่แผ่นแผ่นที่เตรียมไว้ทำการวัดอุณหภูมิที่ Heat Sink ก่อนทำการทดลองโดยวัดที่ Heat Sink จากนั้นให้ความร้อนแก่แผ่นความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิจากแผ่นความร้อนที่ผิวในความลึก 1 ซม. และวัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าตามช่วงอุณหภูมิต่างๆ ที่ด้านร้อนที่ช่วง 35, 40 ถึง 80 องศาเซลเซียสของด้านร้อนที่เจาะเข้าไป 3 ซม. ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การควบคุมอุณหภูมินั้นมีความผิดพลาดเล็กน้อย มีการทดลองดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 อุปกรณ์ของการทดลองหาค่าพลังงาน

4.3.1 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสแรงดัน และกำลังกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองให้การหาแรงดัน และกระแสในช่วงความต่างของอุณหภูมิ
ต่างๆ (2)

Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (V)	I (A)	P (W)
35.000	24.400	10.600	0.704	0.177	0.124
40.000	25.800	14.200	0.952	0.225	0.214
45.000	26.950	18.050	1.138	0.259	0.295
50.000	28.375	21.625	1.280	0.286	0.366
55.000	29.700	25.300	1.486	0.322	0.478
60.000	31.275	28.725	1.649	0.352	0.580
65.000	32.425	32.575	1.816	0.385	0.700
70.000	33.975	36.025	1.999	0.424	0.848
75.000	35.750	39.250	2.150	0.443	0.953
80.000	37.400	42.600	2.342	0.488	1.143

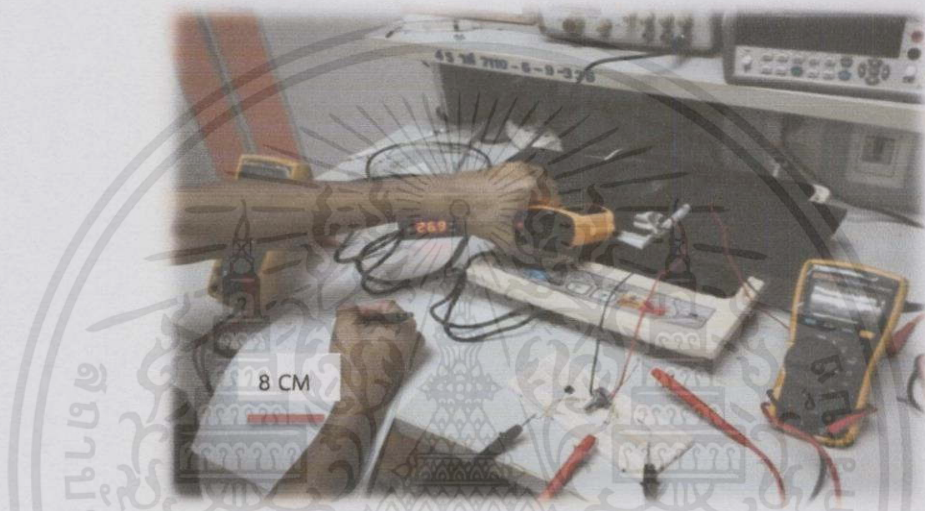
4.3.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั้ง 2 ด้านต่างกันมากก็จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ามากขึ้นตาม ดังในรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.2 แต่ในทางกลับกันจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ออกมาขึ้นน้อยลงไปอีกด้วย จึงทำให้กำลังไฟฟ้ลดลงตามไปอีกด้วยเช่นกัน ซึ่งในกราฟจะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดคือ 2.342 V ที่ไม่มีการต่อกับภาระ ได้กระแสไฟฟ้า 0.488 A และกำลังไฟฟ้า 1.143 W เมื่อความแตกต่างอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภาระ

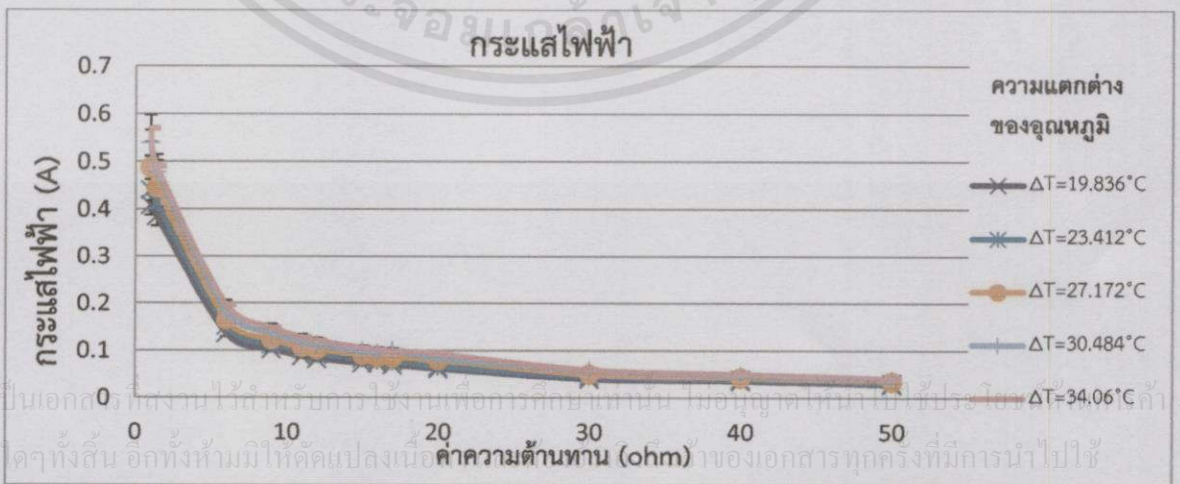
ทำการวัดอุณหภูมิที่ Heat Sink ก่อนทำการทดลอง ทำการต่อใช้ R ค่าต่างๆ เป็นโหลด และ วัดแรงดันที่คร่อม R ให้ความร้อนแก่แผ่นความร้อน ทำการวัดอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าตามช่วง อุณหภูมิต่างๆ ที่ 35, 40, 45 ถึง 80 ของด้านร้อนที่เจาะเข้าไป 3 ซม. ทำการทดลองตามในข้อ 4.3 โดยเปลี่ยนค่า R ไปเรื่อยๆ ถึง 50 โอห์ม บันทึกผลการทดลอง ซึ่งการทำการทดลองนี้เพื่อที่จะหาค่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่จะต่อกับ Load ในการใช้งาน ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มีภาระ

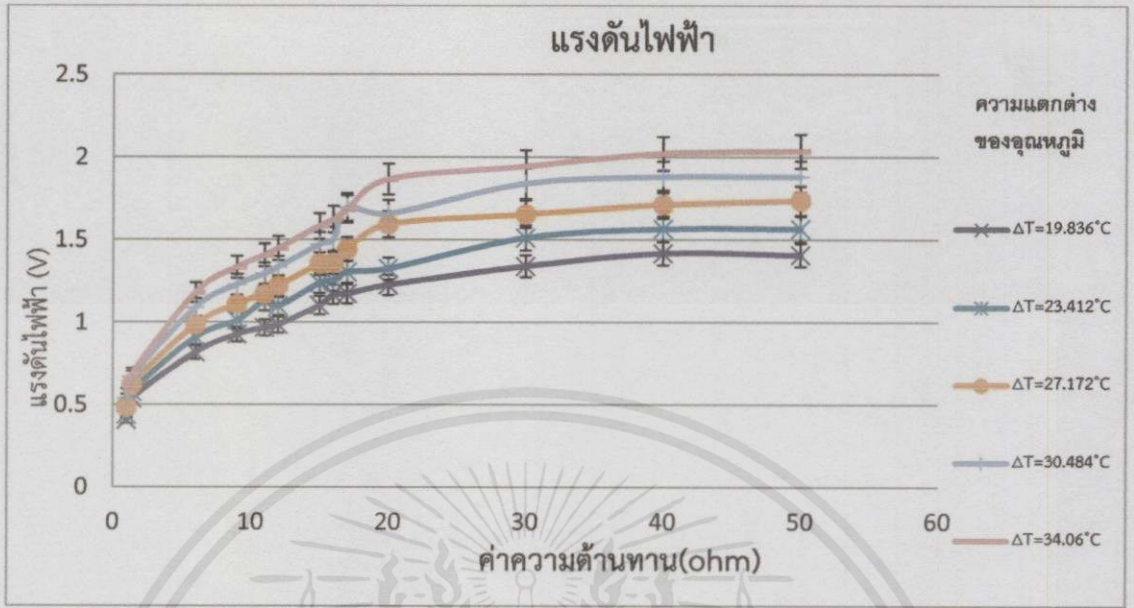
4.4.1 ผลการทดลอง

4.4.1.1 ค่ากระแสที่ได้จากชุดทดลอง



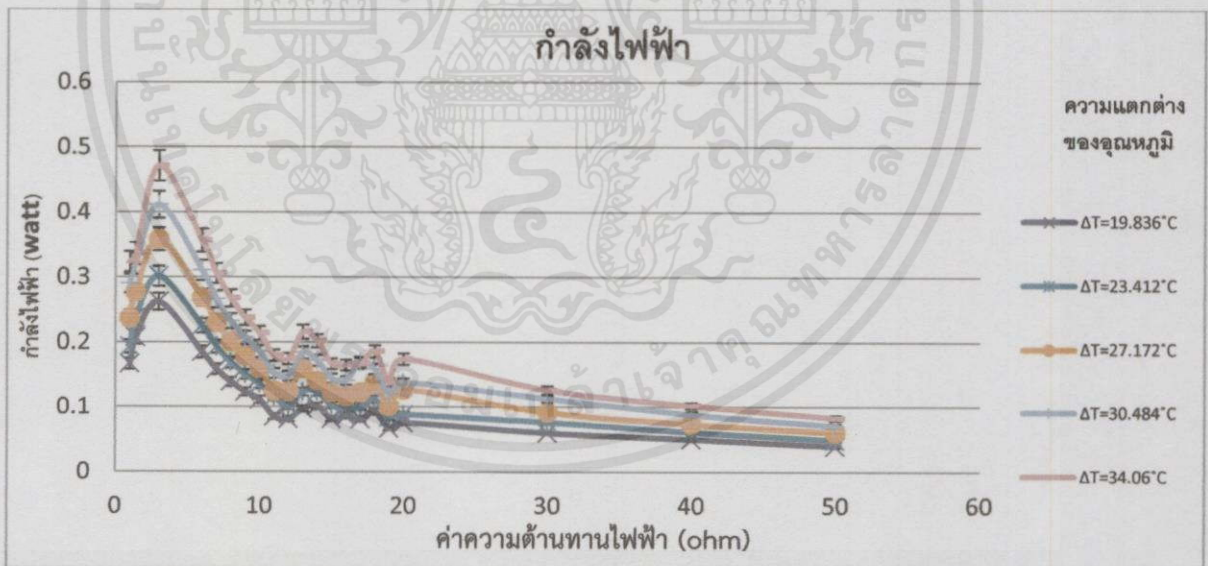
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน

4.4.1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากชุดทดลอง



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน

4.4.1.3 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดทดลอง



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่าความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 สรุปผลการทดลอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่ากำลังสูงสุดจะอยู่ที่ 0.47 W ที่ค่าความต้านทานประมาณ 3 โอห์ม แล้วหลังจากนั้น แรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามค่าความต้านทานที่สูงขึ้น แต่กำลังไฟฟ้าไม่สูงขึ้นตามดังในรูปที่ 4.9, รูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11

4.5 การทดลองการทดลองแบบ 2 โมดูล

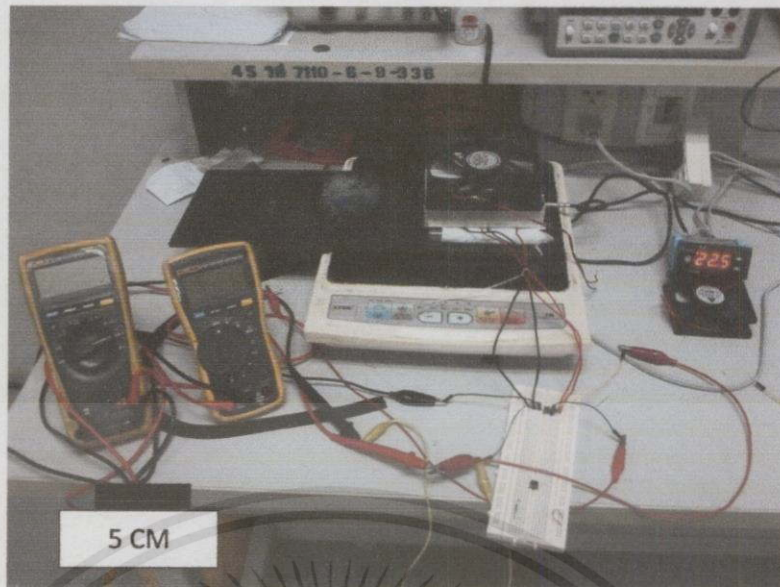
การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อเพิ่มผลของพลังงานที่ออกมาให้มากยิ่งขึ้น โดยการใช้เพลตเทียร์มาต่ออนุกรมและแบบขนาน 2 ตัวเพื่อที่จะให้พลังงานได้มากขึ้น โดยทำการทดลองแบบในการทดลองครั้งก่อนๆ ตามวงจรในรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.12 โมดูลทดลองที่ต่อแบบอนุกรม

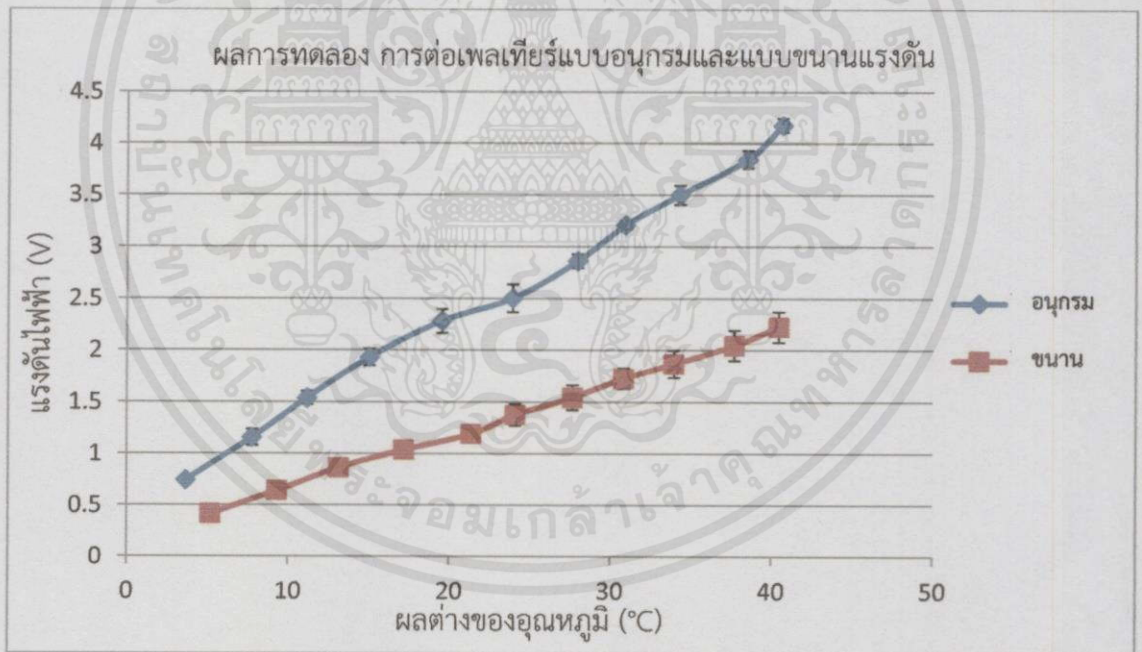
- ใช้ TEC 12706 2 ตัวต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน, แผ่นความร้อน ALUMINIUM 6061, Heat Sink เบอร์ 011A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



