

เครื่องระบายความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยใช้ปรากฏการณ์

เทอร์โมอิเล็กทริก

Heat Exchanging Device using Thermoelectric Effect



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat Exchanging Device using Thermoelectric Effect



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องระบายความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก
HEAT EXCHANGING DEVICE USING THERMOELETRIC EFFECT

ผู้จัดทำ นางสาวกฤตกนก สุธาสี 53010036
นางสาวสิริปรารงค์ อำนาจสถิตมัน 53011704



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องระบายความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

โดย

นางสาวกฤตกนก สุธาสิทธิ์ 53010036

นางสาวสิริปรารค์ อำนางสถิตมัน 53011704

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ดอน อิศรากร

อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยทางการแพทย์กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายอย่างหนักส่งผลให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้นและหากสามารถลดอุณหภูมิของร่างกายอย่างทันทีหลังการออกกำลังกายจะสามารถช่วยฟื้นฟูกำลังของร่างกายได้ดีขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดและสร้างอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายได้อย่างรวดเร็ว (Rapid Heat Exchange) โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) หรือ เพีย-เทียร์ (Peltier) รุ่น TEC-12706 เป็นตัวลดอุณหภูมิ, ใช้เครื่อง On-Off Controller เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ, เซนเซอร์ชนิด NTC เป็นตัววัดอุณหภูมิ และใช้ทองแดงเป็นวัสดุในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีหลักการทำงาน คือ เครื่อง On-Off Controller เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปยังเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้าจะเกิดความต่างของอุณหภูมิทำให้เกิดด้านร้อนและด้านเย็น โดยผู้วิจัยจะนำอุณหภูมิด้านเย็นส่งผ่านไปยังมีอจับทองแดง และมีตัวเซนเซอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิที่ผิวทองแดงเพื่อส่งค่ากลับไปยังเครื่อง On-Off Controller เพื่อควบคุมอุณหภูมิของทองแดงให้อยู่ในช่วงระหว่าง 17-19 องศาเซลเซียส จากการทดลองใช้อุปกรณ์ ผู้วิจัยพบว่า ที่อุณหภูมิห้อง 32 องศาเซลเซียส การลดอุณหภูมิของทองแดงให้อยู่ในช่วง 17-19 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาประมาณ 120-300 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEAT EXCHANGING DEVICE USING THERMOELETRIC EFFECT

By

Ms.Kridkanok Suthasee 53010036

Ms.Siriprang Amnajstitman 53011704

Advisors

Dr.Don Isarakorn

Mr.Songmuang Nundrakwang

Academic Year 2013

ABSTRACT

From the medical research, it is said that a hard workout cause the increasing of body's temperature and if the heat accumulated in the body can be rapidly decreased, it can help revitalize the body. Applying this concept lead to the design of Rapid Heat Exchanger in this project. The researchers choose Thermoelectric (Peltier) model TEC-12706 for decreasing temperature, On-Off Controller for controlling temperature, NTC sensor for measuring temperature, and the copper as heat exchanger. The operation of machine are as following: On-Off Controller is used for controlling the current flow to thermoelectric. Then, the thermoelectric have a difference in temperature of each side, which is cool side and hot side. Therefore we used the cool side temperature transfer to the copper handling. The sensor at copper surface will feedback temperature to On-Off Controller for keeping temperature at 17-19 °C. From experiment, the researchers found that decreasing the copper temperature in range 17-19 °C at ambience temperature (32 °C) will take about 120–300 seconds.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ดร.ดอน อิศรากร และอาจารย์สองเมือง นันทขว้าง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนสำหรับคำแนะนำต่างๆ ในการวิจัย สนับสนุนอุปกรณ์ และเป็นแรงผลักดันที่ดีเสมอ รวมทั้งความช่วยเหลืออื่นๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่องานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จเสร็จสมบูรณ์ได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



ผู้จัดทำ

นางสาวกฤตกนก

สุธาสี

นางสาวสิริปรังค์

อำนาจสถิตมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก	3
2.1.1 ความหมาย	3
2.1.2 ปракฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก	3
2.1.2.1 ปракฏการณ์ซีเบค	3
2.1.2.2 ปракฏการณ์เพลทีย์เยอร์	5
2.1.2.3 ปракฏการณ์ทอมสัน	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.3 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	7
2.2 กฎการณ์ถ่ายเทความร้อน	9
2.3 การทบทวนวรรณกรรม	12
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	
3.1 วงจรการทำงานของระบบ	16
3.2 โครงสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อน	16
3.2.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน	16
3.2.2 โครงสร้างที่ใช้ในการทดลอง	17
3.3 เทอร์โมอิเล็กทริก	19
3.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ	21
3.5 Heatsink	21
3.6 แบตเตอรี่	22
3.6.1 แบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate และการต่อแบตเตอรี่	22
3.6.2 Li-ion Battery Charger	23
3.6.3 แผงวงจร BMS	23
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองมือจับ	24
4.1.1 การทดลองมือจับทองแดง 2 ข้าง แบบที่ 1	25
4.1.2 การทดลองมือจับทองแดง 2 ข้าง แบบที่ 2	27
4.1.3 การทดลองมือจับทองแดง 1 ข้าง แบบที่ 1	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.4 การทดลองมือจับทองแดง 1 ข้าง แบบที่ 2	29
4.1.6 การทดลองมือจับอลูมิเนียม 1 ข้าง แบบที่ 3	30
4.1.6 การทดลองมือจับอลูมิเนียม 1 ข้าง แบบที่ 4	31
4.1.7 การทดลองมือจับทองแดงแผ่นมีศูนย์กลางเพื่อรับกับฝ่ามือ แบบที่ 5	32
4.1.8 การทดลองมือจับทองแดงแผ่นมีศูนย์กลางเพื่อรับกับฝ่ามือ แบบที่ 6	34
4.2 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก	35
4.2.1 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 โดยจ่ายแรงดันตั้งแต่ 1 V-12 V กับ แบบที่ D1	35
4.2.2 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D2	37
4.2.3 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D3	39
4.2.4 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D4	41
4.2.4.1 การทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว	41
4.2.4.2 การทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว กับโดยมีมือมารบกวน	43
4.3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ	44
4.3.1 การทดสอบต้นแบบกับโครงสร้างแบบที่ D4	45
4.3.2 การทดสอบต้นแบบกับโครงสร้างแบบที่ D5	45
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	47
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	52
ภาคผนวก ข	56
ภาคผนวก ค	68
ประวัติผู้จัดทำ	73



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ปรัชญาการณชีเบค	4
2.2 ปรัชญาการณเพลเทียร์ (Peltier Effect)	5
2.3 เมื่อสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นลบ	6
2.4 เมื่อสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นบวก	6
2.5 วงจรเทอร์โมไดนามิกส์ของปรัชญาการณทอมสัน (H.J. Goldsmid, 1960)	7
2.6 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	8
2.7 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	9
2.8 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ	11
2.9 ต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchanger (RTX) ปี 2009	12
2.10 เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท AVAcore	13
2.11 การใช้เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) กับนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล ในระหว่างการแข่งขันจากบริษัท AVAcore	14
3.1 ระบบการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือ	15
3.2 วิธีการต่อวงจรในการทดลอง	16
3.3 แบบที่ D1	17
3.4 แบบที่ D2	18
3.5 แบบที่ D3	18
3.6 แบบที่ D4	19
3.7 แบบที่ D5	19
3.8 Thermoelectric รุ่น TEC1-12706	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 การยึดเทอร์โมอิเล็กทริกกับมือจับและ heatsink	20
3.10 เครื่องควบคุมอุณหภูมิรุ่น WH70164	20
3.11 Heatsink ของ Cooler Master รุ่น Geminll M4	21
3.12 แบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate	22
3.13 วิธีการต่อแบตเตอรี่ใช้แบบอนุกรมกันกับแผงวงจร BMS	22
3.14 Li-ion Battery Charger	23
3.15 แผงวงจร BMS 12.8V 4S LiFePO4 Battery Packs	23
4.1 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 9 °C	25
4.2 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 10 °C	26
4.3 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 11 °C	27
4.4 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 2 เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 11 °C	28
4.5 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 13 °C	29
4.6 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว และยาว 5.9 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 14°C	30
4.7 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 8 °C	31
4.8 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 14 °C	32
4.9 ผลการ Simulate มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง ที่อุณหภูมิ 17 °C	33
4.10 ผลการ Simulate มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง ที่อุณหภูมิ 16 °C	34
4.11 แบบ A ทดลองที่อุณหภูมิห้อง	35
4.12 แบบ B ทดลองในกล่องเก็บความเย็น	35
4.13 ผลการทดลองที่แรงดัน 1 V แบบที่ D1	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 ผลการทดลองที่แรงดัน 6 V แบบที่ D1	36
4.15 ผลการทดลองที่แรงดัน 12 V แบบที่ D1	36
4.16 ชิ้นงานจริง แบบที่ D2	37
4.17 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2	37
4.18 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2	38
4.19 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2	38
4.20 ชิ้นงานจริง แบบที่ D3	39
4.21 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3	40
4.22 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3	40
4.23 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3	40
4.24 ชิ้นงานจริง แบบที่ D4	41
4.25 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V แบบที่ D4	42
4.26 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D4	42
4.27 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D4	42
4.28 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่มีฝามือมารบกววน แบบที่ D4	43
4.29 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่มีฝามือมารบกววน แบบที่ D4	43
4.30 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่มีฝามือมารบกววน แบบที่ D4	44
4.31 อุปกรณ์ต้นแบบ	44
4.32 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองแสดงอุณหภูมิระหว่างการทำงานปกติกับการมีฝามือมารบกววนแบบที่ D4	45
4.33 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองแสดงอุณหภูมิระหว่างการทำงานปกติกับการมีฝามือมารบกววนแบบที่ D5	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะ อโลหะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สบางชนิด	17
3.2 คุณสมบัติต่างๆ ของ Thermoelectric รุ่น TEC1-12706 และ รุ่น TEC1-12715	20
4.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 1 นิ้ว	25
4.2 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว	26
4.3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 2.125 นิ้ว	26
4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับแบบที่ 1 กับมือจับแบบที่ 2	27
4.5 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 1 ช่างที่หน้าตัด 2.125 นิ้ว	28
4.6 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 2 ช่างที่หน้าตัด 2.125 นิ้ว	29
4.7 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 1 ช่างที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว	31
4.8 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 2 ช่างที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว	32
4.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง	33
4.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

สมรรถภาพร่างกาย คือ ความสามารถของระบบต่างๆ ในร่างกายที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้ที่มีสมรรถภาพร่างกายที่ดีจะสามารถปฏิบัติภารกิจประจำวันได้อย่างคล่องแคล่วว่องไวและฟื้นตัวจากความเมื่อยล้าในแต่ละภารกิจได้เร็วขึ้น ซึ่งการออกกำลังกายจะทำให้สมรรถภาพทางกายทั่วไปลดลง การเพิ่มสมรรถภาพทางกายมีวิธีการต่างๆ มากมาย สำหรับนักกีฬาต้องการสมรรถภาพที่เหมาะสมตลอดทั้งการแข่งขัน การหยุดพักในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้ร่างกายของนักกีฬาฟื้นฟู ด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้วิธีการลดอุณหภูมิร่างกาย โดยทั่วไปจะนิยมการดื่มน้ำเย็น แต่สำหรับกีฬาบางประเภทจะไม่เหมาะสมนัก ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาการลดอุณหภูมิของร่างกายในระหว่างการแข่งขัน

ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาแก้ปัญหาการลดอุณหภูมิในร่างกายระหว่างการแข่งขัน เช่น บริษัท AVACore's CoreControl™ ที่นำเสนอเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) [1] ซึ่งช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายในช่วงแข่งขันโดยนำเสนอว่าวิธีการนำเสนอสามารถลดอุณหภูมิแกนของร่างกายที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการแข่งขันกีฬา ทำให้ความอดทนของกล้ามเนื้อดีขึ้น ลดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ เครื่องมือดังกล่าวอาศัยการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่เย็นกว่าผ่านฝ่ามือ 1 ฝ่ามือ เครื่อง Rapid Thermal Exchange สามารถลดอุณหภูมิร่างกายได้โดยระบบไหลเวียนโลหิตภายในร่างกาย ซึ่งแลกเปลี่ยนความเย็นผ่านฝ่ามือเข้าไปยังโลหิต จากนั้นจะไหลเวียนไปยังทั่วร่างกาย จึงทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิลดลงนั่นเอง มีการนำเครื่องมือนี้ไปใช้ในการแข่งขันกีฬายอดนิยมอย่างเช่น อเมริกันฟุตบอล เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาศักยภาพของนักกีฬาในประเทศไทยยังไม่เพียงพอต่อนักกีฬา เนื่องจากยังมีงานวิจัยในด้านนี้ค่อนข้างน้อย เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยพัฒนาศักยภาพทางกายของนักกีฬาส่งส่วนใหญ่มีราคาแพง และเป็นเครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นหากมีการสร้างเครื่องมือที่มีลักษณะการทำงานที่ดีกว่าเครื่อง Rapid Thermal Exchange สำหรับนักกีฬาในประเทศ ซึ่งอาจทำให้นักกีฬามีศักยภาพในการได้ชัยชนะมากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องมือนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาอาการต่างๆ ที่เกิดจากความร้อนได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการขึ้นนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาเครื่องระบายความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก
2. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยติดงานกลางแจ้ง หรือทำงานในสภาวะแวดล้อมที่มีความร้อนสูง หรือนักกีฬา

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ

1. ศึกษาการถ่ายเทความร้อนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อใช้ในการออกแบบและจำลองมือจับ
2. ทดลองหาคณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก แบบต่างๆ เพื่อหาเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสมในการใช้งานที่สุด
3. ออกแบบมือจับ โดยใช้ข้อมูลจากการจำลองด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์
4. ทดสอบระบบทั้งหมดในห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่อง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้ลดอุณหภูมิร่างกายได้
2. เนื่องจากไม่มีของเหลวในระบบ จึงทำให้ใช้งานและพกพาได้สะดวก
3. สิทธิบัตรทางปัญญา

1.5 ขอบเขตการศึกษา

โครงการวิจัยนี้เป็นเครื่องระบายความร้อนในร่างกายมนุษย์โดยใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งได้มาจากอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก พร้อมทั้งพัฒนาระบบความคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมและออกแบบให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก ปรับตั้งค่าง่ายต่อการใช้งาน

บทที่ 2

ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในส่วนนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและอธิบายถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องก่อนจะนำไปใช้งานจริงในการสร้างอุปกรณ์ลดความร้อนแกนกลางร่างกายผ่านฝ่ามือที่ได้ ออกแบบสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) การถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer) และระบบควบคุมต่างๆ

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric)

2.1.1 ความหมาย

เทอร์โมอิเล็กทริก คือ สมบัติพิเศษของวัสดุที่สามารถผันความร้อนเป็นไฟฟ้า และสามารถผันไฟฟ้าเป็นความเย็น โดยอาศัยหลักการสั่นสะเทือนของโครงสร้างภายในของแข็งที่เป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกในเชิงควอนตัมฟิสิกส์ เรียกว่า โฟนอน (Phonon) เมื่อวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกได้รับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิสูงก็จะถ่ายเทไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า นั่นคือมีอิเล็กตรอน (Electron) และ โฮล (Hole) เคลื่อนที่ ซึ่งจะได้ออกไฟฟ้าออกมา ซึ่งสามารถนำมาสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสร้างเครื่องทำความเย็นได้

2.1.2 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์พื้นฐานทางการผันไฟฟ้าจากความร้อน มีอยู่ด้วยกันดังปรากฏการณ์ที่กล่าวมาแล้ว คือ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect) ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (Peltier effect) และ ปรากฏการณ์ทอมสัน (Thomson effect) ทั้งสามปรากฏการณ์นี้ มีรากฐานอยู่ที่การผันความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หรืออาจผันไฟฟ้าไปเป็นความร้อน

2.1.2.1 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect)

ในปี 1821 โทมัส โจแฮนน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน กล่าวว่า “เมื่อให้ความร้อนที่รอยต่อของตัวนำสองชนิดจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปิด” ปรากฏการณ์ซีเบคเป็นปรากฏการณ์ที่มีรากฐานอยู่ที่การผันความร้อนเป็นไฟฟ้าความสำคัญทางกายภาพของมันสามารถเห็นได้ โดยการพิจารณาปรากฏการณ์ของการบังคับกระเด็นของอนุกรมสม่าเสมอให้ไหลไปตามตัวนำจำกัด ซึ่งในตอนเริ่มแรกตัวนำจะควบคุมการกระจายอย่างสม่าเสมอของตัวพาหะประจุ แต่ภายใต้เกรเดียนต์อุณหภูมิหนึ่งพาหะอิสระต่าง ๆ ที่ปลายด้านร้อน (Hot end) จะมีพลังงานจลน์มากกว่าที่ปลายด้านเย็น (Cold end) และมีแนวโน้มที่จะแพร่ไปปลายด้านเย็น การเกิดขึ้นของประจุทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (Back electromotive force หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ไม่เท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุ thermoelectric และจะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคเป็นได้ทั้งบวกและลบ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ เช่น ในกรณีของสารกึ่งตัวนำ N-type จะมี seebeck coefficient เป็นลบ แต่ P-type จะมี seebeck coefficient เป็นบวก เป็นต้น

2.1.2.2 ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (Peltier effect)

ในปี 1834 ยีน เพลทีเยอร์ ชาร์เลส อธาเนส (Jean Charles Athanase Peltier) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส กล่าวว่า “เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลจะมีความร้อนเกิดขึ้นที่รอยต่อของตัวนำ ความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า” [1] ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (Peltier Effect) [3]

ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์เป็นปรากฏการณ์หนึ่งซึ่งคู่กันกับปรากฏการณ์ซีเบค และถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำระบบหล่อเย็นจากการผันความร้อนจากไฟฟ้า (Thermoelectric refrigeration) ในที่นี้ อัตราของการดูดซับความร้อนแบบกลับได้ (Rate of reversible heat absorption, Q) ซึ่งส่งมาพร้อมกับการผ่านกระแสไฟฟ้า (I) ผ่านรอยต่อ ดังสมการที่ 2.3 และความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคกับค่าสัมประสิทธิ์เพลทีเยอร์ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.4

$$\vec{Q} = \Pi \vec{I} \quad (2.3)$$

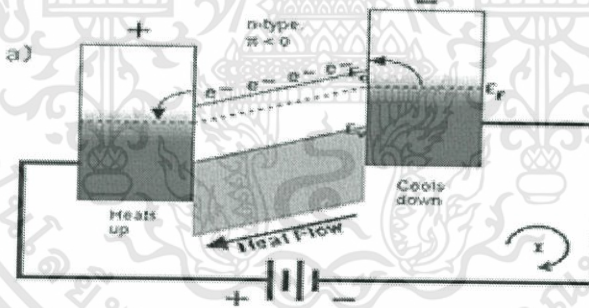
$$\Pi = \alpha T \quad (2.4)$$

โดยที่ \vec{Q} คือ อัตราของการดูดซับความร้อนแบบกลับ, J

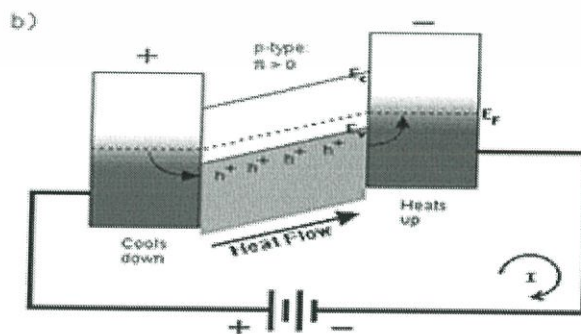
Π คือ สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ของรอยต่อ

\vec{I} คือ กระแสไฟฟ้า, A

เมื่อค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นลบ ($\Pi < 0$) อิเล็กตรอนของอะตอมพลังงานสูงเคลื่อนย้ายจากขามาซ้าย การไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามักทิศทางตรงกันข้าม ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และเมื่อค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นบวก ($\Pi > 0$) หลุมพลังงานสูงเคลื่อนย้ายจากซ้ายมาขวา การไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามักทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 เมื่อสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นลบ ($\Pi < 0$) [3]

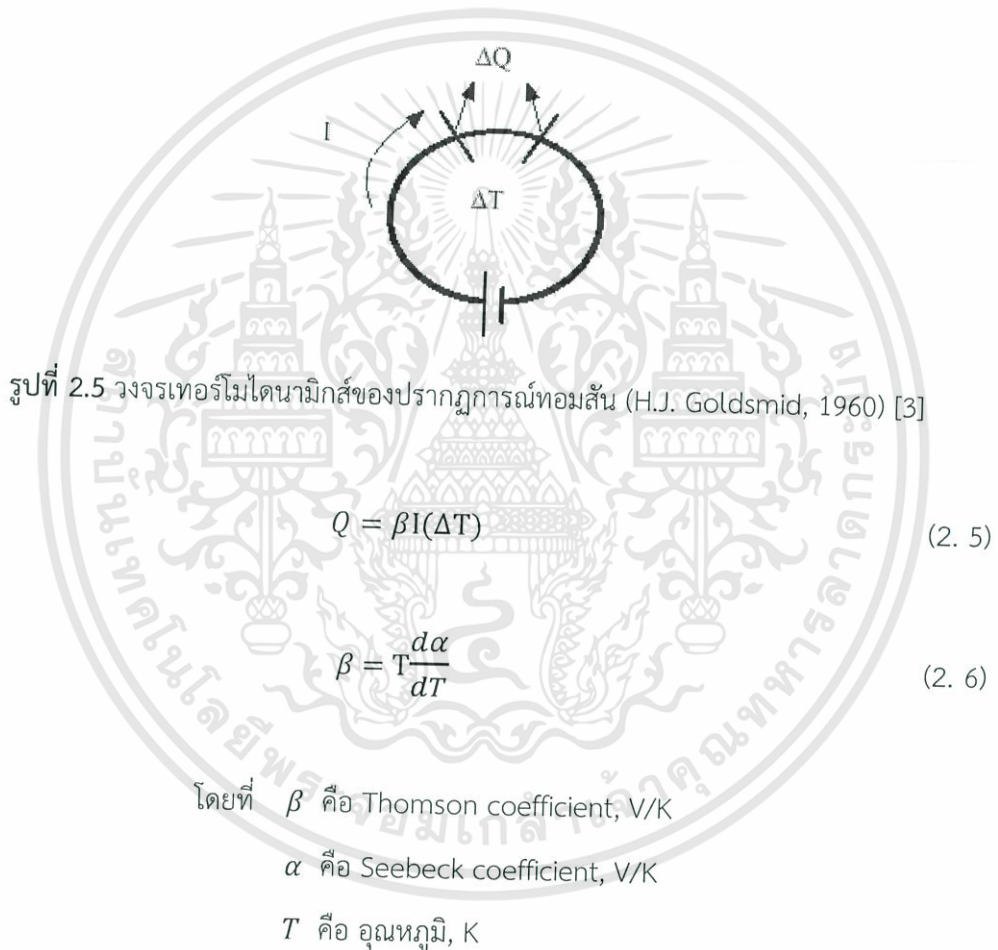


รูปที่ 2.4 เมื่อสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นบวก ($\Pi > 0$) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ปรากฏการณ์ทอมสัน (Thomson effect)

ในปี 1954 วิลเลียม ทอมสัน (William Thomson) หรือ ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) นักฟิสิกส์ชาวสก็อต กล่าวว่า “เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำไฟฟ้าสองจุดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ทิศทางความร้อนขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าจากจุดเย็นไปจุดร้อนหรือจากจุดร้อนไปจุดเย็น” ปรากฏการณ์ทอมสัน เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการแพร่ของความร้อนแบบกลับได้ ΔQ ซึ่งเกิดขึ้นมาเนื่องจากการผ่านของกระแสไฟฟ้าตามตัวนำเดี่ยวอันหนึ่งเมื่อมีเกรเดียนต์ ΔT อุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ ได้ดังสมการที่ 2.5 และสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคกับค่าสัมประสิทธิ์ทอมสัน ได้ดังสมการที่ 2.6