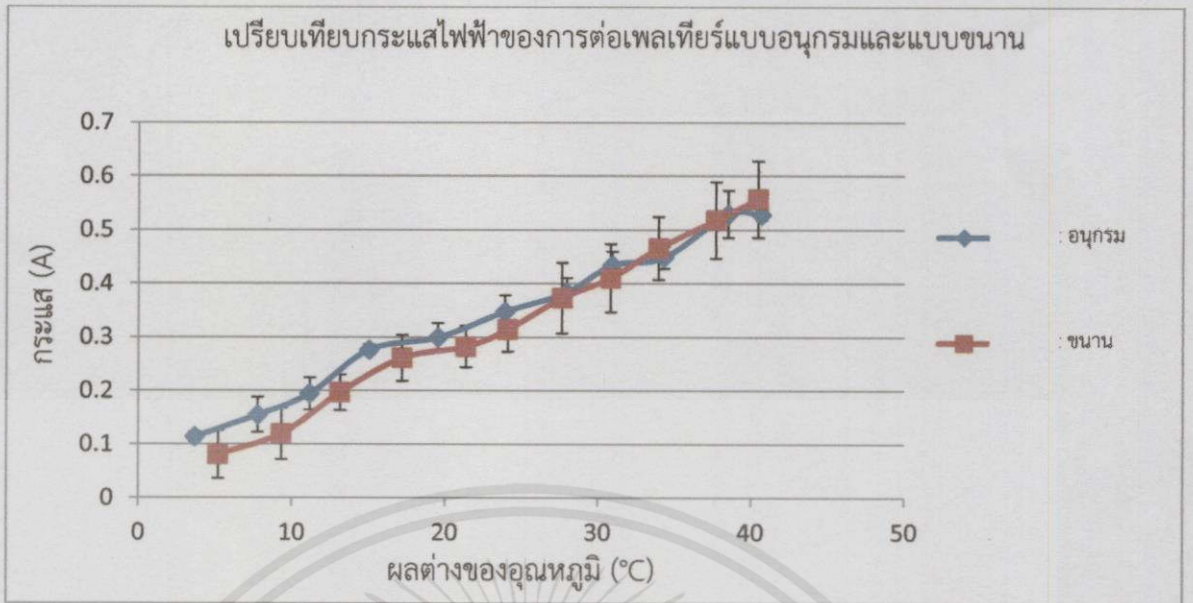
รูปที่ 4.13 การทดลองเก็บค่าพลังงาน

4.5.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง

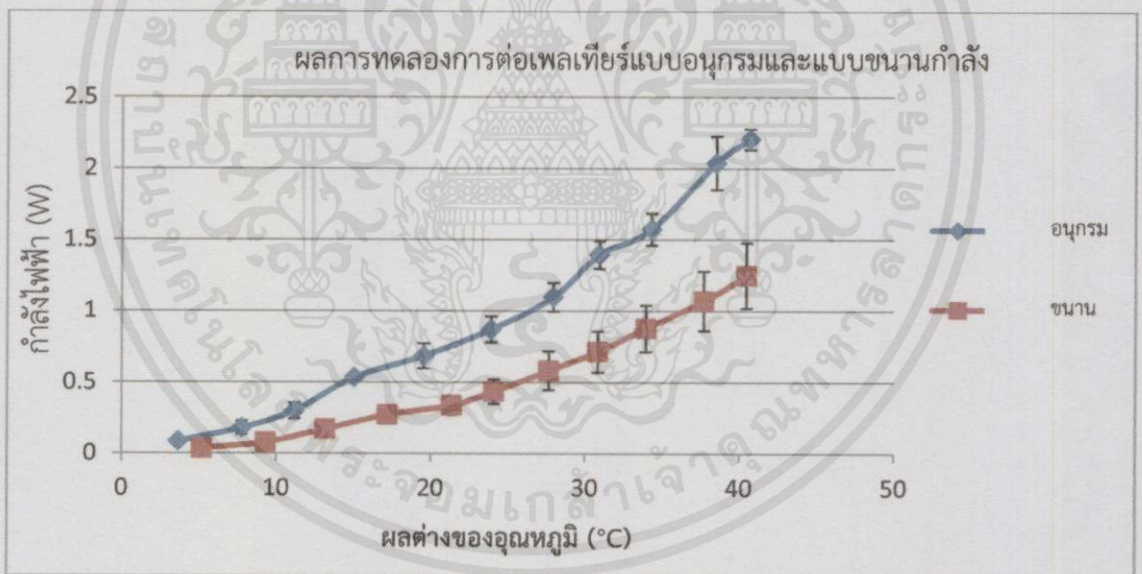


รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 'ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้'



รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าของการต่อเพลเทียร์แบบอนุกรมและแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ในการต่อแบบอนุกรมและแบบขนานนั้น จะมีความแตกต่างกันของพลังงานที่ได้ออกมา ซึ่งจะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการต่อแบบอนุกรมนั้นจะมีค่ามากกว่าการต่อแบบขนานดังในรูปที่ 4.14 แต่ในทางของกระแสไฟฟ้าการต่อแบบขนานจะให้กระแสไฟฟ้ามากกว่าแบบอนุกรมเล็กน้อยดังในรูปที่ 4.15 ซึ่งถ้านำไปใช้กับการต่อแบบหลายๆ ตัวการต่อทั้งสองกรณีนี้จะเห็นว่าด้านกำลังไฟฟ้าของการต่อแบบอนุกรมนั้นยังมีค่ามากกว่าการต่อแบบขนานดังในรูปที่ 4.16 ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าต้องการแรงดันหรือกระแสมากกว่ากัน เพราะตัวเพลเทียร์นี้มีพฤติกรรมคล้ายๆ กับตัวต้านทาน

4.6 การทดลองวัดอุณหภูมิจากดิน

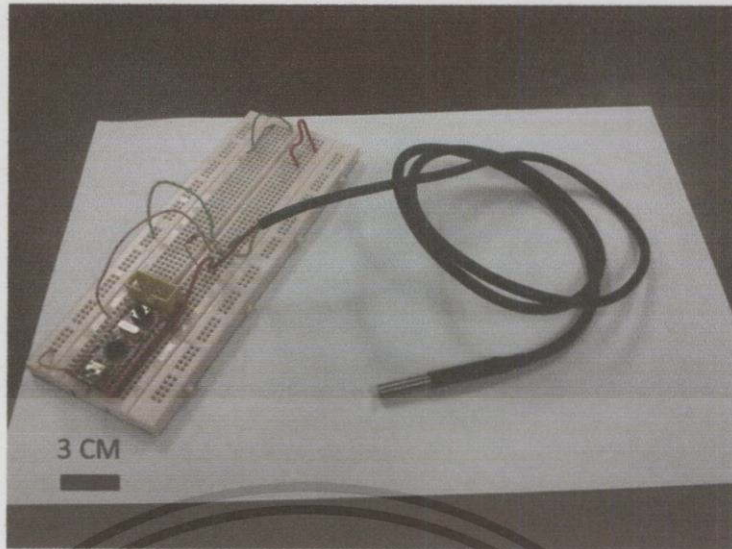
การทดลองนี้ทำการวัดอุณหภูมิดินเพื่อที่จะทดสอบว่าในชั้นใต้ดินนั้น มีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดินจริงหรือไม่เพื่อที่จะออกแบบชุดทดลองเก็บพลังงานได้

4.6.1 ผลการทดลอง

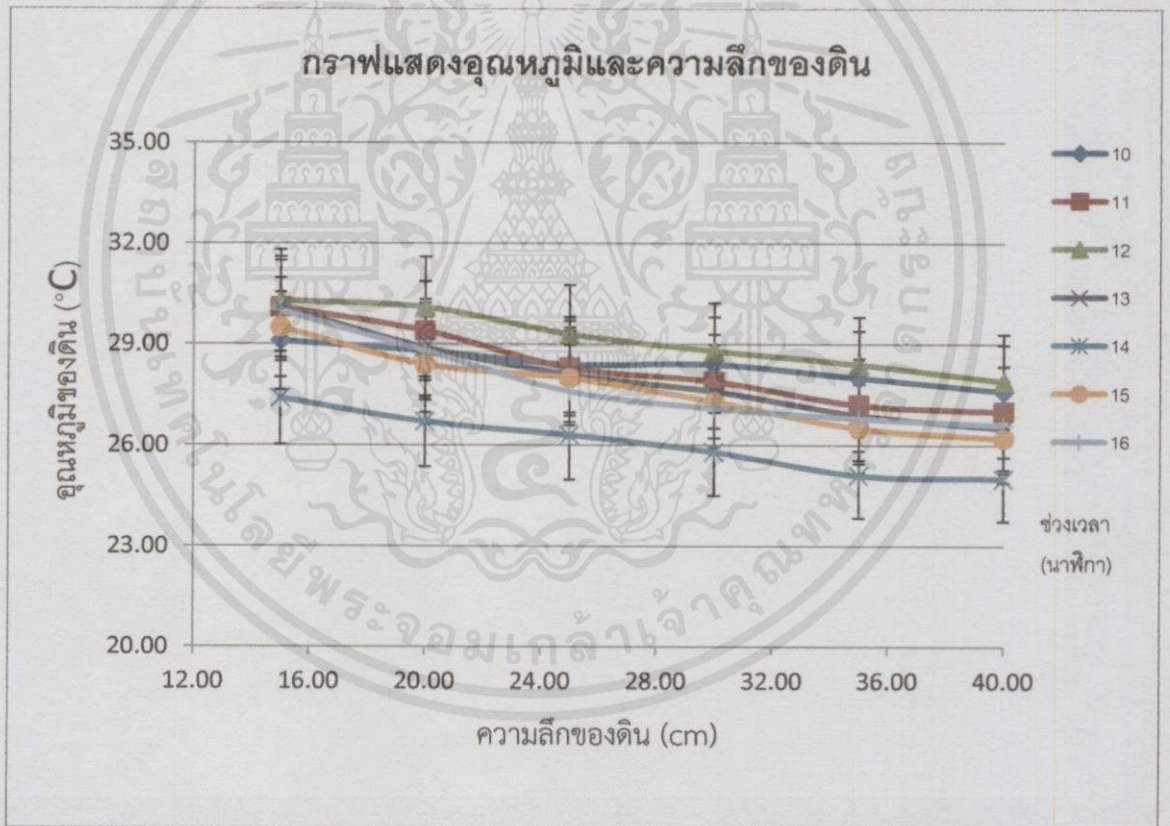
ทำการทดลองโดยขุดหน้าดินลงไปแล้วใช้ท่อ PVC เจาะลงไปใต้ดินเพื่อไม่ให้หน้าดินสูญเสียความชื้นและอุณหภูมิก่อนออกไป จากนั้นใช้ Temp Sensor 1-Wire Digital Thermometer ฝังลงไปใต้ดิน ดังรูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษา **รูปที่ 4.17** การทดลองเก็บค่าอุณหภูมิดิน ห้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 อุปกรณ์เก็บค่าอุณหภูมิดิน



รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิระดับความลึกของดิน

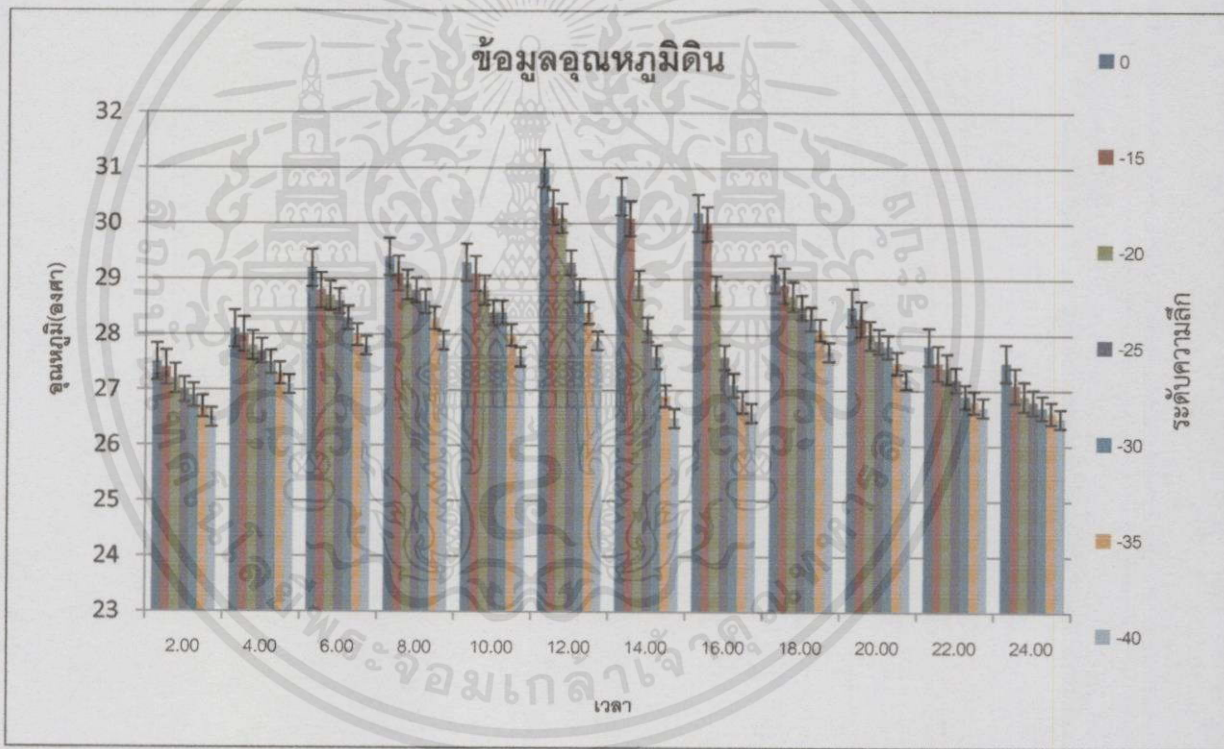
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า ที่ความลึกต่างๆ กันของชั้นดินในแต่ละช่วงเวลา จะมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิดิน ที่ความลึกดินน้อยๆหรือผิวดินจะมีอุณหภูมิของดินค่อนข้างสูง แต่เมื่อลึกลงไปได้ชั้นดินมากขึ้นอุณหภูมิของชั้นดินในความลึกนั้นๆ จะมีอุณหภูมิลดลงที่แสดงในรูปที่ 4.19 ซึ่งทั้งนี้ที่ผิวดินได้รับแสงแดดมากกว่าใต้ดินจึงมีการสะสมความร้อนไว้มากกว่าใต้ดินที่มีความชื้นสูงทำให้มีอุณหภูมิต่ำ

4.7 การทดลองวัดผลของค่าอุณหภูมิของดินตลอดทั้งวัน

4.7.1 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิระดับความลึกของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

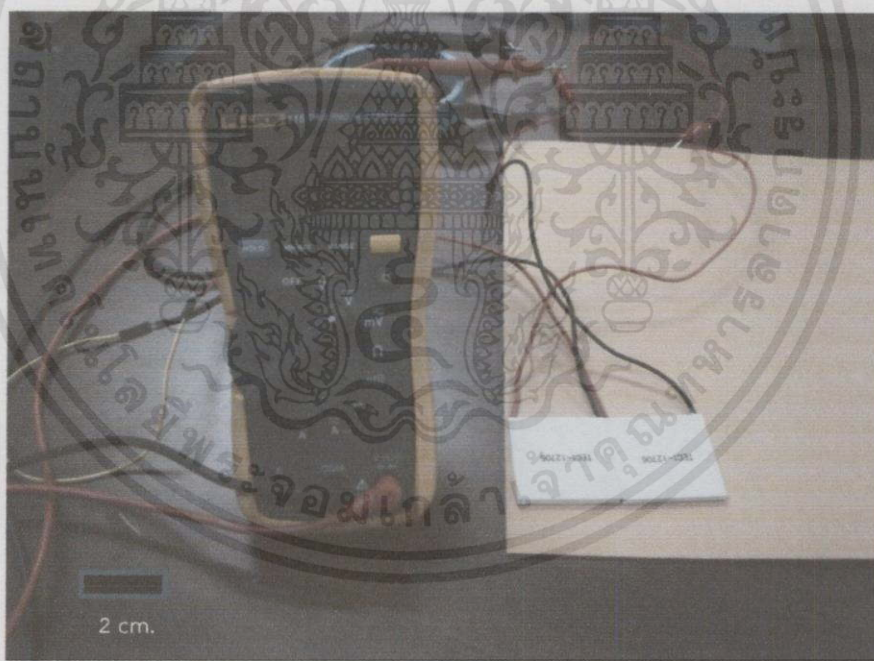
4.7.2 สรุปผลการทดลอง

จากการเก็บค่าข้อมูลจะเห็นว่า ในชั้นใต้ดินนั้นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าชั้นบนของผิวดินแสดงในรูปที่ 4.20 เป็นไปตามการทดลองในข้อ 4.5 จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ดินเป็นแหล่งความเย็นที่ใช้ในการสร้างความแตกต่างของอุณหภูมิผิวทั้ง 2 ด้านของเพลเทียร์เพื่อที่จะให้มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิมากที่สุดเพื่อที่จะได้กำลังไฟฟ้าสูงที่สุดเท่าที่จะได้