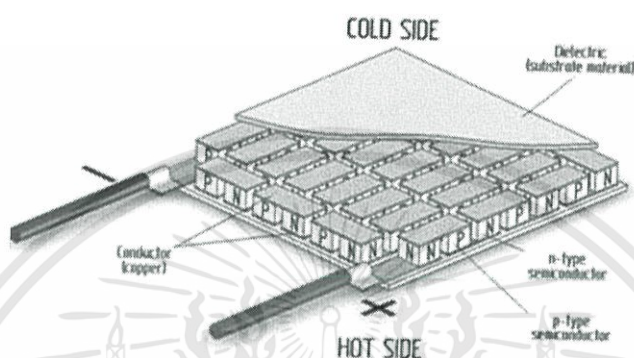


2.1.3 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

การประกอบ “วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก” ให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานเป็นแหล่งพลังงานได้ เรียกว่า “เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล (Thermoelectric module)” เริ่มต้นจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ชนิดเอ็น (N type) และชนิดพี (P type) ชิ้นเล็กๆ มาต่อกันเป็นคู่ๆ โดยวางสลับกัน และมีโลหะขนาดเล็กเชื่อมต่อทั้งคู่เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละคู่ที่ต่อกันจะมีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

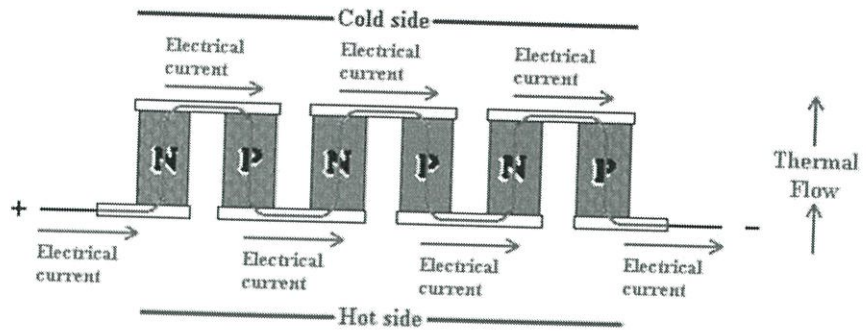
ไฟฟ้าตั้งแต่ตัวแรกถึงตัวสุดท้าย เมื่อนำมาต่อเข้ากับโหลด (Load) หากมีกระแสไฟฟ้าไหลก็จะครบวงจรพอดี ที่ด้านบนและด้านล่างถูกประกบด้วยแผ่นเซรามิก ปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าที่โมดูลผลิตได้เนื่องจากความต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นด้านบนและด้านล่างขึ้นอยู่กับจำนวนคู่ของ เอ็น-พี ในโมดูลนั้น ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล [5]

การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล แบ่งเป็น 2 โหมดดังนี้ โหมดแรก เรียกว่า “โหมดผลิตไฟฟ้า (Generator mode)” โดยให้ความต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ด้านบนและด้านล่างทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลเนื่องจากพาหะเอ็นและพีในสารกึ่งตัวนำเหล่านั้น ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นซึ่งมีพาหะข้างมากเป็นอิเล็กตรอน (Electron) หรือประจุลบ เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง การไหลของความร้อนจะทำให้เกิดการไหลของพาหะข้างมากเหล่านั้น อิเล็กตรอนจะไหลจากผิวด้านบนไปสู่ด้านล่าง ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีพาหะข้างมากเป็นโฮล (Hole) หรือประจุบวก เมื่อมีความร้อนที่ผิวด้านบนมากกว่าด้านล่าง โฮลก็จะไหลจากผิวด้านบนไปด้านล่างเช่นเดียวกัน ดังนั้นทิศทางของกระแสไฟฟ้าในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจึงไหลตามกันไปทิศทางเดียวกัน

ส่วนการทำงานอีกโหมดหนึ่งในทางกลับกัน เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะทำให้เกิดความร้อนและความเย็นเกิดขึ้นที่ผิวด้านบนและด้านล่าง เรียกว่า “โหมดผลิตความเย็นด้วยไฟฟ้า (Refrigerator mode)” เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายนอก เช่น แบตเตอรี่ จะทำให้เกิดความแตกต่างของความร้อนและความเย็นที่ผิวแต่ละด้าน เนื่องจากการกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพาหะข้างมากซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดการนำความร้อนจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล [6]

2.2 กฎการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer)

เมื่อไหร่ก็ตามที่จุดสองจุดมีอุณหภูมิต่างกันก็จะมีพลังงานถ่ายเทจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ พลังงานที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอิทธิพลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเรียกว่า ความร้อน ถึงแม้ว่าวิชาเทอร์โมไดนามิกส์จะเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทของพลังงานก็ตาม แต่ก็เป็นการศึกษาไดนามิกส์จึงใช้ได้เพียงแค่ทำนายจำนวนพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบ ความร้อนที่อยู่ในสภาวะสมดุลจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถที่จะบอกให้ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้นได้รวดเร็วเพียงไร ศาสตร์จากวิชาการถ่ายเทความร้อนนี้จะช่วยต่อเติมกฎข้อที่ 2 ของเทอร์โมไดนามิกด้วยการวิเคราะห์ที่สามารถนำมาใช้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้

รายละเอียดที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเทอร์โมไดนามิกและการถ่ายเทความร้อนนั้น พิจารณาได้จากแท่งเหล็กที่กำลังร้อนขึ้นเมื่อนำไปแช่ทิ้งไว้ในน้ำร้อน จากกฎของเทอร์โมไดนามิกจะทำให้สามารถหาอุณหภูมิของแท่งเหล็กและน้ำร้อนเมื่อแท่งเหล็กและน้ำร้อนอยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว แต่ก็ไม่สามารถบอกให้ทราบถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิในช่วงเวลาที่กำหนดให้ นั้น และไม่สามารถบอกให้ทราบว่าต้องใช้เวลาานเท่าไรแท่งเหล็กและน้ำร้อนจึงจะมีอุณหภูมิตามต้องการ ส่วนการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนนั้นจะสามารถทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนจากน้ำร้อนไปยังแท่งเหล็กได้ นอกจากนี้ความสามารถคำนวณหาอุณหภูมิของแท่งเหล็กและน้ำร้อนในฟังก์ชันของเวลาได้อีกด้วย

การนำความร้อน (Conduction heat transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็นตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิสามารถเกิดได้ทั้งในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แต่เนื่องจากการไหลหมุนเวียนเกิดขึ้นในของเหลวและแก๊ส แต่สำหรับในของแข็งทึบแสงจะไม่มี การเคลื่อนไหวภายในวัสดุจะมีแต่การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำเพียงอย่างเดียว อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วนกับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature gradient) คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ดังสมการที่ 2.7

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.7)$$

โดยที่ q_k คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน
 A คือ พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน
 T คือ อุณหภูมิ, K
 X คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's law of conduction) เครื่องหมายลบที่อยู่ทางขวามือของสมการเป็นผลเนื่องจากกฎข้อที่สองทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกำหนดว่า ความร้อนจะต้องสำหรับนิยามความหมายของค่าการนำความร้อนไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากความลาดชันของอุณหภูมิจะต้องลดลงเมื่อระยะทาง X เพิ่มมากขึ้น จึงมีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นหากต้องการให้อัตราการถ่ายเทความร้อนไหลในทิศทางที่เป็นบวกหรือมีค่าเป็นบวก จะต้องเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวาของสมการ สมการเป็นสมการที่ใช้สำหรับนิยามความหมายของค่าการนำความร้อน (k) อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น รูปทรง ความหนา และวัสดุที่ใช้ในการทำตัวกลาง รวมทั้งความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่างตัวกลาง

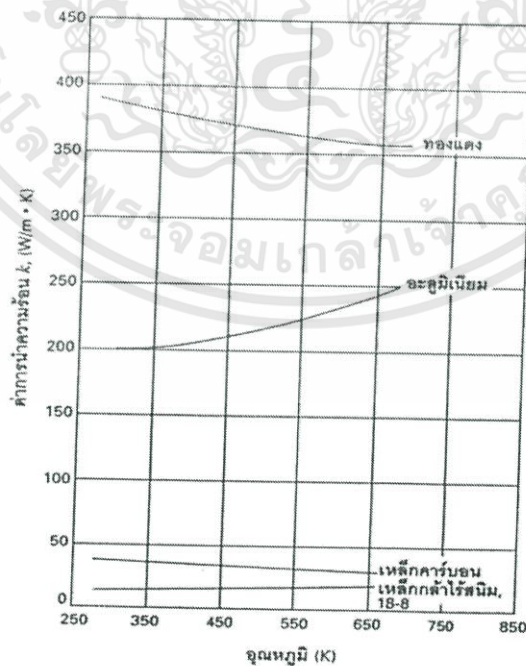
ความสามารถในการนำความร้อนของสาร วัดด้วยปริมาณที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หรือใช้ตัวอักษรย่อว่า k มีหน่วยเป็น $W/m K$ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางที่มีความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน

ค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในของเหลวของแข็ง และแก๊ส ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของแก๊สไม่สามารถหาได้จากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัสดุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัสดุจะแปรตามอุณหภูมิ แต่การนำไปใช้งานในด้านการปฏิบัตินั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ย สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ จะมีค่า k สูง ส่วนสารที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ เช่น สารอโลหะ ก็จะมีค่า k ต่ำ ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (conductor) และสารที่มีค่า k ต่ำ จะเรียกว่า ฉนวน (insulator)

กลไกการถ่ายเทความร้อนโดยการนำของก๊าซสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีคิเนติกว่า เนื่องจากโมเลกุลของแก๊สที่มีการเคลื่อนที่อิสระ ไม่มีเส้นทางเคลื่อนที่ที่ตายตัวแน่นอนตายตัว ดังนั้นเมื่อโมเลกุลเหล่านั้นเกิดการชนกันขึ้นก็จะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานโมเมนตัมซึ่งกันและกัน แต่เนื่องจากโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงนั้นมีพลังงานจลน์มากกว่า ดังนั้นเมื่อโมเลกุลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าก็จะพาเอาพลังงานจลน์ไปในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่านั้นด้วย และเมื่อโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงเกิดชนกับโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์ต่ำกว่าก็จะมี การถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้น กลไกการนำความร้อนทางกายภาพในของเหลวมีลักษณะเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากโมเลกุลของของเหลวนั้นมีจำนวนหนาแน่นกว่า และสนามของแรงในของเหลวมีบทบาทต่อการถ่ายเทพลังงานมากกว่าดังนั้นลักษณะการถ่ายเทความร้อนจึงมีความซับซ้อนกว่าแก๊ส



รูปที่ 2.8 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะบางชนิดที่แปรตามอุณหภูมิ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 นั้นเป็นค่าการนำความร้อน k ของโลหะและอโลหะที่เป็นของแข็งบางชนิด พลังงานความร้อนในวัตถุที่เป็นของแข็งนั้นจะถูกเคลื่อนย้ายโดยอิเล็กตรอนอิสระและการสั่นสะเทือนภายในโครงสร้างโดยปกติแล้วการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นการเคลื่อนที่ที่มีบทบาทสำคัญ และเนื่องจากภายในตัวนำไฟฟ้าที่ดีนั้นจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็นจำนวนมากที่เคลื่อนที่ไปมาอยู่ภายในโครงสร้างของมัน ดังนั้นตัวนำไฟฟ้าที่ดีจึงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีด้วย ในทำนองเดียวกันวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีก็จะเป็นฉนวนความร้อนที่ดีด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามสมรรถนะในการป้องกันความร้อนของฉนวนจะดีหรือเลวเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการกักอากาศไว้ในรูพรุนของโครงสร้างวัตถุเหล่านั้น การถ่ายเทความร้อนในวัตถุเหล่านั้นเกิดขึ้นได้หลายวิธีด้วยกัน

2.3 การทบทวนวรรณกรรม

เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกาย และฟื้นฟูสมรรถภาพทางกายโดยเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX)