4.8 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติไม่มีโครงสร้าง

การทดลองนี้เป็นการทดสอบคุณสมบัติของเพลเทียร์ที่สภาวะปกติที่อุณหภูมิคงที่ทั้งสองด้านนั้น จะมีกระแสและแรงดันไฟฟ้าออกมาหรือไม่ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องเพื่อหาแรงดัน Offset ของตัวเพลเทียร์ ดังในรูปที่ 4.21

โดยการทดลองนี้จะทิ้งตัวเพลเทียร์ไว้ในอุณหภูมิห้องทั้ง 2 ด้านแล้วทำการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้ว่า ในสภาวะปกตินั้นมีแรงดันและกระแสออกมาหรือไม่

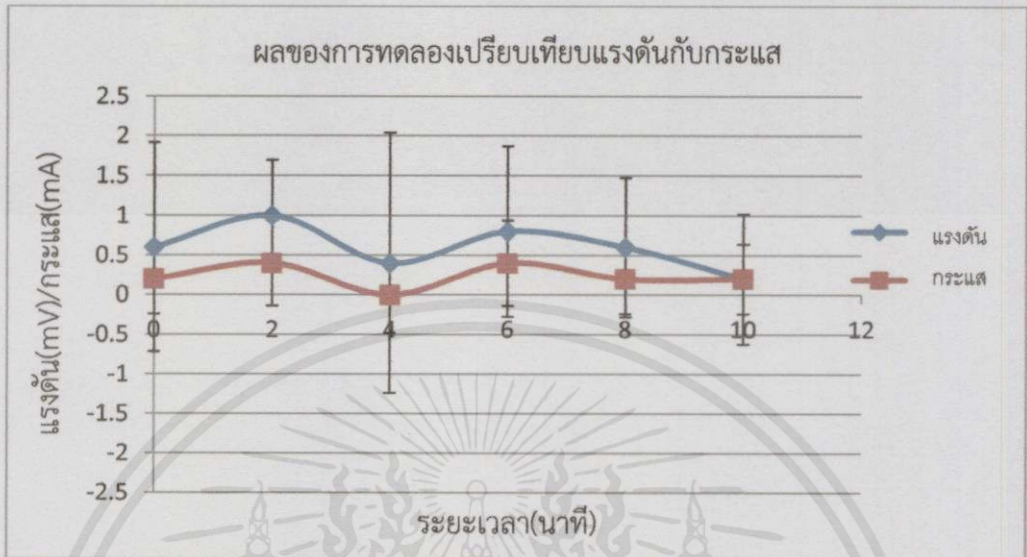


รูปที่ 4.21 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติไม่มีโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.1 ผลการทดลอง

4.8.1.1 ผลของการทดลองเปรียบเทียบแรงดันกับกระแส



รูปที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบแรงดันและกระแสต่อเวลาไม่มีโครงสร้าง

4.8.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะเห็นว่าในสภาวะปกติที่เปลเทียร์นั้นจะไม่มีผลการกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันออกที่แสดงในรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 จึงสรุปได้ว่าเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก็จะมีแรงดันไฟฟ้าออกมา

4.9 การทดสอบเปลเทียร์ที่สภาวะปกติที่มีโครงสร้าง

การทดลองนี้เป็นการทดสอบคุณสมบัติของเปลเทียร์ที่สภาวะปกติ นั้น จะมีกระแสและแรงดันไฟฟ้าออกมาหรือไม่ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องเพื่อหาแรงดัน Offset ของตัวเปลเทียร์ โดยที่ประกอบตัวโมดูลกับโครงสร้างที่จะนำไปใช้งานจริง ดังในรูปที่ 4.23

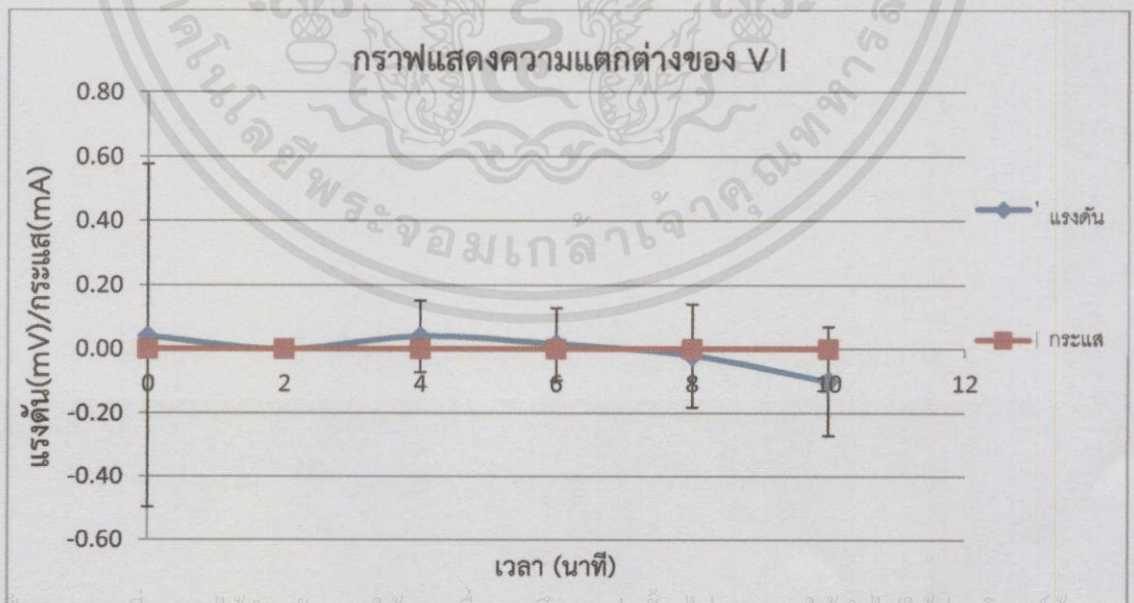
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 การทดสอบเพลเทียร์ที่สภาวะปกติที่มีโครงสร้าง

4.9.1 ผลการทดลอง

4.9.1.1 ผลของการทดลองเปรียบเทียบแรงดันกับกระแส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีก

รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบแรงดันและกระแสต่อเวลาแบบโครงสร้างการนำไปใช้

4.9.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะเห็นว่าในสภาวะปกตินั้นเพลเทียร์นั้นจะไม่มีผลกระทบกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันออกมาได้ตามรูปที่ 4.24 จึงสรุปได้ว่าเมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก็จะไม่มีแรงดันไฟฟ้าออกมาเช่นการทดลองที่ 4.6

4.9 การทดสอบตัวโครงสร้างที่ใช้เก็บพลังงาน

จากการทดลองหลายๆ การทดลองถูกนำมารวมกันในการทดลองนี้ ซึ่งการทดลองนี้นั้นเป็นการทดลองที่จะนำชิ้นงานไปใช้จริง เพื่อทดสอบว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้งานจริงๆ ได้หรือไม่ โดยจะนำชุดทดลองนี้ไปไว้กลางแจ้ง และทำการวัดค่าทางไฟฟ้าออกมาเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ว่าพอเหมาะที่จะนำไปใช้ต่อไปได้

โดยนำโครงสร้างชุดเก็บพลังงานไปไว้กลางแจ้งที่มีแสงแดดทำการวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้าและค่าอุณหภูมิ ทั้งภายนอกที่เหนือผิวดิน 20 ซม. ภายในกรีนเฮาส์ที่ลึกเข้าผ่านความร้อน 3 ซม. และในดินที่ 25 ซม. ดังในรูปที่ 4.25 และรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.25 การวัดค่าทางไฟฟ้า

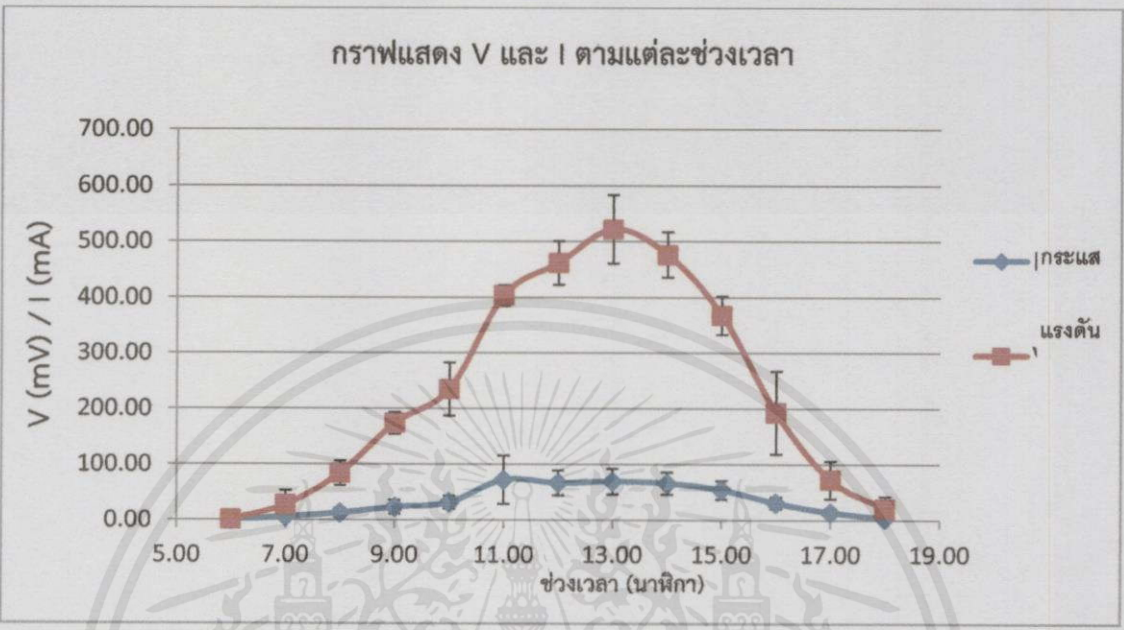


รูปที่ 4.26 การเก็บค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

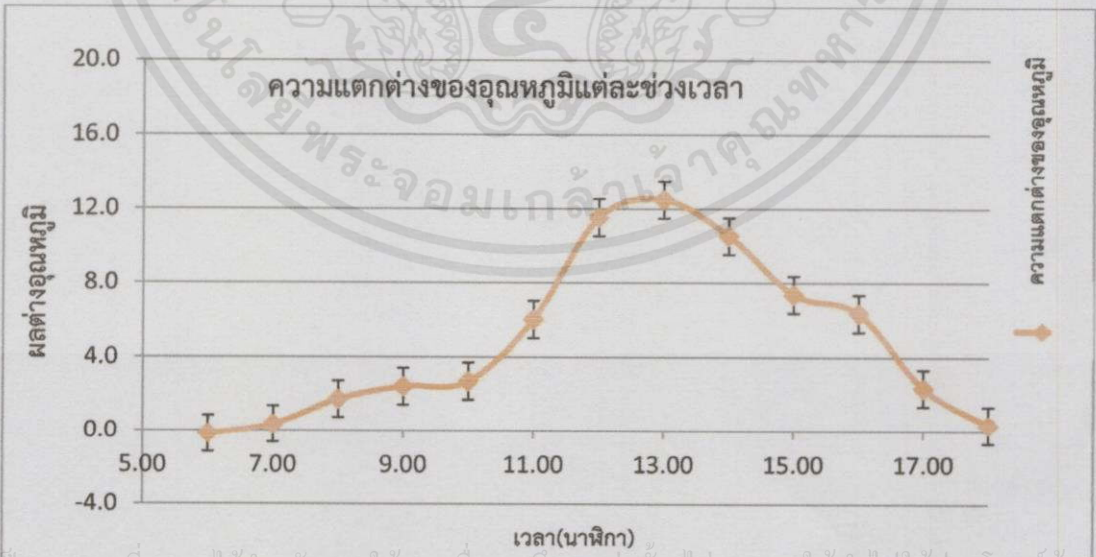
4.10.1 ผลการทดลอง

พลังงานที่ได้จากตัวโครงสร้างตัวเก็บพลังงานดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงแรงดันและกระแสในแต่ละช่วงเวลา

ผลต่างของอุณหภูมิกับแต่ละช่วงเวลาที่จะส่งผลต่อค่าทางไฟฟ้าที่จะได้รับ ดังรูปที่ 4.28

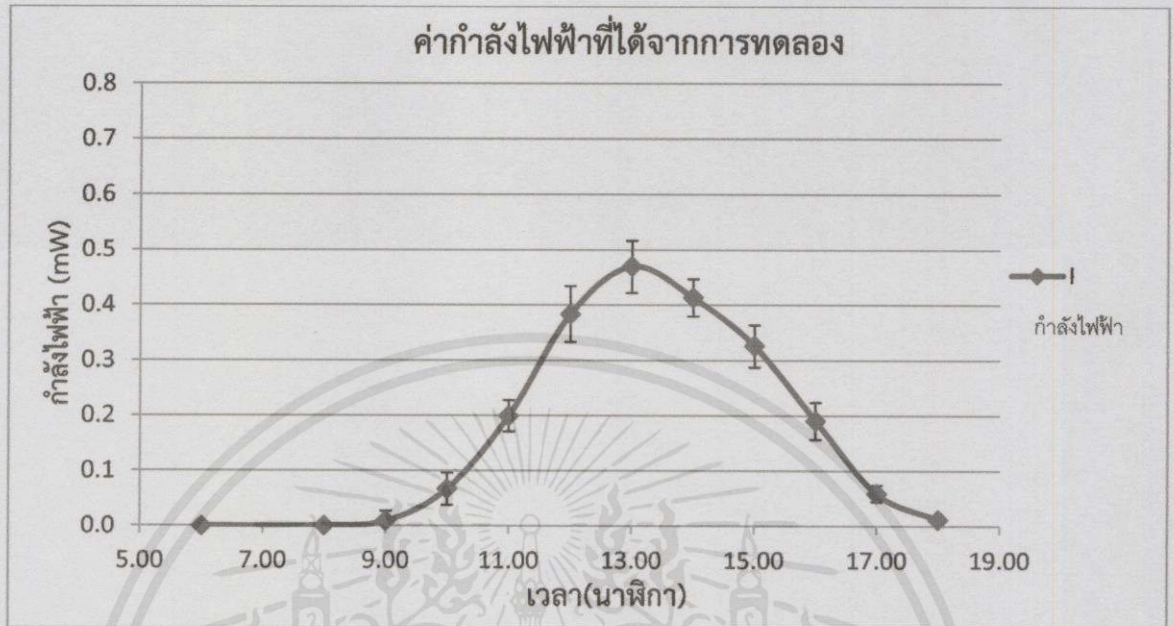


รูปที่ 4.28 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ที่ระโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอื่นใดในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันออกไปแต่ละช่วงเวลาต่างๆ ไป ซึ่งจะขึ้นอยู่กับว่าแดดในแต่ละช่วงเวลานั้น ดังรูปที่ 4.29