ในปี 2008 [10] ได้รับการทดสอบใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือเพื่อเพิ่มสมรรถภาพทางกายในกลุ่มคนที่เป็นโรคมัลติเพิล สเกลอโรซิส (Multi Sclerosis, MS) ซึ่งบุคคลที่เป็นโรคนี้อาจมีผลต่อการรับรู้ต่ออุณหภูมิความร้อนเร็วมากขึ้น การทดลองมีผู้เข้าร่วมการทดสอบที่เป็นโรคมัลติเพิล สเกลอโรซิส หรือ MS ทั้งหมด 10 คน โดยเริ่มจากให้ผู้เข้าร่วมการทดสอบเดินบนลู่วิ่ง (treadmill) จนผู้เข้าร่วมการทดสอบมีอาการผิดปกติซึ่งเกิดจากโรค MS เกิดขึ้น วัตรยะเวลาเปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่ไม่มีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ และมีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ สำหรับการทดลองที่มีการใช้การแลกเปลี่ยนความเย็นจากฝ่ามือ จะมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมความเย็น ซึ่งถูกตั้งค่าไว้ที่ $18-22^{\circ}\text{C}$ ภายใน chamber มีการลดความดันจนมีค่าเท่ากับ -40 mmHg ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ควบคุมความเย็นสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายให้กับผู้ป่วยโรค MS ได้

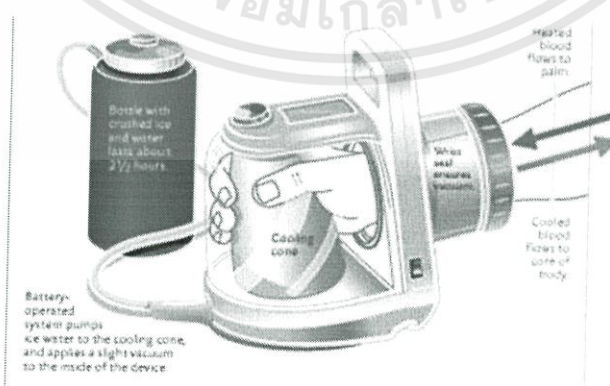


รูปที่ 2.9 ต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) ในปี 2009 [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 2009 [11] ได้มีการทดสอบต้นแบบเครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) ดังรูปที่ 2.9 การทดสอบเป็นการทดสอบพื้นผิวง่ายบริเวณต่างๆ กับการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีการทดสอบบริเวณศีรษะ ฝ่ามือ เท้า ซึ่งมีการทดสอบวัดอุณหภูมิทางเดินอาหาร และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ สำหรับการทดสอบได้ทำการทดลองกับผู้เข้าร่วมทดลองเพศชาย อายุ 22-64 จำนวน 17 คน การทดลองให้ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินบนลู่วิ่ง 5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งค่าอุณหภูมิทางเดินอาหารเปรียบเทียบการแลกเปลี่ยนความร้อนที่บริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย จากงานวิจัยพบว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกายกับฝ่ามือให้ผลดีกว่าที่บริเวณเท้าและศีรษะ โดยการทดสอบแลกเปลี่ยนความร้อนของร่างกายทั้ง 3 ส่วน คือ ศีรษะ เท้า และฝ่ามือ จะให้ผลการลดความร้อนร่างกายได้ดีที่สุด

ปี 2010 [12] ได้นำเครื่อง RTX มาใช้กับการออกกำลังกายด้วยน้ำนึ่งยกน้ำหนัก โดยทดสอบเครื่อง RTX รูปที่ 2.10 กับการออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก งานวิจัยได้มีการทดสอบระหว่างให้ผู้เข้าร่วมทดสอบออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก (Beach Press Exercise) ในสภาวะที่ร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยที่สุด (Thermonuetral, TN) เปรียบเทียบกับการออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก โดยมีการใช้เครื่อง RTX ซึ่งตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 10 °C (Palm Cooling, PC) และเปรียบเทียบกับออกกำลังกายด้วยการนอนยกน้ำหนัก โดยมีการใช้ความร้อนในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่ฝ่ามือ โดยเครื่องมีลักษณะที่ใช้คล้ายกับเครื่อง RTX แต่มีการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 45 °C (Palm Heating, PH) ซึ่งสำหรับการทดสอบทั้งสองส่วนได้มีการลดความดันบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิฝ่ามืออยู่ที่ -35 ถึง -45 มิลลิเมตรปรอท (mmHg) ซึ่งการทดสอบนอนยกน้ำหนักทั้งหมด 4 ยกด้วยกัน ผลการทดสอบพบว่าการทดสอบที่มีการใช้ PC สามารถยกน้ำหนักได้มากที่สุดเท่ากับ 2480 ± 636 กิโลกรัม การทดสอบที่มีการใช้ PH สามารถยกน้ำหนักได้ 2156 ± 668 กิโลกรัม ส่วนการทดสอบในสภาวะร่างกายใช้ออกซิเจนน้อยที่สุด TN ยกน้ำหนักได้ 1972 ± 632 กิโลกรัม จากงานวิจัยพบว่าการใช้ Palm Cooling สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาประเภทน้ำนึ่งยกน้ำหนักได้ดีที่สุด

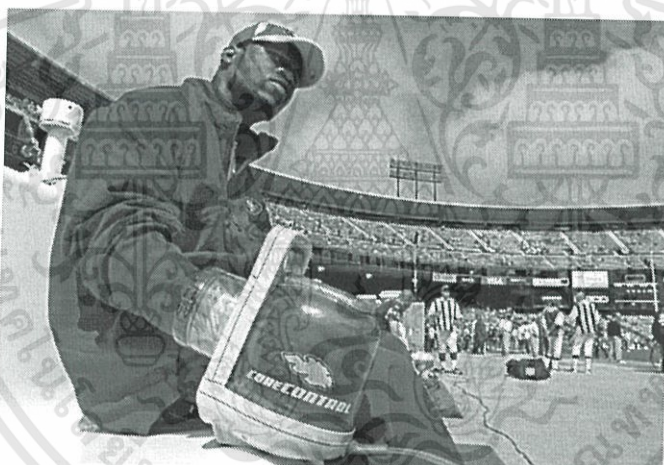


รูปที่ 2.10 เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท AVACore Technology [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2011 Hunter Kylie E, Murphy Aron J, Coutts Aaron J, Watsford Mark L และ Graham Kenneth [13] ได้มีการทดสอบผลทางร่างกาย เมื่อมีการใช้เครื่อง RTX ของบริษัท AVAcure Technologies เพื่อฟื้นฟูและเพิ่มสมรรถภาพทางกายของผู้เข้าร่วมทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างร้อน งานวิจัยกล่าวว่า ความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นอาจเป็นตัวจำกัดขีดความสามารถทางกายของนักกีฬา ดังนั้นเมื่อเรามีการลดความร้อนร่างกายที่เกิดขึ้นได้ ร่างกายจะมีขีดความสามารถทางกายที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการทดลองได้ว่า เครื่อง RTX ของบริษัท AVAcure Technologies สามารถช่วยลดอุณหภูมิร่างกาย และสามารถลดค่าอัตราการเต้นหัวใจได้

เทคโนโลยีและงานวิจัยที่นำเสนอข้างต้น เป็นงานวิจัยที่ถูกคิดค้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อค้นหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่จะสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาได้ดีที่สุด จากงานวิจัยข้างต้นพบว่า เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) จากบริษัท AVAcure Technologies สามารถลดค่าอุณหภูมิภายในร่างกายที่เพิ่มมากยิ่งขึ้น ลดอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬา ซึ่งส่งผลให้นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายเพิ่มมากยิ่งขึ้นด้วย



Michael Macor / The Chronicle

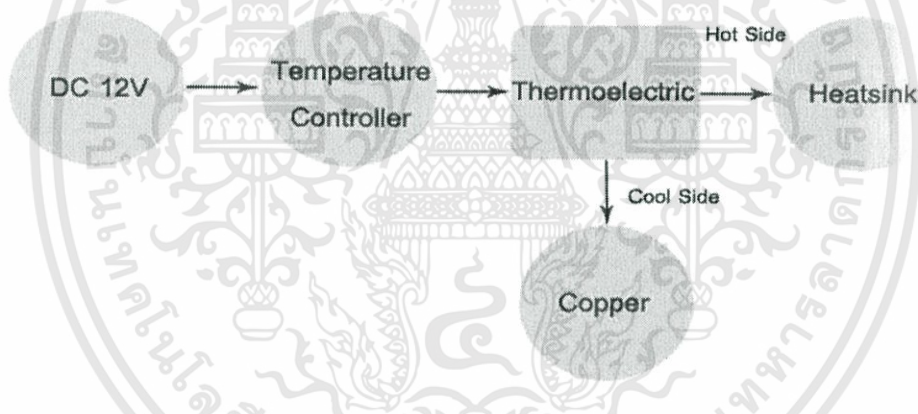
รูปที่ 2.11 การใช้เครื่อง Rapid Thermal Exchange (RTX) กับนักกีฬาอเมริกันฟุตบอล ในระหว่างการแข่งขันจากบริษัท AVAcure Technology [1]

บทที่ 3

หลักการออกแบบ

การออกแบบและสร้างเครื่องลดอุณหภูมิของร่างกายตามแนวคิดที่กล่าวไว้ในบทนำ ตามวัตถุประสงค์อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างจะต้องสามารถพกพาได้ การออกแบบโครงสร้าง การเลือกอุปกรณ์ และการออกแบบระบบควบคุม จำเป็นต้องสะดวกต่อการนำไปใช้งาน

หลักการทำงานในภาพรวมของเครื่องลดอุณหภูมิของร่างกายจะใช้เทอร์โมอิเล็กทริกดึงความร้อนออกจากทองแดง โดยติดตั้งด้านเย็นของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกกับมือจับทองแดง เพื่อลดอุณหภูมิของมือจับทองแดง ส่วนด้านร้อนของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดอยู่กับ Heatsink โดยใช้พัดลมเป็นตัวช่วยระบายความร้อน แผนผังภาพรวมของระบบการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือสามารถแสดงใน รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบการทำงานของเครื่องลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือ

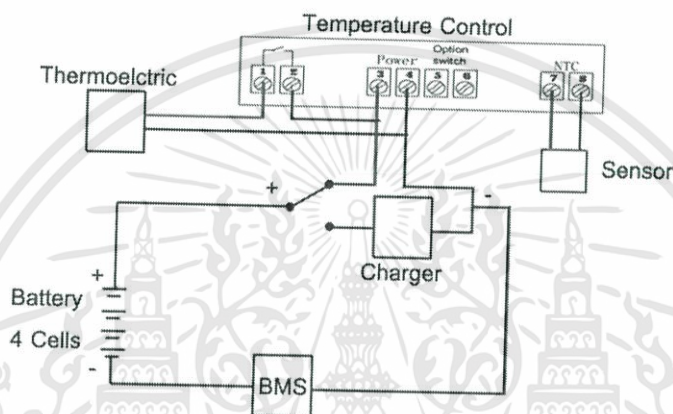
จากในรูปที่ 3.1 จะพบว่าอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนมีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ

1. โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ
2. เทอร์โมอิเล็กทริก
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
4. Heatsink
5. แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 วงจรการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า คือ แบตเตอรี่ โดยมีสวิตช์ควบคุมการปิดเปิด และชาร์จ เมื่อเปิดสวิตช์ กระแสจะไหลเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อควบคุมการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยอาศัยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 17-19 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วิธีการต่อวงจรในการทดลอง

3.2 โครงสร้างอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อน

3.2.1 การเลือกวัสดุแลกเปลี่ยนความร้อน

ตามทฤษฎีวัสดุที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนจำเป็นต้องมีคุณสมบัติการนำความร้อนที่ดี จะอาศัยค่าการนำความร้อน ซึ่งค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่าโดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิ สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง คือ โลหะ จะมีค่า k สูง ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบจากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (conductor) ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ค่าการนำความร้อน k ของโลหะ อโลหะ ของแข็ง ของเหลว และแก๊สบางชนิด [7]

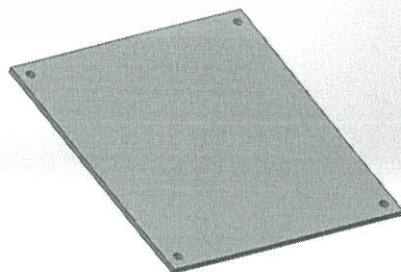
ชนิดของวัสดุ	ค่าการนำความร้อนที่ 300 K (W/m.K)
ทองแดง	386
อะลูมิเนียม	204
เหล็กคาร์บอน	54
แก้ว	0.75
พลาสติก	0.2-0.3
น้ำ	0.6
น้ำมันเครื่อง	0.15
ไฮโดรเจน	0.18
อากาศ	0.026

จากข้อมูลในตารางเห็นได้ว่า ทองแดงเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่ดีที่สุด และอะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่ติรองลงมา ที่อุณหภูมิ 300K (27 °C) จึงเลือกทองแดงและอะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่จับเพื่อนำมาทำการทดลอง ถึงแม้ว่าทองแดงจะมีค่าการนำความร้อนมากกว่าอะลูมิเนียม แต่ราคาและน้ำหนักของทองแดงก็สูงกว่ามากเช่นกัน ดังนั้นจึงเลือกวัสดุทั้งสองอย่างเพื่อมาทดสอบกับโปรแกรม Solidworks ก่อน จากนั้นดูผลการทดลองว่าวัสดุที่เหมาะสมจะนำไปทำเป็นต้นแบบโครงสร้าง

3.2.2 โครงสร้างที่ใช้ในการทดลอง

โครงสร้างที่ออกแบบสำหรับการทดลองกับเครื่องลดอุณหภูมิบริเวณฝ่ามือมีทั้งหมด 4 แบบ

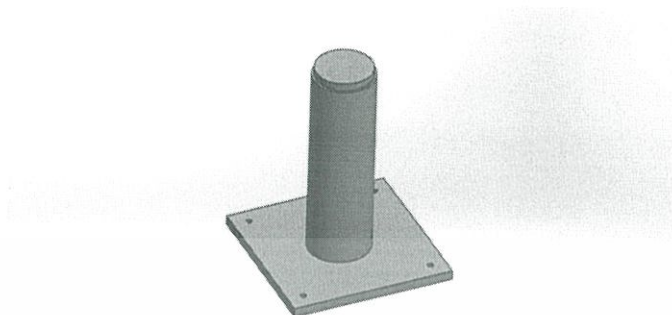
- แบบที่ D1 เป็นอะลูมิเนียมแผ่นมีขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร และหนา 20 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แบบที่ D1

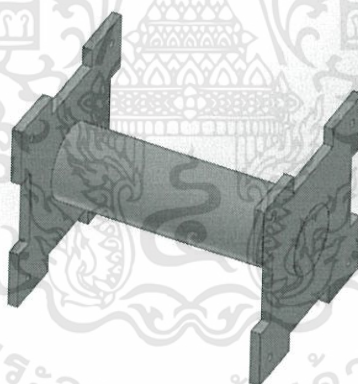
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบที่ D2 เป็นมือจับอะลูมิเนียมมีฐานหนึ่งด้านขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 4.7 นิ้ว ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบที่ D2

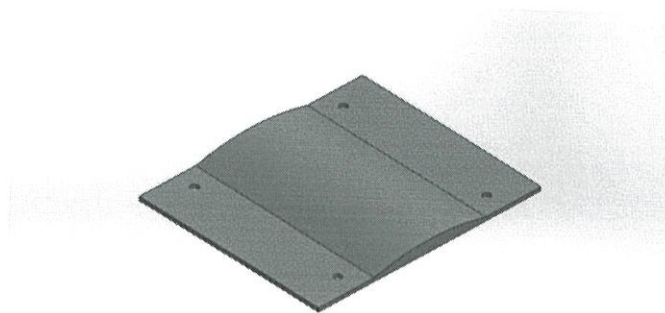
- แบบที่ D3 เป็นมือจับอะลูมิเนียมมีฐานสองด้านขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 4.7 นิ้ว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบที่ D3

- แบบที่ D4 เป็นมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตรหนา 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แบบที่ D4

- แบบที่ D5 เป็นมือจับทองแดงแผ่นมีศูนย์กลางเพื่อรับกับฝ่ามือขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.7

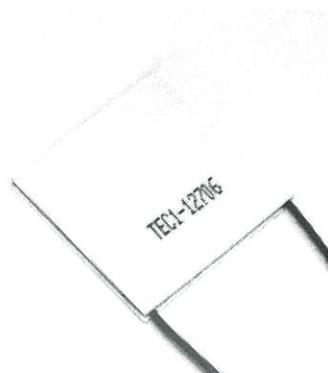


รูปที่ 3.7 แบบที่ D5

3.3 เทอร์โมอิเล็กทริก

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์ทำความเย็นแบบเซรามิกคือเทอร์โมอิเล็กทริกหรือเพลเทียร์ รุ่น TEC1-12706 ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ดังตารางที่ 3.2 [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

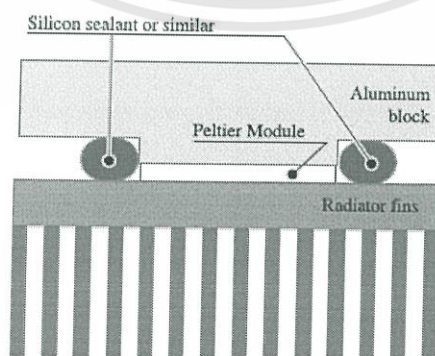


รูปที่ 3.8 Thermoelectric รุ่น TEC1-12706

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติต่าง ๆ ของ Thermoelectric รุ่น TEC1-12706

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

วิธีการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องใช้ซิลิโคนสำหรับซีพียูทาบาง ๆ ที่เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อช่วยระบายความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก นำเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนยึดติดกับ Heatsink และเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นยึดติดกับมือจับที่ได้ทำการออกแบบ และใช้ซิลิโคนกันน้ำทาบอบ ๆ เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อไม่ให้ความร้อนกับความเย็นสัมผัสกัน มิฉะนั้นจะทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกพังได้ แสดงรูปแบบการติดตั้งรูปที่ 3.9

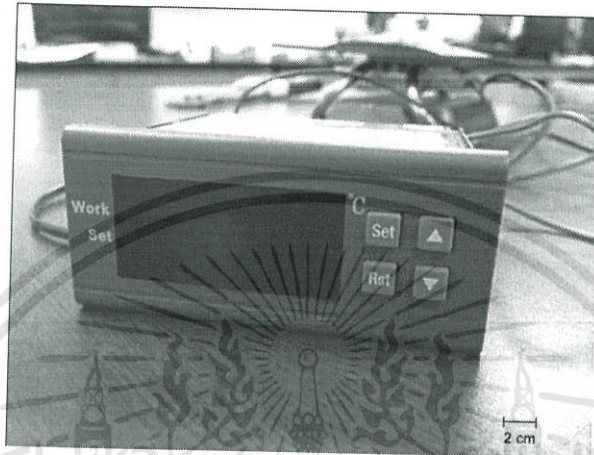


รูปที่ 3.9 การยึดเทอร์โมอิเล็กทริกกับมือจับและ heatsink [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

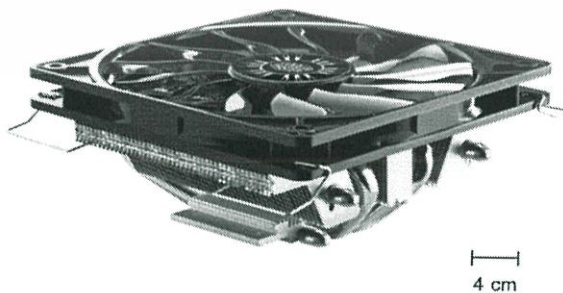
เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบ On - Off Controller รุ่น WH7016C [17] ดังรูปที่ 3.10 จะทำการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในช่วง 17 – 19 องศาเซลเซียส และใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ชนิด NTC



รูปที่ 3.10 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น WH7016C

3.5 Heatsink

Heatsink ของ Cooler Master รุ่น Geminll M4 ดังรูปที่ 3.11 มีขนาด 137 x 22 x 59 มิลลิเมตร ลักษณะที่โดดเด่นคือ ฐานเป็นทองแดง และครีบริบายความร้อนเป็นอลูมิเนียม ซึ่งทองแดงมีคุณสมบัติการดึงหรือนำความร้อนได้ดี ส่วนอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติคายความร้อนเมื่อมีลมผ่านครีบริบายจำนวนมาก ยิ่งคายความร้อนได้ดี



รูปที่ 3.11 Heatsink ของ Cooler Master รุ่น Geminll M4 [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 แบตเตอรี่

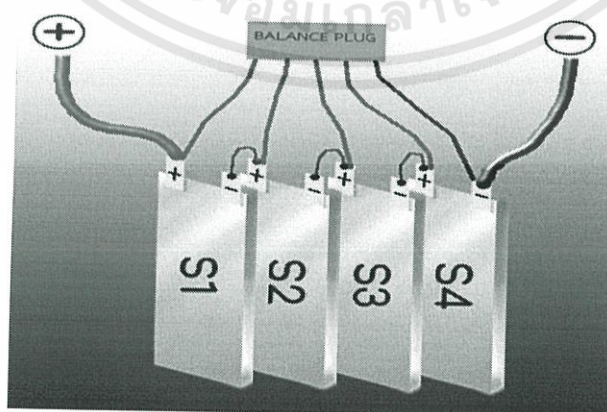
3.6.1 แบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate และการต่อแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate (LiFePO_4) ข้อดีคือ มีความเสถียรมาก จึงปลอดภัย สามารถจ่ายกระแสได้คงที่และจ่ายกระแสได้สูง ไม่ร้อน ไม่บวมเหมือนถ่าน Li-Po มีแรงดันต่อเซลล์ 3.2 V ชาร์จด้วยกระแส มีความทนทานในการชาร์จแรงดันหรือใช้งานต่ำกว่าหรือเกินกว่าสเปคมากกว่าแบตเตอรี่ Li-Po และแบตเตอรี่มีตัวถังแข็งแรง ไม่เสียหายง่าย และที่สำคัญที่สุดคือไม่ระเบิด

ความดันที่ต้องการใช้กับระบบคือ 12 V ดังนั้นจึงเลือกใช้แบตเตอรี่ทั้งหมด 4 เซลล์ เซลล์ละ 3.2 V มีกระแส 10 AH ดังรูปที่ 3.12 และวิธีการต่อแบตเตอรี่ใช้แบบอนุกรมกัน จะได้ความดัน 12.8 V กระแส 10 AH ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 แบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate

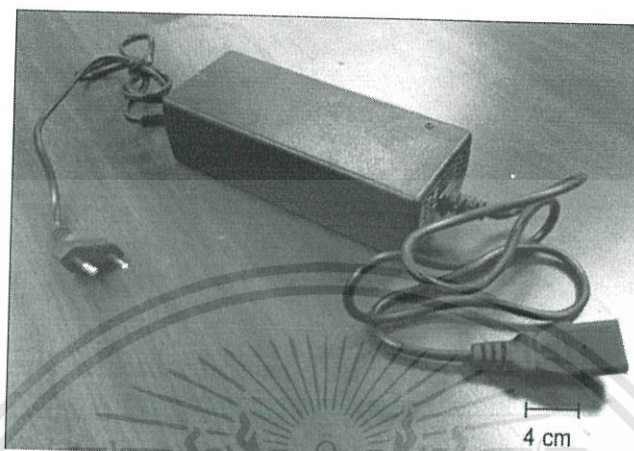


รูปที่ 3.13 วิธีการแบตเตอรี่ใช้แบบอนุกรมกันกับแผงวงจร BMS [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 Li-ion Battery Charger