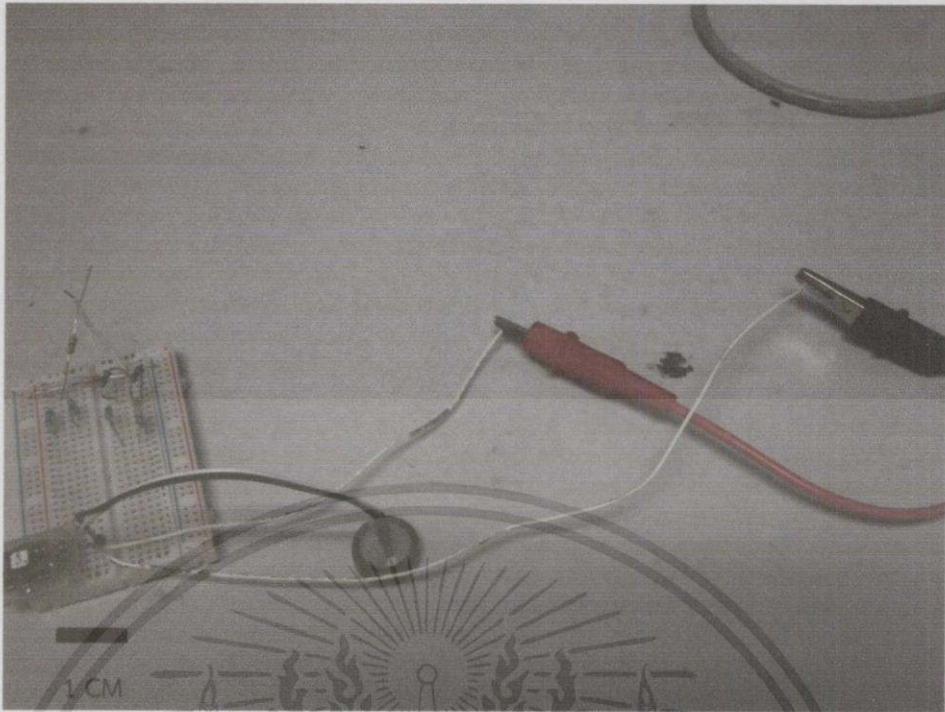


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

4.11 การทดลองวงจรที่ใช้เก็บพลังงาน

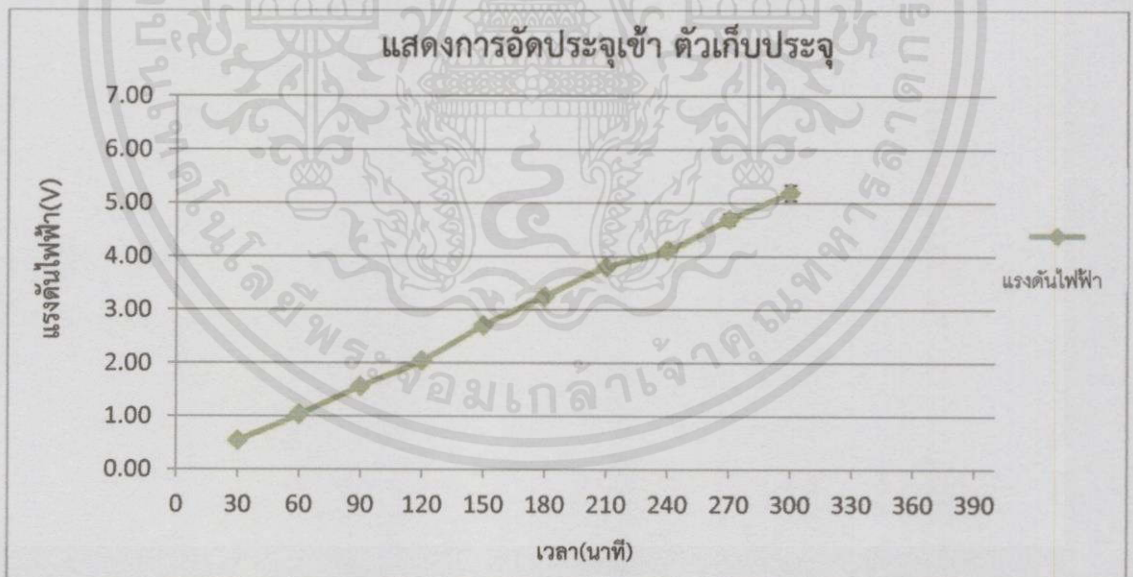
จากการทดลองที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าพลังงานนั้นได้ไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้งานได้จริง จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าโดยวงจรจัดการพลังงาน ECT 310 เพื่อให้แรงดันไฟฟ้านั้นเพียงพอ กับอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้งานได้จริงๆ กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ต่อได้ โดยทำการเก็บประจุเข้าตัวเก็บประจุแบบ Super Capacitor ขนาด 5V, 1F โดยต่อวงจรดังรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 การทดสอบวงจรจัดการพลังงาน ECT 310

4.11.1 ผลการทดลองการทดลองวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน



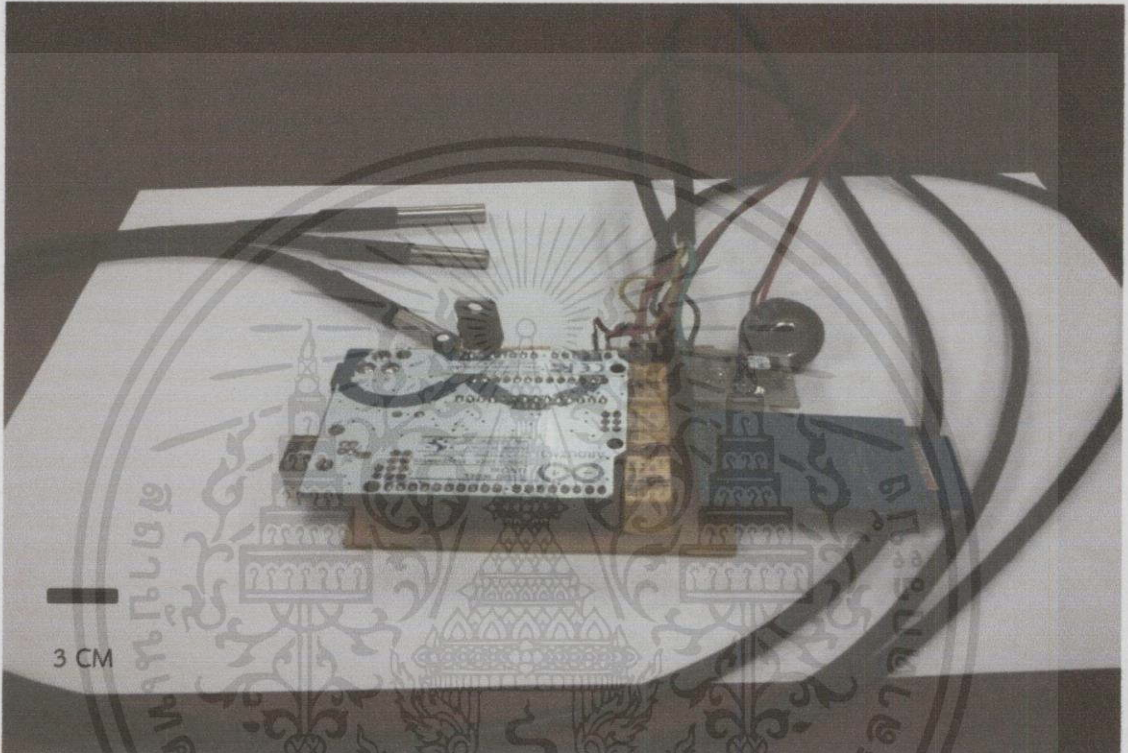
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการอัดประจุในแต่ละช่วงเวลา

4.11.2 สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จะเห็นว่าการอัดประจุจากตัวเก็บพลังงานเข้าวงจรจัดการพลังงาน ECT 310 และเข้าตัวเก็บประจุซึ่งกว่าจะเต็มใช้เวลา 4 ชั่วโมงขึ้นไป ทั้งนี้เป็นเพราะกระแสไฟฟ้าที่ได้มีน้อยจึงใช้เวลานานที่จะเก็บประจุจนเต็ม ดังในรูปที่ 4.31

4.12 การทดลองเก็บค่าโดย Data Logger ตลอดทั้งวัน

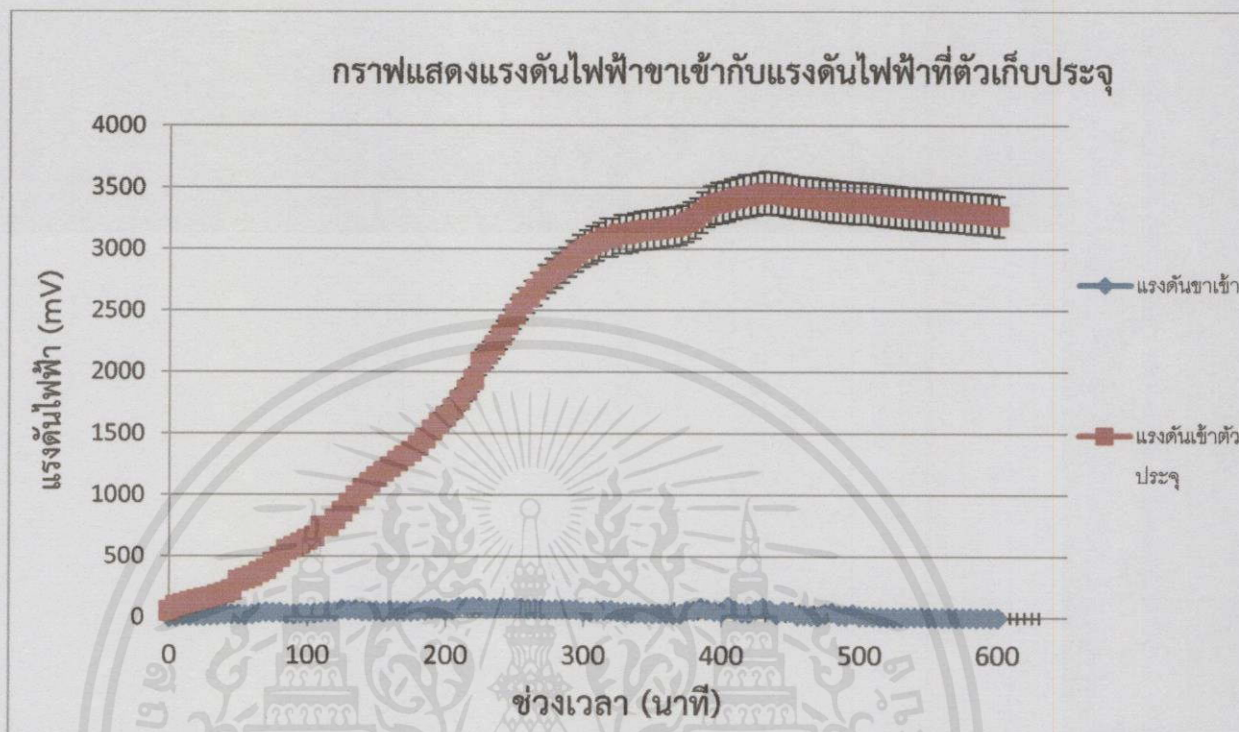
จากการทดลองที่ 4.10 นั้นจะเห็นได้ว่าพลังงานที่ได้จากเพลเทียร์นั้นสามารถทำให้วงจรจัดการพลังงาน ECT-310 นั้นทำงานได้ และสามารถเก็บประจุเข้าตัวเก็บประจุแบบ Super Capacitor ขนาด 5V, 1F และได้ทำการเก็บข้อมูลจากการทดลองนี้ได้ผลดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 ชุดเก็บข้อมูล Data Logger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.1 ผลการทดลองใช้งานจริง



รูปที่ 4.33 การทดลองเก็บค่าโดย Data Logger ตลอดทั้งวัน

4.12.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมดนี้จึงสรุปได้ว่า โครงสร้างและการออกแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานชุดนี้สามารถที่จะนำไปใช้จริงได้ ซึ่งอาจจะใช้เป็นพลังงานทางเลือกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปใช้กับงานเครื่องใช้เล็กๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 การเปรียบเทียบชุดเก็บเกี่ยวพลังงานกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1.5 W

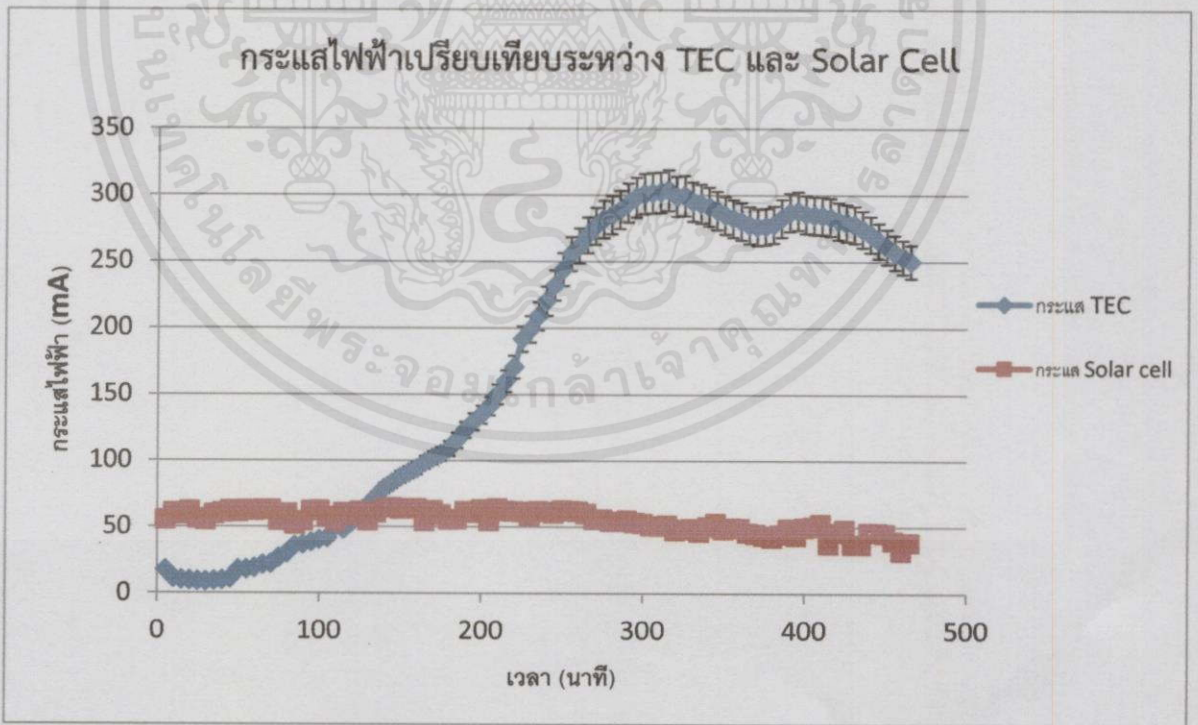
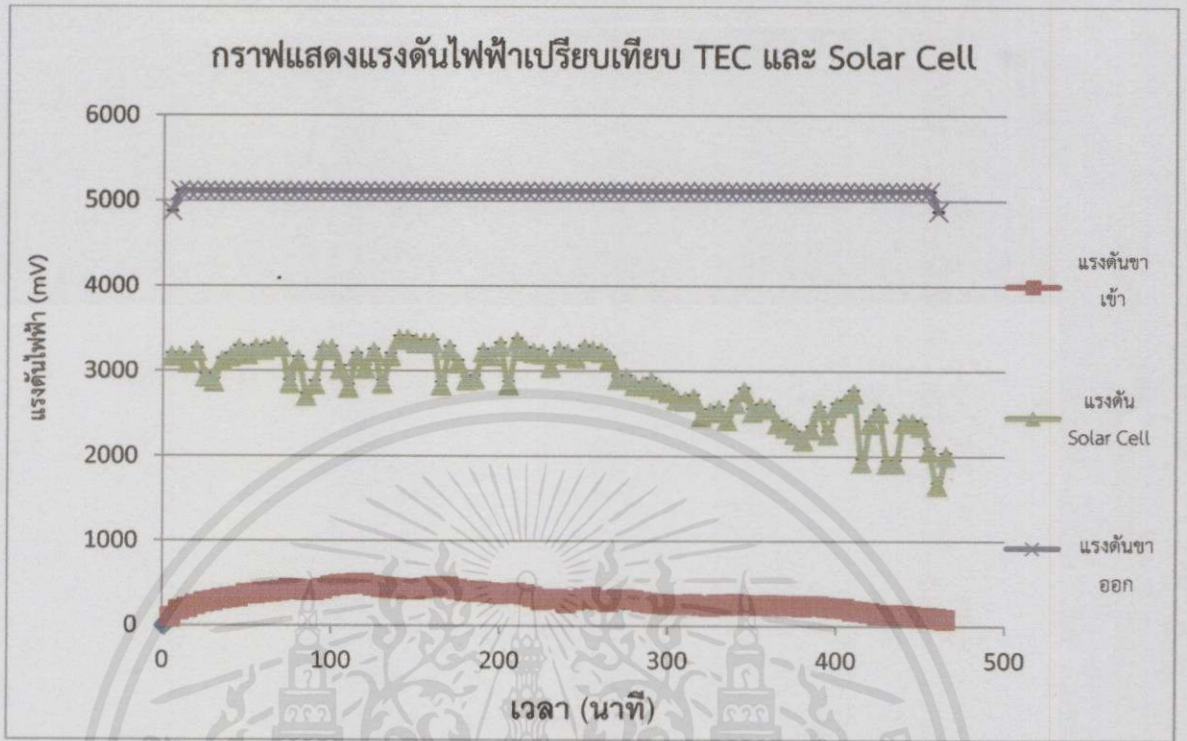
การทดลองนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดเก็บเกี่ยวพลังงานโดยเพลทีเยร์กับเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพวะเดียวกันเพื่อดูค่าพลังงานที่ได้ออกมา ซึ่งในกรณีนี้ที่ไซม์พื้นที่ในการผลิตพลังงานเท่ากันคือ 4*8 เซนติเมตร และเซลล์แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ แรงดันไฟฟ้า 5 V กระแสไฟฟ้า 300 mA กำลังไฟฟ้า 1.5 W ขนาด 4 * 8 เซนติเมตร แบบแบบผลึกผสม (Polycrystalline) ดังในรูปที่ 4.34