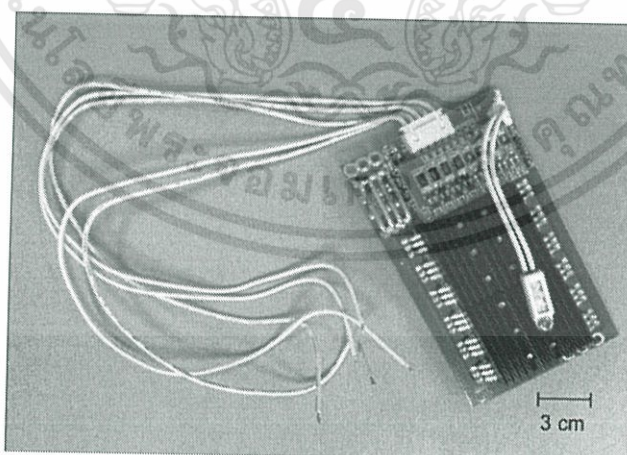
Li-ion Battery Charger สำหรับชาร์จแบตเตอรี่ Input AC 160 V – 240 V 40 W 50/60 Hz Output 14.6 V 2 A ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 Li-ion Battery Charger

3.6.3 แผงวงจร BMS

แผงวงจร BMS 12.8V 4S LiFePO4 Battery Packs รุ่น HCX-D149 ดังรูปที่ 3.15 ใช้ควบคุมการจ่ายกระแสของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์ให้จ่ายกระแสได้เท่า ๆ กันและควบคุมการจ่ายกระแสเกินเพื่อรักษาเซลล์แบตเตอรี่แต่ละเซลล์ให้มีอายุการใช้งานนานยิ่งขึ้น



รูปที่ 3.15 แผงวงจร BMS 12.8V 4S LiFePO4 Battery Packs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง โดยจะเริ่มจากการจำลอง (Simulation) เพื่อหารูปแบบและวัสดุของมือจับที่เหมาะสม หลังจากนั้นจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประกอบกับโครงสร้างที่เลือกมาเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ ทำการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบทั้งสภาวะปกติและสภาวะที่มีมือมารบกวน, ทดสอบการทำงานในสภาพแวดล้อมต่างๆ และสุดท้ายจะนำอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดมาประกอบเข้ากับอุปกรณ์ทั้งหมดมาใช้งานร่วมกัน และสามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคต

4.1 การทดลองมือจับ

การทดลองออกแบบมือจับเพื่อหารูปทรงที่เหมาะสมกับชิ้นงานจริงมากที่สุด คือ ควรมีการถ่ายเทความร้อนที่มากที่สุด ระยะทางระหว่างต้นมือจับกับปลายมือจับ ควรมีค่าน้อยที่สุดตามกฎของการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) และจำลองการถ่ายเทความร้อนด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อใช้ในการออกแบบและจำลองมือจับ โดยใช้โปรแกรม Solidworks ทดลองหาการกระจายความร้อนในวัสดุที่เลือกใช้ คือ ทองแดงและอะลูมิเนียม ซึ่งมีค่าการนำความร้อนดีที่สุดและรองลงมาตามทฤษฎีค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ในการทดลองควรพิจารณาค่าการนำความร้อนจากการคำนวณตามสมการที่ 4.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิปลายมือจับกับอุณหภูมิมือจับ

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (4.1)$$

โดยที่ q_k คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน

A คือ พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน

T คือ อุณหภูมิ, K

X คือ ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การทดลองมือจับทองแดง 2 ข้างแบบที่ 1

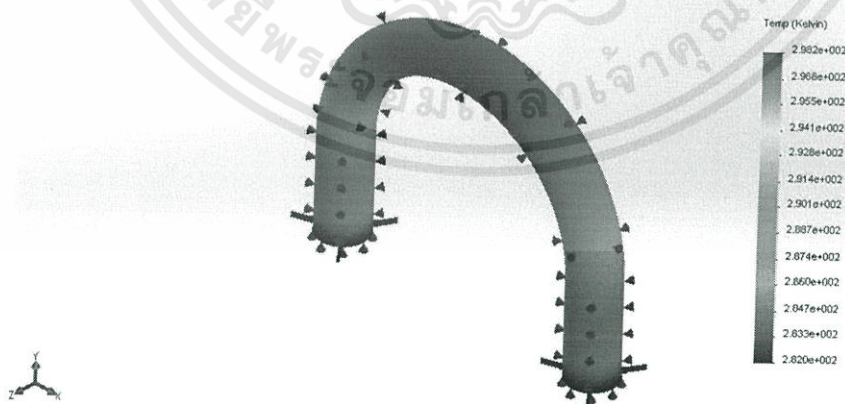
เป็นการศึกษาเฉพาะส่วนมือจับที่อุณหภูมิความเย็นไหลผ่านมือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 วิธีการทดลอง คือ การสร้างมือจับในโปรแกรม Solidworks และบันทึกค่าอุณหภูมิมือจับ แล้วมาวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิที่ปล่อยเข้าให้เหมาะสมมากที่สุดโดยอาศัยหลักการของ FEM (Finite Element)

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน และเส้นผ่าศูนย์กลางทองแดงต่างกันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 1 นิ้ว, 1.5 นิ้ว และ 2.125 นิ้ว ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ โดยมีความยาว 5.9 นิ้ว ในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.1 - 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 1 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
1 inch	7	15.9
	8	16.5
	9	17.1
	10	17.7
	11	18.3
	12	18.9
	13	19.6

Model name: Sim 0000001 0000
Study name: 262 K
Plot type: Thermal Thermal
Time step: 1



รูปที่ 4.1 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 9 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
1.5 inch	7	14.8
	8	15.5
	9	16.1
	10	16.8
	11	17.4
	12	18.1
	13	18.8

Model name: sim 000000 1.5 0000
 Study name: 204 K
 Plot type: Thermal Thermo
 Time step: 1



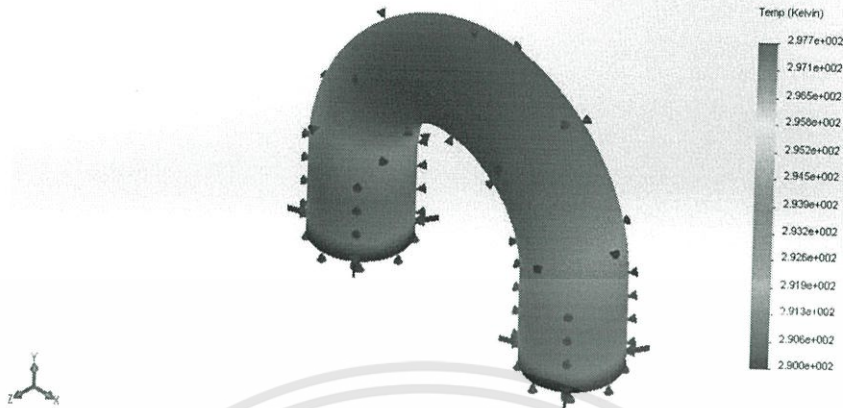
รูปที่ 4.2 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 10 °C

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับที่หน้าตัด 2.125 นิ้ว

หน้าตัด(inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
2.125 inch	10	16
	11	16.7
	12	17.4
	13	18.1
	14	18.8
	15	19.5
	16	20.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model name: simulate 000000
 Study name: Study 1
 Plot type: Thermal Thermal
 Time step: 1



รูปที่ 4.3 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 11 °C

จากการทดลองเพื่อค้นหากรณีที่ดียิ่งที่สุดตามข้อมูลข้างต้น ค่าตารางที่ 4.3 เป็นแบบที่ดีที่สุดซึ่งอุณหภูมิที่ควรปล่อยเข้าคือ 11 °C แต่ผลนี้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากค่าอุณหภูมียิ่งต่ำ จะใช้พลังงานในการปล่อยเข้ามา จึงต้องมีการออกแบบมือจับในรูปแบบอื่นต่อไป

4.1.2 การทดลองมือจับทองแดง 2 ข้างแบบที่ 2

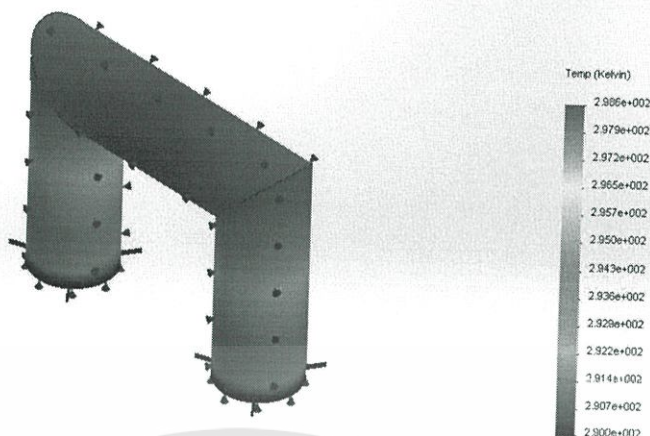
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างมือจับแบบที่ 1 กับมือจับแบบที่ 2 เส้นผ่าศูนย์กลางทองแดง 2.125 นิ้ว และมีความยาว 5.9 นิ้ว ดังรูปที่ 4.4 ในการทดลองปล่อยอุณหภูมิเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา เพื่อสังเกตหาแบบการนำความร้อนที่ดีกว่าและบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับแบบที่ 1 กับมือจับแบบที่ 2

หน้าตัด (inch)		มือจับแบบที่ 1	มือจับแบบที่ 2
2.125 inch	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
	10	16	16.6
	11	16.7	17.3
	12	17.4	18
	13	18.1	18.6
	14	18.8	19.3
	15	19.5	20
	16	20.2	20.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model name: Assem2
Study name: Study 1
Plot type: Thermal Thermal1
Time step: 1



รูปที่ 4.4 ผลการ Simulate มือจับ 2 ข้างแบบที่ 2 เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 11 °C

จากการทดลองข้อมูลตารางข้างต้นนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อปล่อยอุณหภูมิเข้ามือจับแล้ว มือจับแบบที่ 1 จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบที่ 2 เล็กน้อย ผลที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงทำการออกแบบใหม่ โดยอาศัยหลักการของกฎการนำความร้อนที่ว่า ยิ่งระยะทางการนำความร้อนน้อยเท่าไร การนำความร้อนได้ดีเท่านั้น

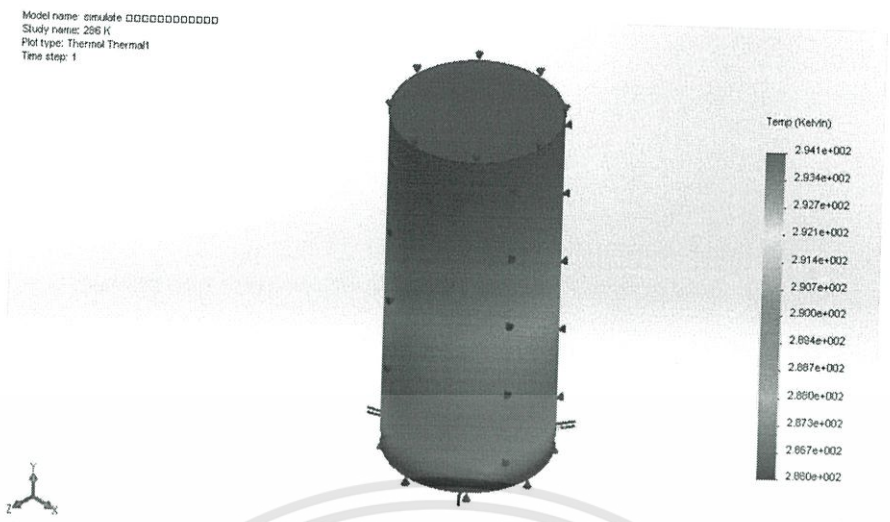
4.1.3 การทดลองมือจับทองแดง 1 ข้าง แบบที่ 1

ผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน และเส้นผ่านศูนย์กลางทองแดงเท่ากับ 2.125 นิ้ว และมีความยาว 5.9 นิ้ว ดังรูปที่ 4.5 โดยออกแบบให้มือจับ 1 ข้างปล่อยความเย็น 1 ข้างตามกฎการนำความร้อน ในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 1 ข้าง หน้าตัด 2.125 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
2.125 inch	10	14.8
	11	15.5
	12	16.3
	13	17
	14	17.8
	15	18.6
	16	19.3
	17	20.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 13 °C

จากการทดลองออกแบบมือจับแบบโดยใช้มือ 1 ข้างในการจับ เพื่อให้การนำความร้อนดีขึ้น ตามกฎการนำความร้อน ซึ่งได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.5 คืออุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับ 13 °C ซึ่งจะใช้เวลาน้อยกว่ามือจับแบบ 2 ข้าง และทำการออกแบบใหม่เพื่อให้ได้ผลที่ดีขึ้น

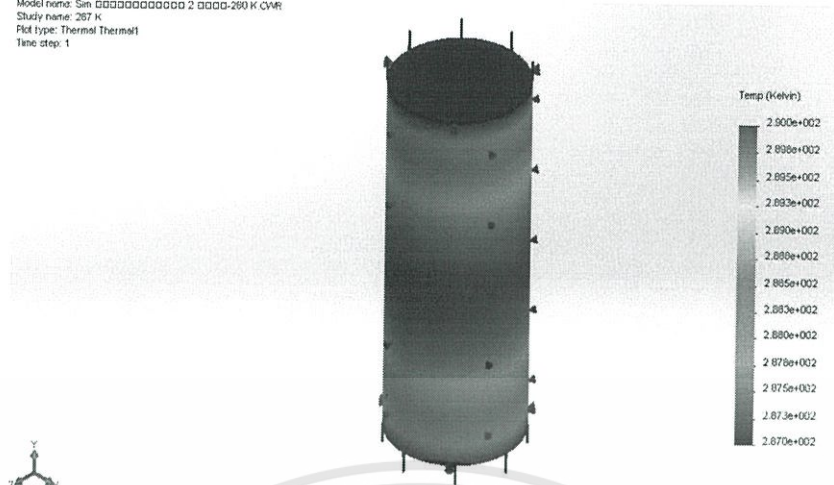
4.1.4 การทดลองมือจับทองแดง 1 ข้าง แบบที่ 2

ผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน และเส้นผ่านศูนย์กลางทองแดงเท่ากับ 2.125 นิ้ว และมีความยาว 5.9 นิ้ว ดังรูปที่ 4.6 โดยออกแบบให้มือจับ 1 ข้างปล่อยความเย็น 2 ด้านตามกฎการนำความร้อนในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 2 ด้าน หน้าตัด 2.125 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
2.125 inch	10	13.8
	11	14.6
	12	15.4
	13	16.2
	14	17
	15	17.8
	16	18.6
	17	19.4

Model name: Sim ๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐ 2 ๐๐๐๐-200 K CWR
 Study name: 267 K
 Plot type: Thermal Thermal
 Time step: 1



รูปที่ 4.6 ผลการ Simulate มือจับ 1 ข้าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.125 นิ้ว และยาว 5.9 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 14°C

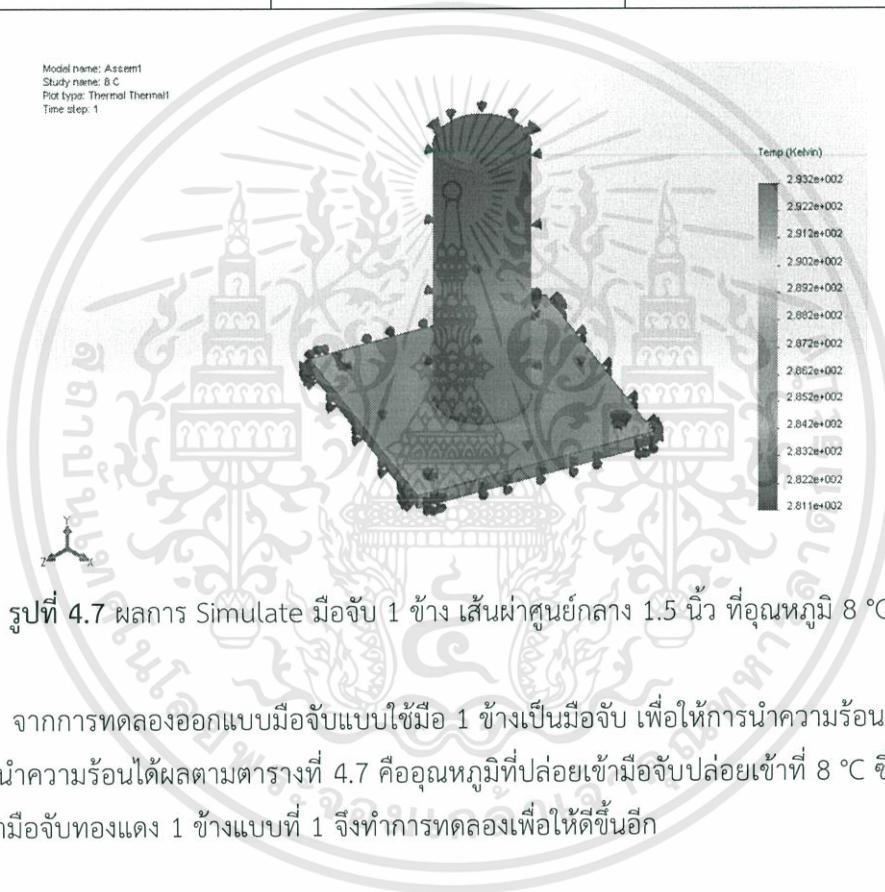
จากการทดลองปล่อยความเย็นเข้ามือจับทั้ง 2 ด้าน ได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.6 คือปล่อย อุณหภูมิเข้ามือจับที่ 14 °C ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้าของมือจับ 1 ข้างแบบที่ 1 กับ อุณหภูมิปล่อยเข้าของมือจับ 1 ข้างแบบที่ 2 สังเกตได้ว่าอุณหภูมิที่ปล่อยเข้าไม่ต่างกันมาก แต่แบบที่ 2 อุณหภูมิสูงสุดของมือจับเท่ากับ 17 °C พอดี และอยู่ที่ตรงกลางพอดีกับมือจับ ซึ่งเป็นจุดที่เหมาะสม กับการใช้งาน

4.1.5 การทดลองมือจับอะลูมิเนียม 1 ข้าง แบบที่ 3

ผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน และเส้นผ่าศูนย์กลางอลูมิเนียมเท่ากับ 1.5 นิ้ว และมีความยาว 4.7 นิ้ว ดังรูปที่ 4.7 โดยออกแบบให้ มือจับ 1 ข้างปล่อยความเย็น 2 ด้านตามกฎการนำความร้อนในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้า มือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 1 ชั่วโมงที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
1.5 inch	6	16
	7	16.6
	8	17.2
	9	17.8
	10	18.4
	11	19
	12	19.6



รูปที่ 4.7 ผลการ Simulate มือจับ 1 ชั่วโมง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 8 °C

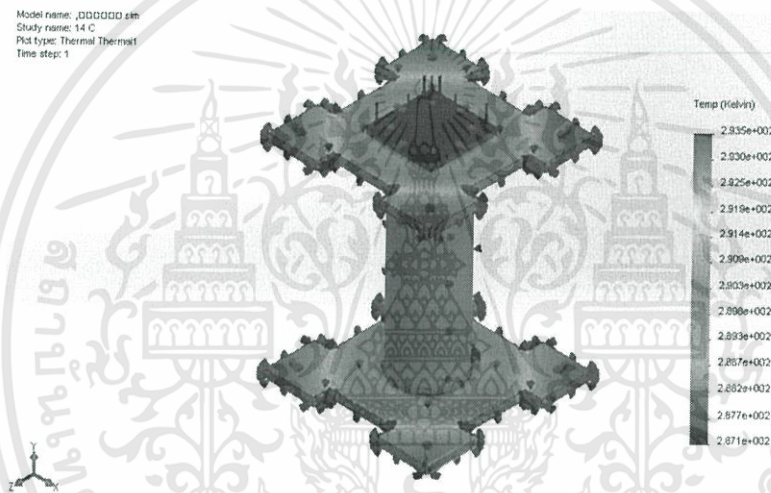
จากการทดลองออกแบบมือจับแบบใช้มือ 1 ข้างเป็นมือจับ เพื่อให้การนำความร้อนดีขึ้นตามกฎการนำความร้อนได้ผลตามตารางที่ 4.7 คืออุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับปล่อยเข้าที่ 8 °C ซึ่งใช้เวลามากกว่ามือจับทองแดง 1 ข้างแบบที่ 1 จึงทำการทดลองเพื่อให้ดีขึ้นอีก

4.1.6 การทดลองมือจับอะลูมิเนียม 1 ข้าง แบบที่ 4

ผลการทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน และเส้นผ่าศูนย์กลางอะลูมิเนียมเท่ากับ 1.5 นิ้ว และมีความยาว 4.7 นิ้ว ดังรูปที่ 4.8 โดยออกแบบให้มือจับ 1 ข้างปล่อยความเย็น 2 ด้านตามกฎการนำความร้อนในการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับ 2 ซ้ำที่หน้าตัด 1.5 นิ้ว

หน้าตัด (inch)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
1.5 inch	10	14.1
	11	14.9
	12	15.7
	13	16.5
	14	17.3
	15	18.1
	16	18.9
	17	19.7



รูปที่ 4.8 ผลการ Simulate มือจับ 1 ซ้ำ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ที่อุณหภูมิ 14 °C

จากการทดลองปล่อยความเย็นเข้ามือจับอะลูมิเนียมทั้ง 2 ด้านได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.8 คือ ปล่อยอุณหภูมิเข้ามือจับที่ 14 °C ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้าของมือจับ 1 ซ้ำแบบที่ 2 กับ อุณหภูมิปล่อยเข้าของมือจับ 1 ซ้ำแบบที่ 4 สังเกตได้ว่าอุณหภูมิที่ปล่อยเข้าไม่ต่างกันมาก แต่วัสดุ ต่างกัน ซึ่งทองแดงมีราคาที่สูงกว่า จึงเลือกอะลูมิเนียมเพื่อนำมาเป็นมือจับ

4.1.7 การทดลองมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือ แบบที่ 5

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน โดย ออกแบบให้มือจับเป็นแผ่นบางและนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตร และหนา 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.9 ทำการปล่อยความเย็นจากด้านล่าง ทำการทดลองเพิ่ม

อุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง

หน้าตัด (cm.)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
10x12 cm	12	12.1
	13	13.1
	14	14.1
	15	15.1
	16	16.1
	17	17.1
	18	18.1

Model name: Assm3
Study name: 17 C
Plot type: Thermal Thermal
Time step: 1



รูปที่ 4.9 ผลการ Simulate มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง ที่อุณหภูมิ 17 °C

จากการทดลองปล่อยความเย็นเข้าจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.9 คือ ปล่อยอุณหภูมิเข้ามือจับที่ 17 °C และผลออกมาคือ 17.1 เห็นได้ชัดว่าได้ผลดีที่สุด วัสดุที่ใช้คือทองแดง และมีขนาดบางกว่ามือจับแบบที่ 3 และแบบที่ 4 ซึ่งราคาทองแดงสูงกว่าอะลูมิเนียม แต่ความสามารถต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงเลือกทองแดงเพื่อนำมาเป็นมือจับที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.8 การทดลองมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือ แบบที่ 6

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิมือจับกับอุณหภูมิปล่อยเข้าที่ต่างกัน โดยออกแบบให้มือจับเป็นแผ่นบางและนูนตรงกลางเพิ่มขึ้นมาจากแบบที่ 5 ขนาด กว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 120 มิลลิเมตรหนา 15 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.10 เพื่อรับกับฝ่ามือที่ดีขึ้น และปล่อยความเย็นด้านล่าง ทำการทดลองเพิ่มอุณหภูมิที่ปล่อยเข้ามือจับครั้งละ 1 องศา และบันทึกผลอุณหภูมิมือจับลงในตารางบันทึกผล ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบอุณหภูมิปล่อยเข้ากับอุณหภูมิมือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง

หน้าตัด (cm.)	อุณหภูมิปล่อยเข้า (°C)	อุณหภูมิมือจับ (°C)
10x12 cm	14	15.5
	15	16.4
	16	17.3
	17	18.2
	18	19.2
	19	20.1
	20	21

Model name: sim000000000003
Study name: 16C
Part type: Thermal-Thermist
Time step: 1



Temp (Kelvin)