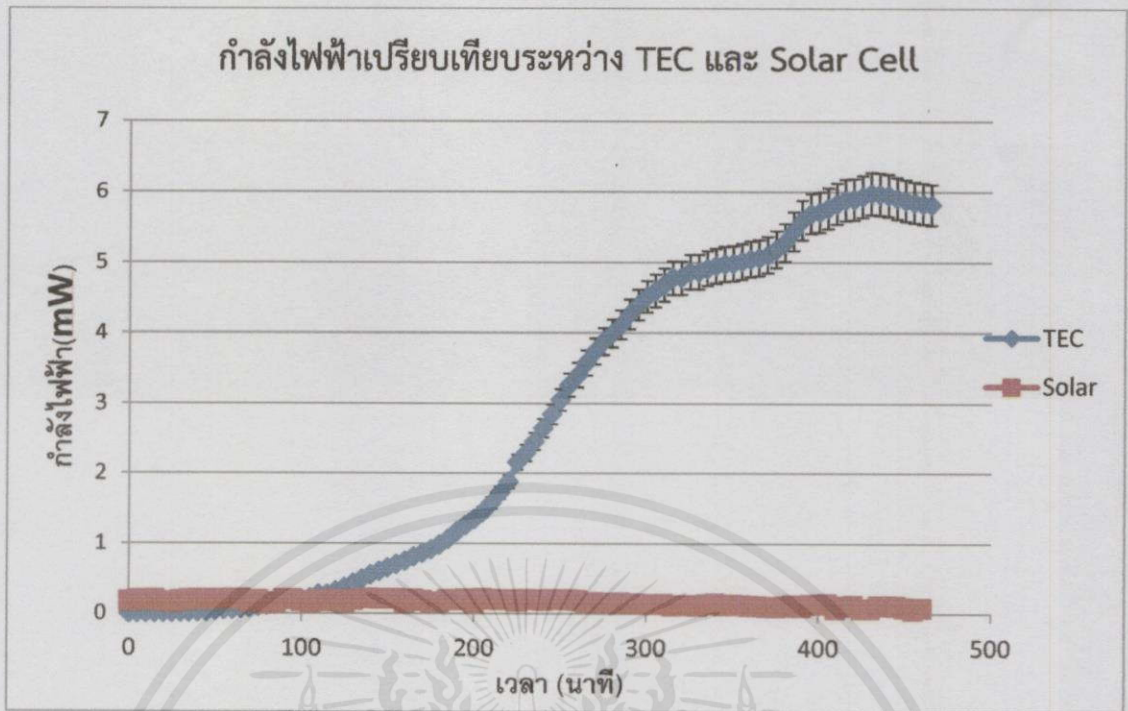
รูปที่ 4.34 รูปเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13.1 ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.13.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้จะพบว่าที่สภาวะเดียวกันในที่นี้ ชุดเก็บเกี่ยวพลังงานโดยใช้เพลเทียร์จะให้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ เพราะว่าถึงจะให้สภาวะเดียวกันปริมาณแสงแดดเท่ากันแต่เนื่องจากแสงแดดมีการถูกรบกวนมากกว่าทางด้านอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่มากกว่า จึงเป็นเหตุผลให้ชุดเก็บเกี่ยวพลังงานโดยเพลเทียร์นั้นได้พลังงานมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเก็บเกี่ยวพลังงานจากการผิวดิน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ในการเก็บเกี่ยวพลังงานสามารถทำได้จากการนำเพลเทียร์มาเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานได้ โดยให้ทั้งสองด้านของเพลเทียร์นั้นมีความแตกต่างของอุณหภูมิ และยังสามารเพิ่มพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ โดยการเพิ่มจำนวนเพลเทียร์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน และนำมาต่อกันหลายๆ ตัว ทั้งในรูปแบบอนุกรมและแบบขนาน
2. แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นถือว่ามากในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง จำเป็นต้องมีการสะสมและปรับระดับพลังงาน โดยใช้วงจรจัดการพลังงานเพื่อที่จะให้ได้แรงดันไฟฟ้าเพียงพอต่อการนำไปใช้
3. การเลือกตัวเก็บประจุในวงจรจัดการพลังงานมีผลกับระยะเวลาเก็บประจุ และระยะเวลาที่สามารถใช้พลังงานที่เก็บสะสมได้ ดังนั้นควรเลือกตัวเก็บประจุที่มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน

5.2 ปัญหาที่พบและวิธีแก้ไข

1. ในขั้นตอนการทดลองจะมีการเก็บค่าพลังงานที่ได้ และความแตกต่างกันของอุณหภูมิทั้งสองด้าน ซึ่งทั้งสองค่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ได้ค่าที่ได้จากการวัดที่มีความผิดพลาดจึงได้ใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิมาวัดตลอดเวลา และสามารถอ่านค่าได้ตลอดเวลา
2. ในขั้นตอนการทดลองจะมีการเก็บค่าพลังงานนั้นแต่ละครั้งจะใช้เวลาานมากในแต่ละการทดลอง และมีปัจจัยจากอุณหภูมิภายนอกที่ไม่เท่ากันส่งผลต่อการเก็บค่าความร้อนได้ จึงใช้ Data Logger มาเก็บค่าในช่วงเวลาต่างๆ แทน
3. ในการทดลองที่มีการเก็บค่าต่างๆ ของอุณหภูมิดิน เนื่องจากออกสถานที่จึงมีปัจจัยภายนอกต่างๆ มารบกวนมาก ทำให้ค่าที่ได้ควบคุมได้ยาก ทั้งเรื่องความชื้น อุณหภูมิในแต่ละวัน สภาพอากาศ จึงมีการทดลองหลายๆ ครั้งและนำมาเฉลี่ยข้อมูล
4. ในการทดลองเก็บค่าข้อมูลเป็นช่วงเวลาโดย Data Logger มีการรบกวนจากสิ่งภายนอกทำให้สายส่งข้อมูลหลุดหลวมทำให้ค่าที่เก็บได้ผิดเพี้ยนไป จึงได้มีการทำวงจร Data Logger ใหม่ให้มันคงกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

จากผลการทดลองพบว่าพลังงานที่เก็บเกี่ยวพลังงานจากผิวดินนี้ สามารถนำไปใช้ในงานในด้านอื่นๆ ได้ แต่พลังงานที่ได้ออกมาแม้มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง และมีการเปลี่ยนแปลงได้ค่อนข้างจะง่ายต่อปัจจัยรบกวนต่างๆ แต่คาดว่าจะสามารถนำไปใช้กับเครื่องข่ายงานเล็กๆ ที่ใช้พลังงานไม่มาก ซึ่งการเลือกใช้เพลเทียร์ที่มีคุณภาพสูงๆ เป็นสิ่งจำเป็นในการลดระยะเวลาที่ใช้ในการอัดประจุเข้าตัวเก็บประจุ และพลังงานไฟฟ้าที่ออกมา แต่หากต้องการใช้งานในเครื่องข่ายงานที่มีขนาดใหญ่ก็ควรจะใช้เพลเทียร์ที่มีคุณภาพมากขึ้นและจำนวนที่มากขึ้น หรือจะใช้การจัดการพลังงานที่ดีขึ้นก็จะสามารถที่จะช่วยให้ได้พลังงานที่มากขึ้นเพียงพอที่จะใช้ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Themoharvesting “Energy Harvesting” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.micropelt.com/flyers/energy_harvesting/index.html
- [2] inc.kmutt.ac.th “เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://student.nu.ac.th/electronic/00008.doc>
- [3] Thaina in Cartoon. “Seeback & Peltier Effect for Future Energy.” [ออนไลน์].
 เข้าถึงได้จาก:
<http://thaina.exteen.com/20090822/seebeck-peltier-effect-for-future-enegey-1>
- [4] eng.sut.ac.th/metal “กลไกการถ่ายเทความร้อน” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
http://eng.sut.ac.th/metal/images/stories/pdf/3_1.pdf
- [5] สุนันท์ ศรีณนิตย. “การถ่ายเทความร้อน”, 2545
- [6] ตารางแสดงแก๊สเรือนกระจกและแหล่งที่มา “สภาวะเรือนกระจก” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://sirirat9876.blogspot.com/p/blog-page_3721.html
- [7] ปรากฏการณ์เรือนกระจก “เรือนกระจกจริง” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://th.wikipedia.org/wiki/เรือนกระจกจริง>
- [8] เคล็ดลับในการระบายความร้อนให้ดีที่สุดแก่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ “การเลือกแผ่นระบายความร้อน” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://electronics.se-ed.com/contents/092s239/092s239_p03.asp
- [9] “DataSheet TEC1-12706” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น <http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf> ที่มีการนำไปใช้

[10] Peltier Application Notes. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.cui.com/productresource/peltier-application-notes.pdf>

[11] Subcategory: 6000 Series Aluminum Alloy “Aluminum 6061-T6” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6061t6>

[12] Piyawath T. “Finite Element of Thermoelectric”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.physic.kku.ac.th/computational_physics/.../piyawat_present.pdf

[13] ศูนย์วิจัยเทอร์โมอิเล็กทริก. “วัสดุพลังงาน เทอร์โมอิเล็กทริก”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://pineapple-eyes.snru.ac.th/thermo/index.php?q=node/5>

[14] ทศวัลย์ คัมภีระพันธุ์ และ วรวิทย์ โกสลาทิพย์. “วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก อีกหนึ่งพลังงานทางเลือกจิ๋วแต่แจ๋ว”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

<http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>

[15] “Custom Thermoelectric”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.customthermoelectric.com/index.htm>

[16] TEG Thermoelectric Power Module Selection “TEG Modules”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://espressomilkcooler.com/>

[17] Thermoelectric cooling “Thermoelectric Cooling” . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_cooling

[18] Standard Modules “Peltier – Thermoelectric Cooler Modules” [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : <https://tetch.com/peltier-thermoelectric-cooler-modules/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

[19] Thermoelectric Cooler(TEC: Peltier module) “Thermoelectric” [ออนไลน์]. เข้าถึง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จาก : http://www.z-max.jp/peltier_en/peltier/products/products2.html

[20] Thermoelectric Modules “Thermoelectric” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<https://www.ferrotec.com/products/thermal/modules>

[21] Aluminium Alloys “Properties” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2804>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Thermoelectric
Cooler**

TEC1-12706

Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25° C	50° C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



Performance curves on page 2

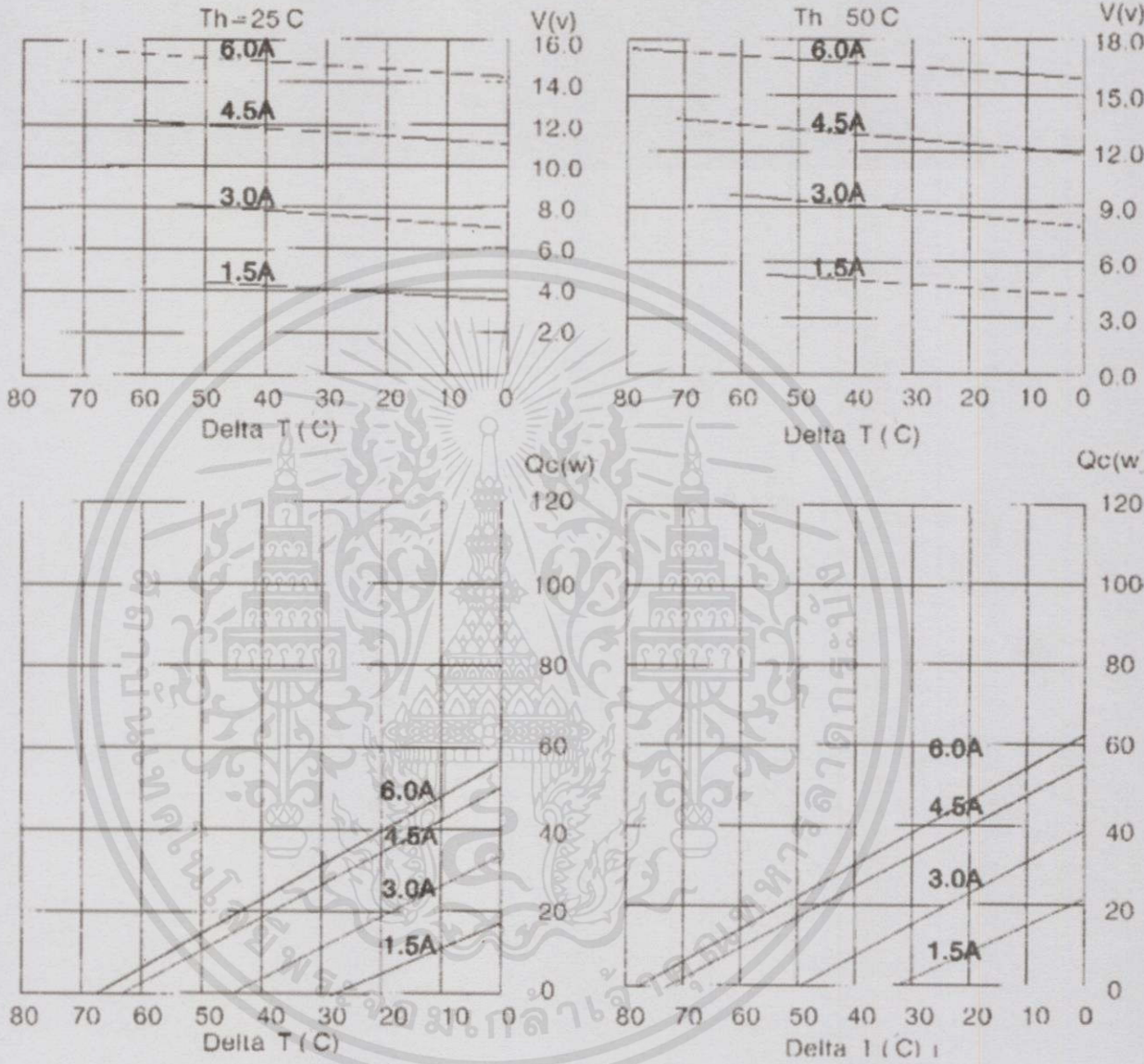
Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEC1-12706



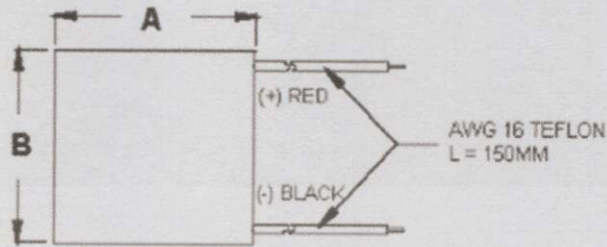
Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al₂O₃)
 Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

A	B	C			
40	40	3.8			

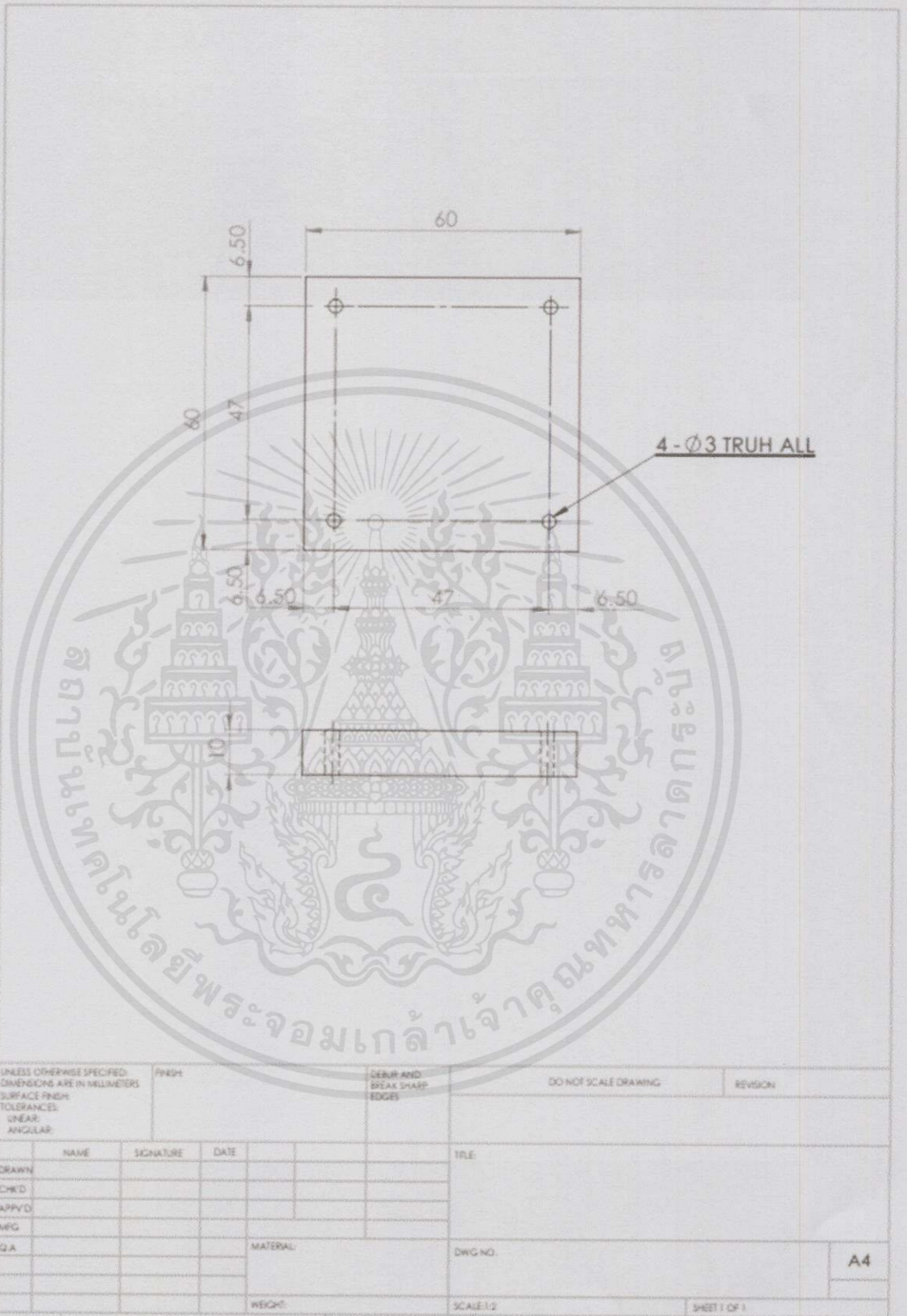
Operating Tips

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

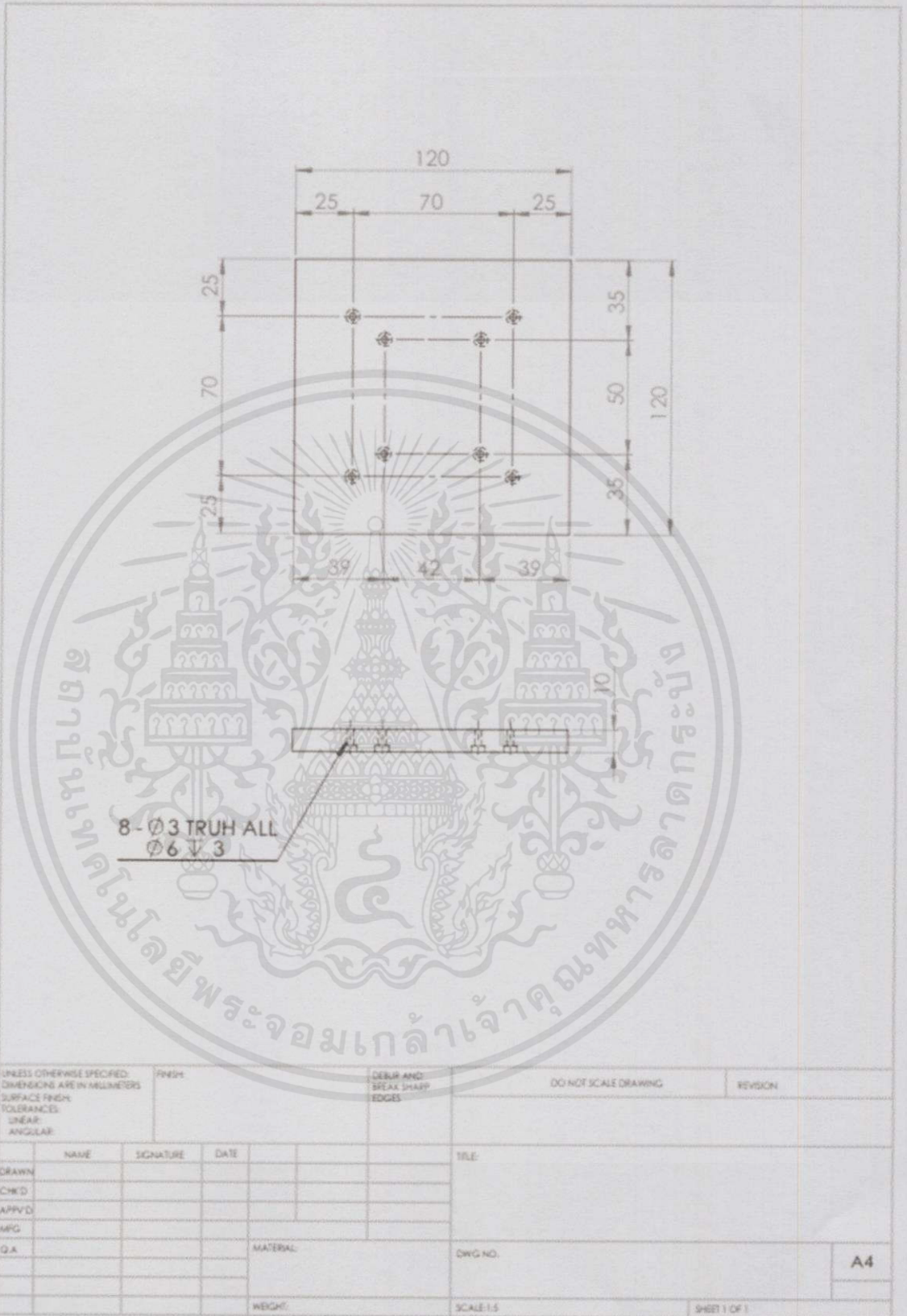
Copyright HB Corporation. HB reserves the right to change these specifications without notice.

Rev 2.03

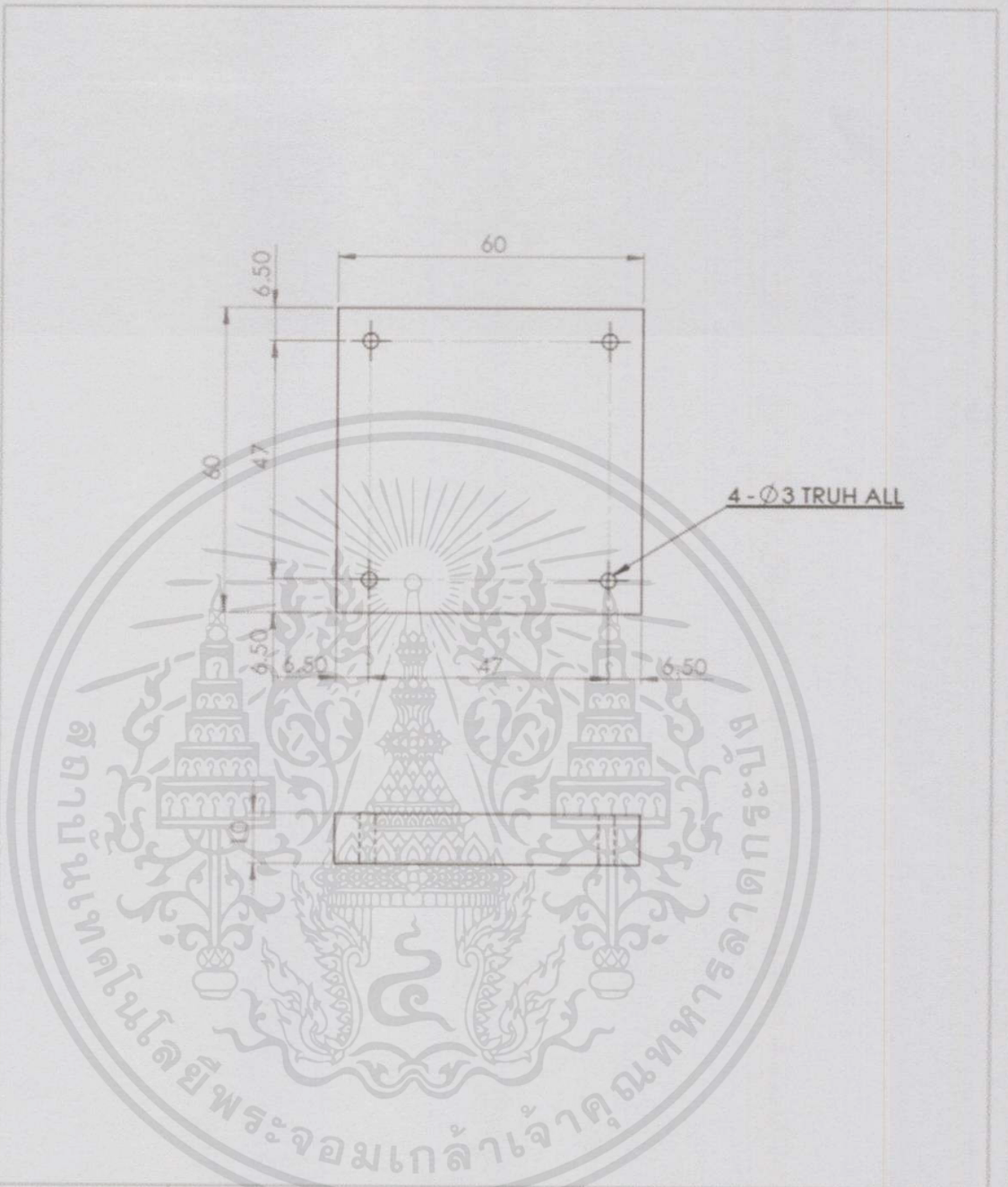
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DESIGN AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING.	REVISION
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A.				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

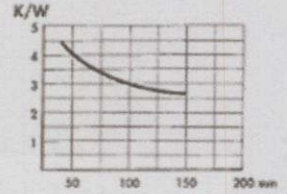
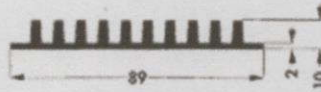
Strangkühlkörper

Extruded heatsinks

Dissipateurs extrudés

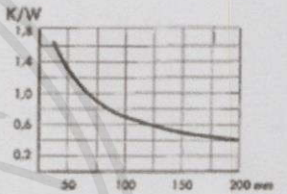
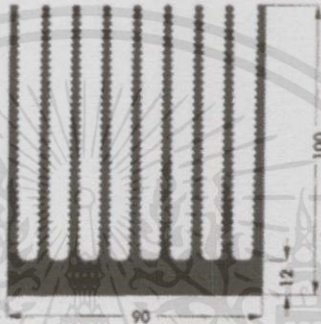
SK 182

37,5 50 75 100 150 200 1000 mm



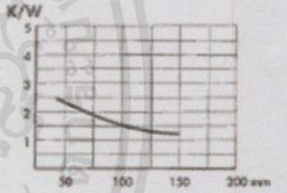
SK 507

37,5 50 75 100 1000 mm
SSR 1 SSR 2



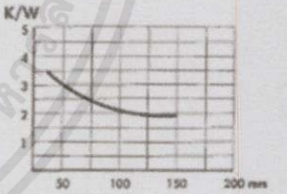
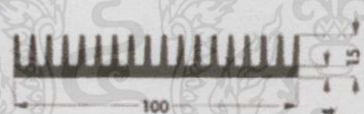
SK 408

50 75 100 150 1000 mm



SK 81

37,5 50 75 100 1000 mm

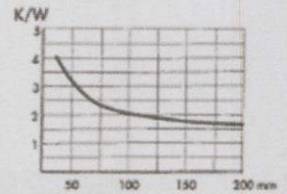
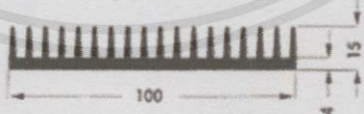


SK 505

wie SK 81 gewichtsreduziert
37,5 50 75 100 150 1000 mm

like SK 81 weight reduced

comme SK 81 réduit de poids



Bohrbilder für Solid State Relais
Kühlkörper für Solid State Relais
Zuordnungstabelle
Sonderprofile

Perforations for solid state relays
Heatsinks for solid state relays
Assignment table
Special profiles

Perforation pour relais solid state
Dissipateurs pour relais solid state
Tableau d'adjonction
Profils spéciaux

→ A 22
→ A 21 - 22
→ A 15 - 17
→ A 145 - 146

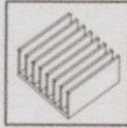
A 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวน เวลาหรับการ เรงานเพื่อการรคกษาเท่านั้น ไมออนุญาตใหขนาไปใชมระ เรงนตกรการ
ไมวากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใหคัดแปลงเนื้อหา และดองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wakefield-vette

Extruded Heat Sinks

EXTRUDED HEAT SINKS FOR DC/DC CONVERTERS



SERIES 517, 527, 518 & 528

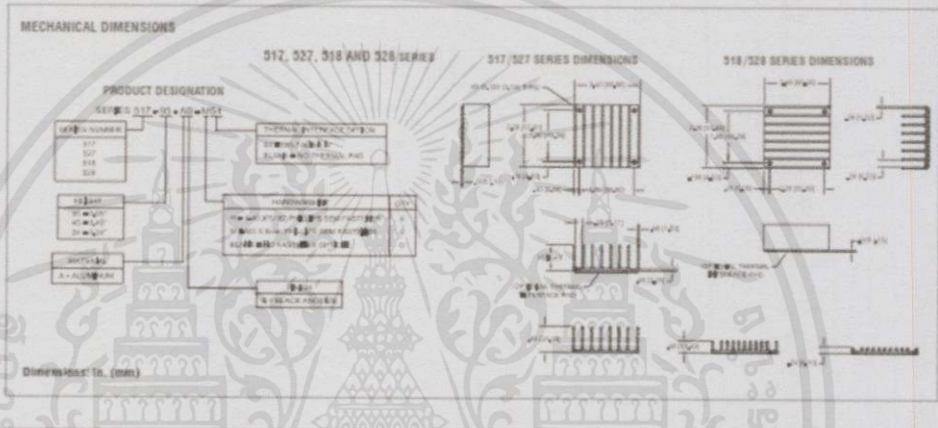
Heat Sinks for "Half-Brick" DC/DC Converters

Standard P/N	Footprint Dimensions in. (mm)	Height in. (mm)	Fin Orientation	Number of Fins	THERMAL PERFORMANCE	
					Natural Convection Power Dissipation (Watts) 00°C Rise Heat Sink to Ambient	Forced Convection Thermal Resistance at 300 F/min (C/W)
517-95AB	2.28 (57.9) x 2.40 (61.0)	0.95 (24.1)	Horizontal	8	11W	2.1
527-45AB	2.28 (57.9) x 2.40 (61.0)	0.45 (11.4)	Horizontal	11	7W	2.3
527-24AB	2.28 (57.9) x 2.40 (61.0)	0.24 (6.1)	Horizontal	11	5W	4.2
518-95AB	2.40 (61.0) x 2.28 (57.9)	0.95 (24.1)	Vertical	8	11W	2.2
528-45AB	2.40 (61.0) x 2.28 (57.9)	0.45 (11.4)	Vertical	11	7W	3.1
528-24AB	2.40 (61.0) x 2.28 (57.9)	0.24 (6.1)	Vertical	11	5W	3.5

Material: Aluminum, Black Anodized

• Standard mounting hole patterns made with the majority of "half-brick" DC/DC converters on the market. • Aluminum extruded fin construction keeps DC/DC converter modules cool in both forced and natural convection applications. • Vertical and horizontal fin configurations

available in a variety of heights. • Black anodized finish standard. • Integral thermal interface pad option eliminates need to order and install pad separately. • Ordering a single part number with the hardware kit option provides everything necessary to keep your converter cool.

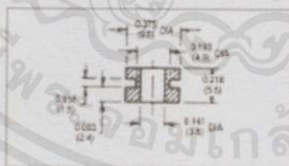


MOUNTING HARDWARE FOR EXTRUDED HEAT SINKS

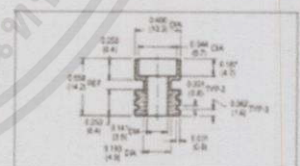
100 SERIES Teflon Mounting Insulators

Standard P/N	Description	For Use with Series	Mounting Hardware	Material	Hipot Rating (VAC)	Weight lbs. (grams)
108	Spool-shaped insulator	300, 400, 500, 111, 113	#0-22 screw	Teflon	1500	0.0012 (0.05)
107	Spool-shaped insulator	300, 400, 500, 111, 113	#0-22 screw, nut	Teflon	5000	0.0084 (1.54)

103 SERIES



107 SERIES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aluminium Alloys

การเปรียบเทียบคุณสมบัติของโลหะผสมอลูมิเนียมที่มีจำหน่าย (COMPARISON OF ALUMINIUM ALLOYS PROPERTIES)

ρ คุณสมบัติทางการผลิตและการใช้งาน (Technical properties)

Grade	Atmospheric Corrosion resistance		Anodisability		Weldability		Cold work-ability (forming)	Machin-ability (brightness)
	Normal	Marine	Hard	Bright	TIG/MIG	Brazing		
AA 2024	C	D	B	C	A	B	D	B
AA 5052	A	A	A	B	B	B	A	A
AA 5083	A	A	A	C	A	A	B	A
AA 6061	A	B	A	C	B	B	D	A
AA 7022	C	D	A	C	D	C	D	B
AA 7075	C	D	A	C	D	C	D	B

ρ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical properties)

Grade	Melting range (°C)	Coefficient of Thermal Expansion (μm/m-K)	Thermal Conductivity (W/m-K)	Specific heat (J/kg°C)	Electrical Conductivity (m/Ω-mm ²)
AA 2024	500-638	23.2	120	920	16-19
AA 5052	605-650	23.8	138	945	19-21
AA 5083	580-640	23.8	120	945	16-18
AA 6061	575-650	23.6	167	940	24-26
AA 7022	485-640	23.6	165	890	18-22
AA 7075	475-630	23.6	130	915	17-21

ρ คุณสมบัติทางกล (Mechanical properties)

Grade	Yield strength (N/mm ²)	Tensile strength (N/mm ²)	Elongation (min. %)	Hardness (HB)	Young's modulus (GPa)
AA 2024	270-440	420-550	10	120	73
AA 5052	80-150	180-230	14	48	70
AA 5083	110-200	270-350	12	70	71
AA 6061	260-350	300-370	8	95	69
AA 7022	400-500	470-550	7	145	71.5
AA 7075	450-620	510-650	7	150	72

1

บริษัท ไทย-เยอรมันสตีล เซ็นเตอร์ จำกัด

โทร: (02) 817-8025-9 โทรสาร: (02) 817-5445-6 www.thai-germansteel.com



ThyssenKrupp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aluminium Alloys

การเปรียบเทียบการใช้งานแม่พิมพ์พลาสติก

ป การเลือกใช้อลูมิเนียมสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก *

อุตสาหกรรม	ชนิดพลาสติก	เกรดของอะลูมิเนียม
ฉีดพลาสติก	PE, PP, PS, ABS	AA 2024, AA 7022, AA 7075
เป่าพลาสติก	PE, PET	AA 6061, AA 5083
หล่อพลาสติก	PE, PP	AA 6061, AA 7022, AA 7075
ไฟเบอร์กลาส	FRP	AA 7022, AA 7075, AA 2024

ป ตัวอย่างของการเปรียบเทียบระยะเวลาที่เร็วกว่าเหล็กกับอะลูมิเนียมในการผลิตแม่พิมพ์พลาสติก *

รายการ	AISI P20	Aluminum alloys
1. เวลาในการสร้างแม่พิมพ์	30 วัน	10 วัน
2. น้ำหนักของแม่พิมพ์	30 กก.	10 กก.
3. เวลาในการผลิตชิ้นตัว (cycle time)	30 วินาที	20 วินาที
4. สินค้าออกสุดท้าย	60 ชิ้น	30 ชิ้น
5. ต้นทุนแม่พิมพ์	5,000 บาท	25,000 บาท
6. การเตรียมแม่พิมพ์เพื่อฉีด	16 ชม.	8 ชม.
7. เงินลงทุนเวียน	100,000/70 วัน	50,000/40 วัน

ป การเปรียบเทียบคุณสมบัติสำคัญระหว่างเหล็กกับอะลูมิเนียมในการผลิตแม่พิมพ์พลาสติก

Properties	Steel	Grade of Aluminium alloys				
	P20	2024	5083	6061	7022	7075
Conditions	Q & T	T4	H112	T651	T651	T651
Density (g/cm ³)	7.75	2.77	2.66	2.70	2.80	2.80
Thermal conductivity at 0-100°C (W/m-K)	34	120	120	167	165	130
Thermal expansion coefficient at 0-100°C (10 ⁻⁶ /°C)	12.4	23.2	23.9	23.6	23.5	23.5
Specific heat at 0-100°C (J/kg°C)	465	920	945	940	963	915
Average Tensile strength (N/mm ²)	1100	465	305	305	565	565
Average Hardness (HB)	300	120	70	95	150	150
Modulus of elasticity (GPa)	210	72	71	69	71.5	72

ข้อมูลอ้างอิง* มาตรฐาน ISO 9013 "เทคนิคการเลือกวัสดุสร้างแม่พิมพ์", วารสารแม่พิมพ์, ฉบับที่ 3 ปีที่ 11 หน้า 31-33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aluminium Alloys

□ คุณลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ส่วนผสมทางเคมี (%wt.)	Mg	Si	Cu	Cr	Al
	0.8-1.2	0.4-0.8	0.15-0.40	0.04-0.35	bal.
AA	6061				
ISO	AlMg 1 SiCu				
DIN	3.3211 (AlMg 1 SiCu)				
สภาพจำหน่าย	ผ่านการบ่มแข็ง และคลายความเค้น (T651) ความแข็งแรงเทียบ 90 HB				

AA 6061 เป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียมที่มีแมกนีเซียมและซิลิกอนเป็นส่วนผสมสำคัญ สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ด้วยวิธีการบ่มแข็ง จำหน่ายในสภาพผ่านการบ่มแข็งและทำการดึงเพื่อคลายความเค้นตาม T651 เพื่อให้ได้ความแข็งแรงสูงสุด

○ คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics)

- มีน้ำหนักเบา ความแข็งแรงประมาณ 3 เท่า
- มีอัตราการนำความร้อนและไฟฟ้าสูงกว่าเหล็ก
- มีความแข็งแรงในขณะคืบปานกลาง
- จัดทานต่อการกัดกร่อนดีเยี่ยม
- สามารถเชื่อมได้ทั้งหมด
- ความสามารถในการขึ้นรูปแผ่นและทรงรีได้ดีเยี่ยม
- สามารถรีดเข้าได้ดี และทำอะไหล่โครงสร้างที่ช่วยงาน

○ การใช้งาน (Applications)

AA 6061 นิยมใช้รวมกับการขึ้นรูป ความแข็งแรงสูงร่วมกับความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม เช่น งานแป้นกลึงตัด, ชิ้นโครงสร้างอาคาร (ประตูหน้าต่าง) ราวสะพาน และชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น เมือ รถบรรทุก เป็นต้น

- แบริ่งไฟฟ้ากลึง
- งานเชื่อมลง งานหล่อไฟฟาและอิเล็กทรอนิกส์
- สลักของเครื่องบินเล็ก และ เรือยนต์
- ตะขอน้ำแข็ง, ไขควงของเครื่องบิน
- รางเลื่อนของรถเข็น
- อุปกรณ์เงินอิเล็กทรอนิกส์

□ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties)

คุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย
ความหนาแน่น / Density (g/cm ³)	2.7
อุณหภูมิหลอมเหลว / Melting range (°C)	580-650
การนำความร้อน ที่ 20°-100°C Thermal Conductivity (W/m·K)	150-170
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนระหว่าง 20°-100°C Coefficient of thermal expansion between 20°-100°C (µm/m·K)	23.6
การนำไฟฟ้า ที่ 20°C Electrical conductivity (mΩ·mm ²)	24-26
โมดูลัสของกายโมดูลัส ที่ 20°C Modulus of elasticity (10 ³ N/mm ²)	69

□ คุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties)

Thickness (mm)	Y.S. (N/mm ²)	U.T.S. (N/mm ²)	U.S.S. (N/mm ²)	EL. (%)	Hard. (HB)
6-13	≥ 240	≥ 290	≥ 190	≥ 10	≥ 90
13-25	≥ 240	≥ 290	≥ 190	≥ 9	≥ 90
25-50	≥ 240	≥ 290	≥ 190	≥ 8	≥ 90
50-100	≥ 240	≥ 290	≥ 190	≥ 6	≥ 90
107/174	270	305	205	13	95





DS18B20

Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

DESCRIPTION

The DS18B20 digital thermometer provides 9-bit to 12-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ and is accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

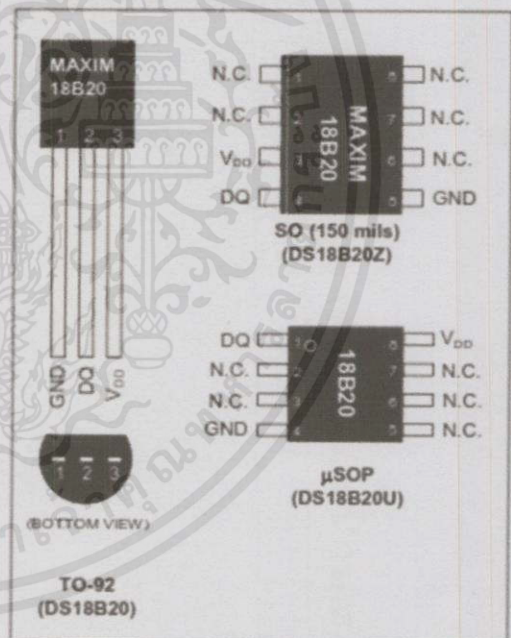
Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

FEATURES

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Each Device has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in an On-Board ROM
- Multidrop Capability Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications
- Requires No External Components
- Can Be Powered from Data Line; Power Supply Range is 3.0V to 5.5V
- Measures Temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ Accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer Resolution is User Selectable from 9 to 12 Bits
- Converts Temperature to 12-Bit Digital Word in 750ms (Max)

- User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings
- Alarm Search Command Identifies and Addresses Devices Whose Temperature is Outside Programmed Limits (Temperature Alarm Condition)
- Available in 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μSOP , and 3-Pin TO-92 Packages
- Software Compatible with the DS1822
- Applications Include Thermostatic Controls, Industrial Systems, Consumer Products, Thermometers, or Any Thermally Sensitive System

PIN CONFIGURATIONS



1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maximintegrated.com.

REV: 042208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	TOP MARK
DS18B20	-55°C to +125°C	3 TO-92	18B20
DS18B20+	-55°C to +125°C	3 TO-92	18B20
DS18B20/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	18B20
DS18B20+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)	18B20
DS18B20-SL/T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	18B20
DS18B20-SL+T&R	-55°C to +125°C	3 TO-92 (2000 Piece)*	18B20
DS18B20U	-55°C to +125°C	8 μ SOP	18B20
DS18B20U+	-55°C to +125°C	8 μ SOP	18B20
DS18B20U/T&R	-55°C to +125°C	8 μ SOP (3000 Piece)	18B20
DS18B20U+T&R	-55°C to +125°C	8 μ SOP (3000 Piece)	18B20
DS18B20Z	-55°C to +125°C	8 SO	DS18B20
DS18B20Z+	-55°C to +125°C	8 SO	DS18B20
DS18B20Z/T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18B20
DS18B20Z+T&R	-55°C to +125°C	8 SO (2500 Piece)	DS18B20

* Denotes a lead-free package. A "+" will appear on the top mark of lead-free packages.

T&R = Tape and reel.

* TO-92 packages in tape and reel can be ordered with straight or formed leads. Choose "SL" for straight leads. Bulk TO-92 orders are straight leads only.

PIN DESCRIPTION

PIN			NAME	FUNCTION
SO	μ SOP	TO-92		
1, 2, 6, 7, 8	2, 3, 5, 6, 7		N.C.	No Connection
3	8	3	V_{DD}	Optional V_{DD} . V_{DD} must be grounded for operation in parasite power mode.
4	1	2	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see the <i>Powering the DS18B20</i> section.)
5	4	1	GND	Ground

OVERVIEW

Figure 1 shows a block diagram of the DS18B20, and pin descriptions are given in the *Pin Description* table. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers (T_H and T_L) and the 1-byte configuration register. The configuration register allows the user to set the resolution of the temperature-to-digital conversion to 9, 10, 11, or 12 bits. The T_H , T_L , and configuration registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

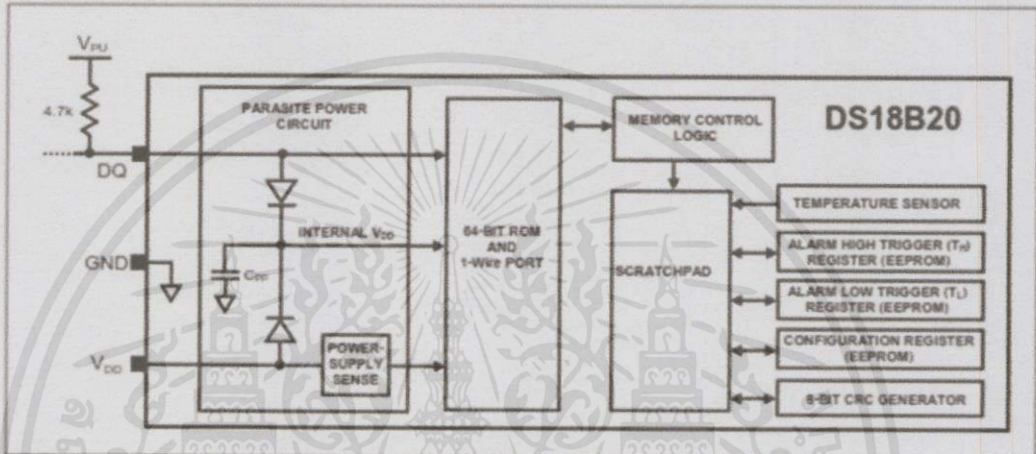
The DS18B20 uses Maxim's exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18B20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the *1-Wire Bus System* section.

Another feature of the DS18B20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-Wire pullup resistor via the DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an internal capacitor (C_{PP}), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-Wire bus is referred to as "parasite power." As an alternative, the DS18B20 may also be powered by an external supply on V_{DD} .

Figure 1. DS18B20 Block Diagram



OPERATION—MEASURING TEMPERATURE

The core functionality of the DS18B20 is its direct-to-digital temperature sensor. The resolution of the temperature sensor is user-configurable to 9, 10, 11, or 12 bits, corresponding to increments of 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, and 0.0625°C, respectively. The default resolution at power-up is 12-bit. The DS18B20 powers up in a low-power idle state. To initiate a temperature measurement and A-to-D conversion, the master must issue a Convert T [44h] command. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18B20 returns to its idle state. If the DS18B20 is powered by an external supply, the master can issue "read time slots" (see the *1-Wire Bus System* section) after the Convert T command and the DS18B20 will respond by transmitting 0 while the temperature conversion is in progress and 1 when the conversion is done. If the DS18B20 is powered with parasite power, this notification technique cannot be used since the bus must be pulled high by a strong pullup during the entire temperature conversion. The bus requirements for parasite power are explained in detail in the *Powering the DS18B20* section.

The DS18B20 output temperature data is calibrated in degrees Celsius; for Fahrenheit applications, a lookup table or conversion routine must be used. The temperature data is stored as a 16-bit sign-extended two's complement number in the temperature register (see Figure 2). The sign bits (S) indicate if the temperature is positive or negative: for positive numbers $S = 0$ and for negative numbers $S = 1$. If the DS18B20 is configured for 12-bit resolution, all bits in the temperature register will contain valid data. For 11-bit resolution, bit 0 is undefined. For 10-bit resolution, bits 1 and 0 are undefined, and for 9-bit resolution bits 2, 1, and 0 are undefined. Table 1 gives examples of digital output data and the corresponding temperature reading for 12-bit resolution conversions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. Temperature Register Format

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4

S = SIGN

Table 1. Temperature/Data Relationship

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

* The power-on reset value of the temperature register is +85°C.

OPERATION—ALARM SIGNALING

After the DS18B20 performs a temperature conversion, the temperature value is compared to the user-defined two's complement alarm trigger values stored in the 1-byte T_H and T_L registers (see Figure 3). The sign bit (S) indicates if the value is positive or negative: for positive numbers $S = 0$ and for negative numbers $S = 1$. The T_H and T_L registers are nonvolatile (EEPROM) so they will retain data when the device is powered down. T_H and T_L can be accessed through bytes 2 and 3 of the scratchpad as explained in the *Memory* section.

Figure 3. T_H and T_L Register Format

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
S	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

Only bits 11 through 4 of the temperature register are used in the T_H and T_L comparison since T_H and T_L are 8-bit registers. If the measured temperature is lower than or equal to T_L or higher than or equal to T_H , an alarm condition exists and an alarm flag is set inside the DS18B20. This flag is updated after every temperature measurement; therefore, if the alarm condition goes away, the flag will be turned off after the next temperature conversion.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4. Supplying the Parasite-Powered DS18B20 During Temperature Conversions

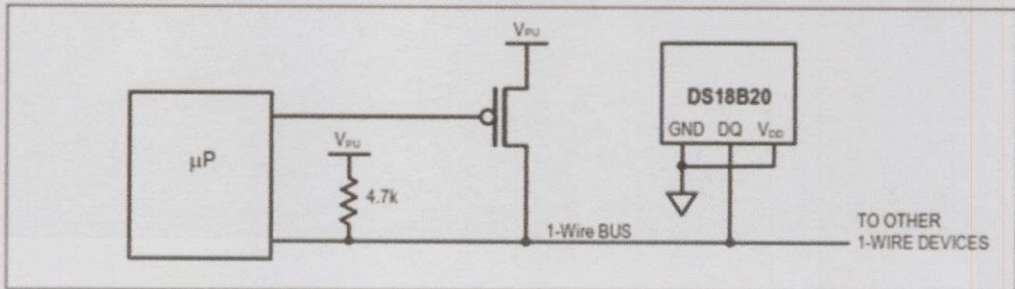
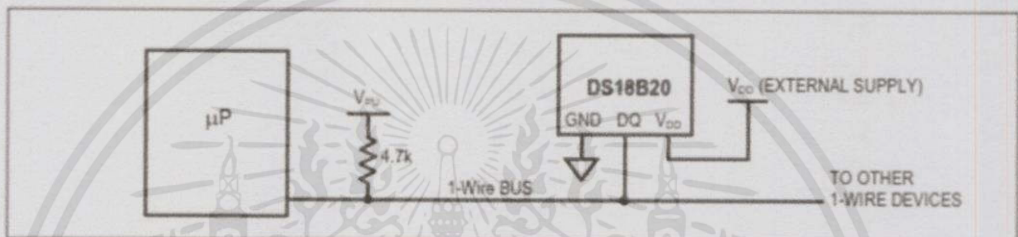


Figure 5. Powering the DS18B20 with an External Supply



64-BIT LASERED ROM CODE

Each DS18B20 contains a unique 64-bit code (see Figure 6) stored in ROM. The least significant 8 bits of the ROM code contain the DS18B20's 1-Wire family code: 28h. The next 48 bits contain a unique serial number. The most significant 8 bits contain a cyclic redundancy check (CRC) byte that is calculated from the first 56 bits of the ROM code. A detailed explanation of the CRC bits is provided in the *CRC Generation* section. The 64-bit ROM code and associated ROM function control logic allow the DS18B20 to operate as a 1-Wire device using the protocol detailed in the *1-Wire Bus System* section.

Figure 6. 64-Bit Lasered ROM Code

8-BIT CRC		48-BIT SERIAL NUMBER				8-BIT FAMILY CODE (28h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-55°C to +125°C
Solder Temperature	Refer to the IPC/JEDEC J-STD-020 Specification.

These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; $V_{DD}=3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{DD}	Local Power	+3.0		+5.5	V	1
Pullup Supply Voltage	V_{PU}	Parasite Power	+3.0		+5.5	V	1,2
		Local Power	+3.0		V_{DD}		
Thermometer Error	t_{ERR}	-10°C to +85°C			±0.5	°C	3
		-55°C to +125°C			±2		
Input Logic-Low	V_{IL}		-0.3		+0.8	V	1,4,5
Input Logic-High	V_{IH}	Local Power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD} + 0.3$	V	1, 6
		Parasite Power	+3.0				
Sink Current	I_L	$V_{EO} = 0.4V$	4.0			mA	1
Standby Current	I_{DDS}			750	1000	nA	7,8
Active Current	I_{DD}	$V_{DD} = 5V$		1	1.5	mA	9
DQ Input Current	I_{DQ}			5		μA	10
Drift				±0.2		°C	11

NOTES:

- All voltages are referenced to ground.
- The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU} . In order to meet the V_{IH} spec of the DS18B20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus: $V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$.
- See typical performance curve in Figure 17.
- Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.
- To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions, V_{ILMAX} may have to be reduced to as low as 0.5V.
- Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.
- Standby current specified up to +70°C. Standby current typically is 3μA at +125°C.
- To minimize I_{DDs} , DQ should be within the following ranges: $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$ or $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$.
- Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.
- DQ line is high ("high-Z" state).
- Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125°C with $V_{DD} = 5.5V$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS—NV MEMORY(-55°C to +100°C; $V_{DD} = 3.0V$ to 5.5V)

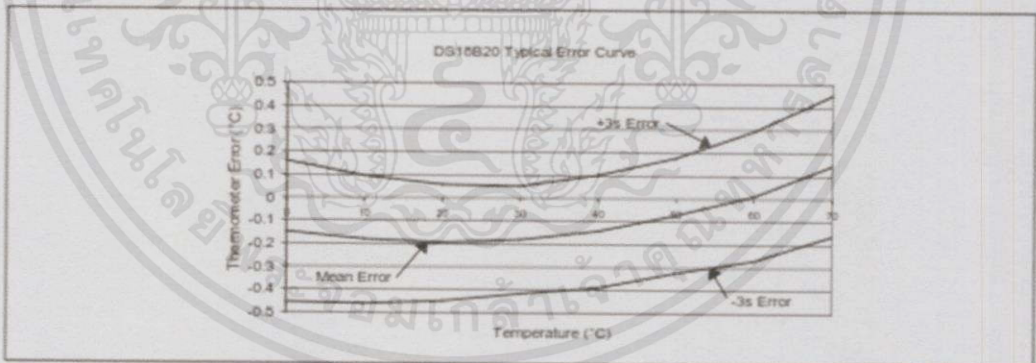
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NV Write Cycle Time	t_{WR}			2	10	ms
EEPROM Writes	N_{EEWR}	-55°C to +55°C	50k			writes
EEPROM Data Retention	t_{EEDR}	-55°C to +55°C	10			years

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (-55°C to +125°C; $V_{DD} = 3.0V$ to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	t_{CONV}	9-bit resolution			93.75	ms	1
		10-bit resolution			187.5		
		11-bit resolution			375		
		12-bit resolution			750		
Time to Strong Pullup On	t_{SPON}	Start Convert T Command Issued			10	μs	
Time Slot	t_{SLOT}		60		120	μs	1
Recovery Time	t_{REC}		1			μs	1
Write 0 Low Time	t_{LOW0}		60		120	μs	1
Write 1 Low Time	t_{LOW1}		1		15	μs	1
Read Data Valid	t_{RDV}				15	μs	1
Reset Time High	t_{RSTH}		480			μs	1
Reset Time Low	t_{RSTL}		480			μs	1,2
Presence-Detect High	t_{PDHIGH}		15		60	μs	1
Presence-Detect Low	t_{PDLow}		60		240	μs	1
Capacitance	$C_{IN, OUT}$				25	pF	

NOTES:

- 1) See the timing diagrams in Figure 18.
- 2) Under parasite power, if $t_{RSTL} > 960\mu s$, a power-on reset may occur.

Figure 17. Typical Performance Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ATmega48/88/168

Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port B (PB7..0) XTAL1/ XTAL2/TOSC1/TOSC2	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p> <p>Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.</p> <p>If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.</p> <p>The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 69 and "System Clock and Clock Options" on page 24.</p>
Port C (PC5..0)	<p>Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
PC6/RESET	<p>If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.</p> <p>If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 20 on page 41. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.</p> <p>The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 73.</p>
Port D (PD7..0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 75.</p>
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3..0, and ADC7..6. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V _{CC} .
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

ECT 310 Perpetuum

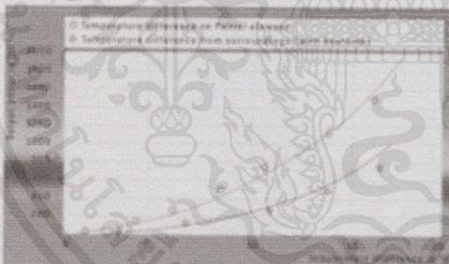
EnOcean powered by Thermal Energy

ECT 310 is a low-cost ultra-low-voltage DC/DC converter for powering battery-less EnOcean radio modules by Thermal Energy. Wireless sensors and even actuators can be operated.

Operation starts at typ. 20 mV relating to a 2 Kelvin temperature difference at a standard low-cost Peltier element.

The output power is in the range from μW to mW and depends on the actual temperature difference at the Peltier element. ECT 310 is designed and optimized for powering EnOcean radio modules in sensors and actuators. To achieve best system efficiency the output voltage is regulated only roughly. A typical thermo-driven sensor consists of a sensor element, a small Peltier element, the ECT 310 DC/DC converter and an EnOcean STM 300 or STM 312 radio module. Other than STM 300, the STM 312 module already has an energy storage on board.

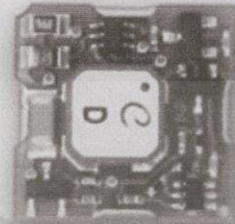
Energy Calculation Example



Output power from ECT 310 in combination with Peltier element TEC2L-15-15-15-5.6:

- Red = temp. diff. @ Peltier, blue = temp. diff. against ambient temp. (via heat sink).
- Start up at 2K, $\sim 100 \mu\text{W}$ of energy is already produced for a temp. diff. of 7 K.

An EnOcean radio module that wakes up every 2 min. to transmit a telegram needs $\sim 5 \mu\text{W}$ on average only. **Enough energy is left even to power some actuators!**



ECT 310 key features

- Best in-class Thermo Harvester solution
- Low-cost DC/DC converter, works with lowest-cost standard Peltier elements
- Designed and optimized for thermo-powered EnOcean wireless applications
- SMD footprint
- Directly to be soldered onto EnOcean STM 312 wireless sensor transmitter module
- Powers STM 300 module to realize bi-directional wireless sensors and actuators

For evaluation of ECT 310 the development kit EDK 312 is provided:

EDK 312 consists of following parts

- 868 MHz STM 312 all-in-one wireless sensor module with integrated energy storage
- ECT 310 ultra-low-voltage DC/DC converter
- Peltier element TEC2L-15-15-15-5.6
- Adapter Board EVA 330
- Detailed documentation

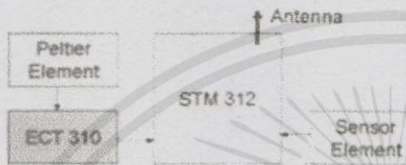
Key Applications

- Sensors for Building and Industrial automation and Medical (heat cost allocator, temperature sensor, process control, preventive maintenance, etc.)
- Actuators for Building and Industrial automation (water valve, air flap, other mech. dev.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"



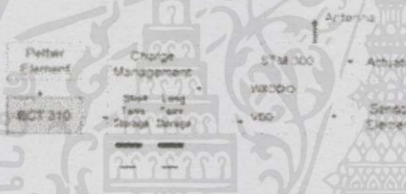
Thermo powered STM 312 radio sensor



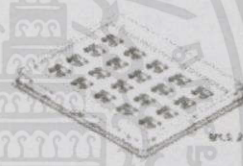
Technical Data

Input start-up voltage 20 mV typ. oc
Input voltage max. 500 mV oc
 (oc = open circuit)
Output voltage 3 .. 5 V
 (Input = 20 .. 500 mV, load < 10 MΩ)
Input source impedance < 2 Ohm
Efficiency @ 25 mV 30 % typ.
Operating temperature -20 °C .. +60 °C
Storage temperature -40 °C .. +85 °C
Humidity 0 .. 93 % rH, non-condensing

Thermo powered actuator with STM 300



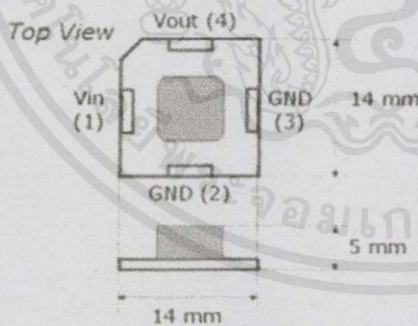
Packaging Information



Ordering Information

TYD	Ordering Code
ECT 310 Module	S3004-P310
EDK 312 Dev Kit 868 MHz	S3004-X312
EDK 312C Dev Kit 315 MHz	S3034-X312

Dimensions & Pinout (Top View)



Note

EnOcean GmbH owns multiple patents in the area of self-powered applications. An overview can be found at following link: <http://www.enocean.com/en/patents/>. Patent pending for ECT 310.

Purchase of the ECT 310 DC/DC converter module or ECT 310 developer kit does not give the right to use this component to power any radio interface other than the EnOcean Radio protocol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้