2.962e+002
2.956e+002
2.950e+002
2.944e+002
2.938e+002
2.932e+002
2.927e+002
2.921e+002
2.915e+002
2.909e+002
2.903e+002
2.897e+002
2.891e+002

รูปที่ 4.10 ผลการ Simulate มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลาง ที่อุณหภูมิ 16 °C

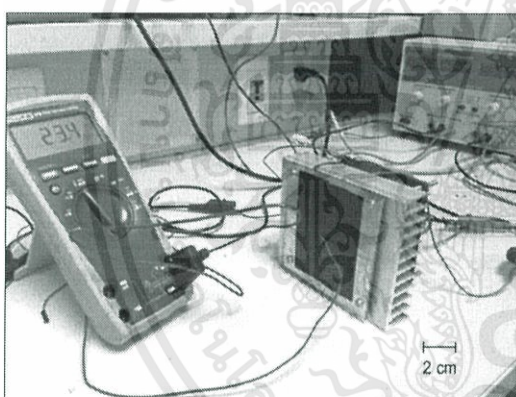
จากการทดลองปล่อยความเย็นเข้ามือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางที่เพิ่มขึ้นจากแบบที่ 5 ได้ข้อมูลตามตารางที่ 4.10 คือ เมื่อปล่อยอุณหภูมิเข้ามือจับที่ 16 °C และผลออกมาคือ 17.3 เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 5 แล้ว เห็นได้ว่าแบบที่ 5 ทำงานได้ดีกว่าแบบที่ 6

4.2 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก

การทดลองโดยการทดลองนี้จะใช้ 2 แหล่งจ่าย คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตซ์ซึ่งกับแบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) เริ่มทำการทดลองจ่ายแรงดันให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก, ทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริกกับโครงสร้างต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น เพื่อหามือจับที่เหมาะสมกับการใช้งาน พร้อมทั้งคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ

4.2.1 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 โดยจ่ายแรงดันตั้งแต่ 1 V - 12 V กับแบบที่ D1

การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก โดยทดลองจ่ายแรงดันตั้งแต่ 1 V - 12 V เพื่อศึกษาอุณหภูมิของแต่ละแรงดันว่าอุณหภูมิเท่าไร และทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 60 วินาที โดยใช้โพรบวัดอุณหภูมิต่อกับมิเตอร์ โดยเปรียบเทียบการทดลองแบบ A คือ ทดลองที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 4.11 และการทดลองแบบ B คือ ทดลองในกล่องเก็บความเย็น ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 แบบ A ทดลองที่อุณหภูมิห้อง

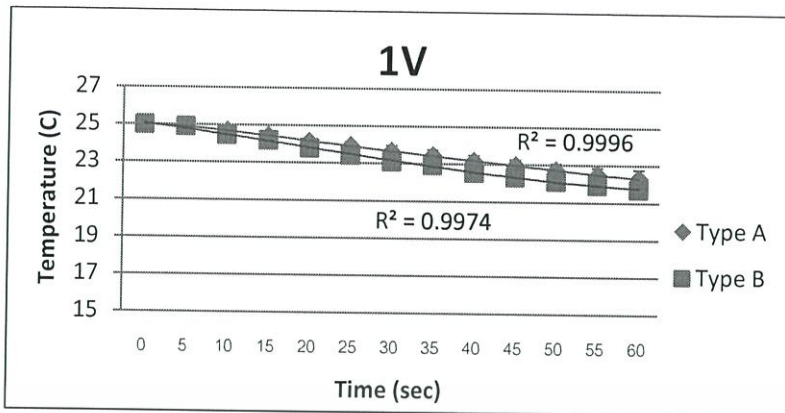


รูปที่ 4.12 แบบ B ทดลองในกล่องเก็บความเย็น

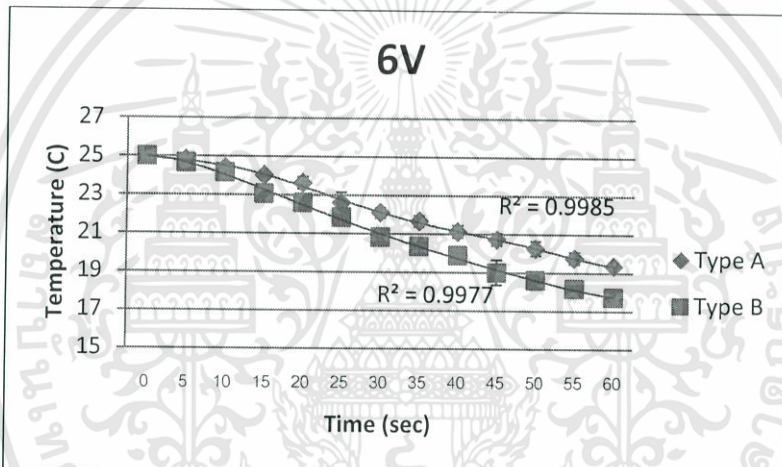
จากการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดัน และอุณหภูมิกับเวลา แสดงผลการทดลองที่แรงดัน 1 V, 6 V และ 12 V ดังรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ ได้ผลว่า แรงดันต่ำทำให้ค่าอุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ และถ้ายิ่งแรงดันสูงจะทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว

จากการเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมอิเล็กทริก แบบ A และแบบ B จะได้ว่า แบบ B มีอุณหภูมิลดลงได้รวดเร็วกว่าแบบ A เนื่องจากแบบ B เป็นการทดลองในกล่องความเย็น ซึ่งไม่มีอุณหภูมิกายนอกเข้ามาในระบบ

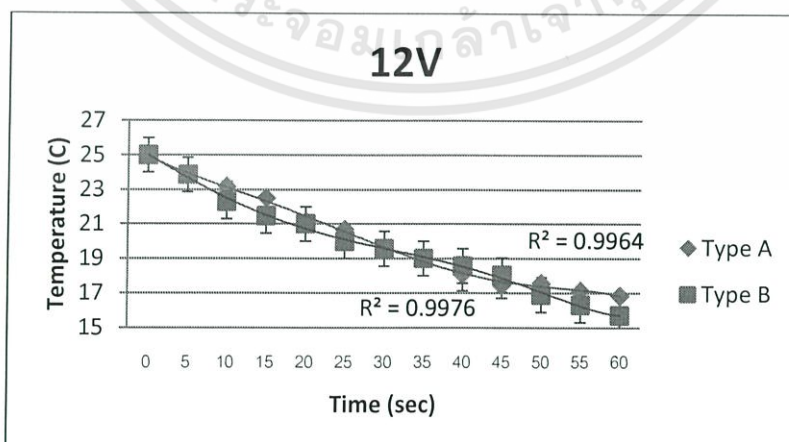
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ผลการทดลองที่แรงดัน 1 V แบบที่ D1



รูปที่ 4.14 ผลการทดลองที่แรงดัน 6 V แบบที่ D1

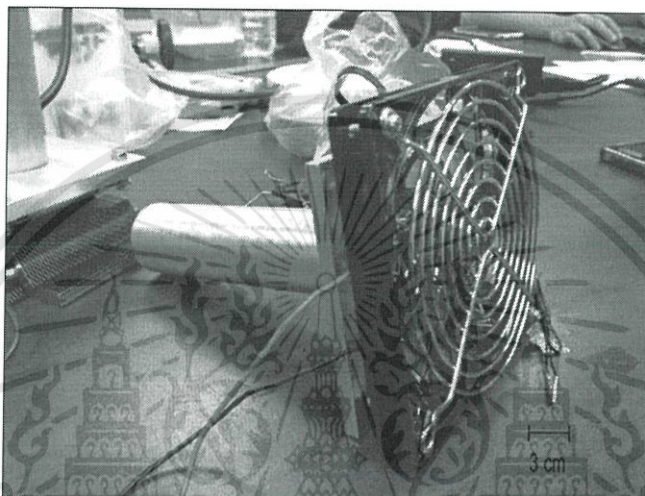


รูปที่ 4.15 ผลการทดลองที่แรงดัน 12 V แบบที่ D1

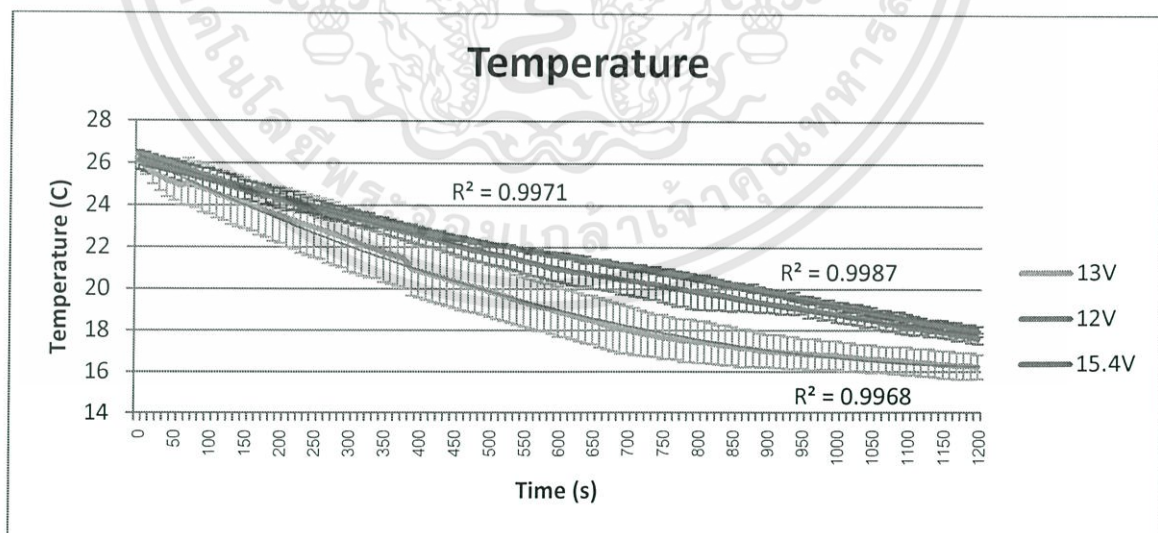
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D2

แบบที่ D2 ออกแบบโครงสร้างให้มีจับฐาน 1 ด้าน โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 ดังรูปที่ 4.16 โดยทดลองปรับแรงดันเป็น 12 V, 15.4 V และ 13 V เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ กระแส และกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาของแต่ละแรงดัน และทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 1200 วินาที

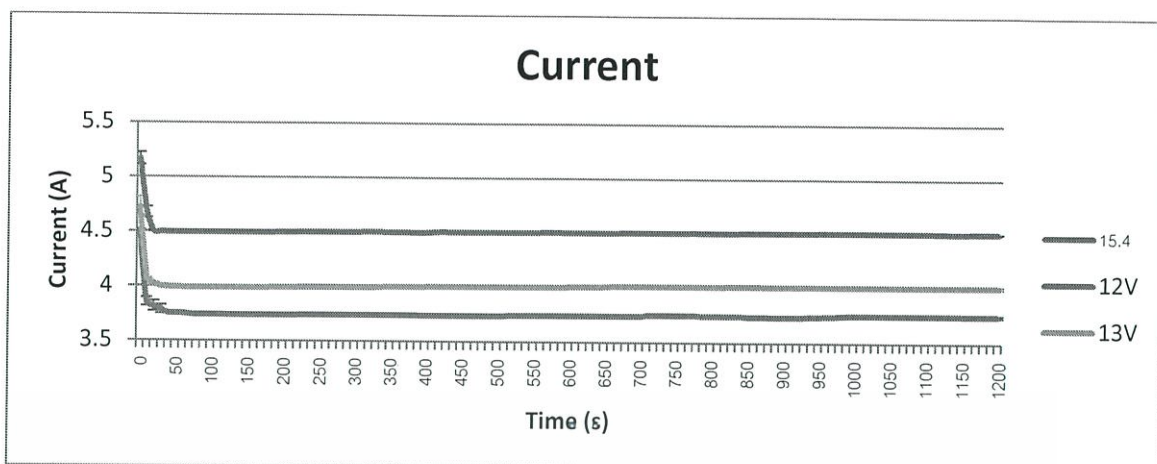


รูปที่ 4.16 ชิ้นงานจริง แบบที่ D2

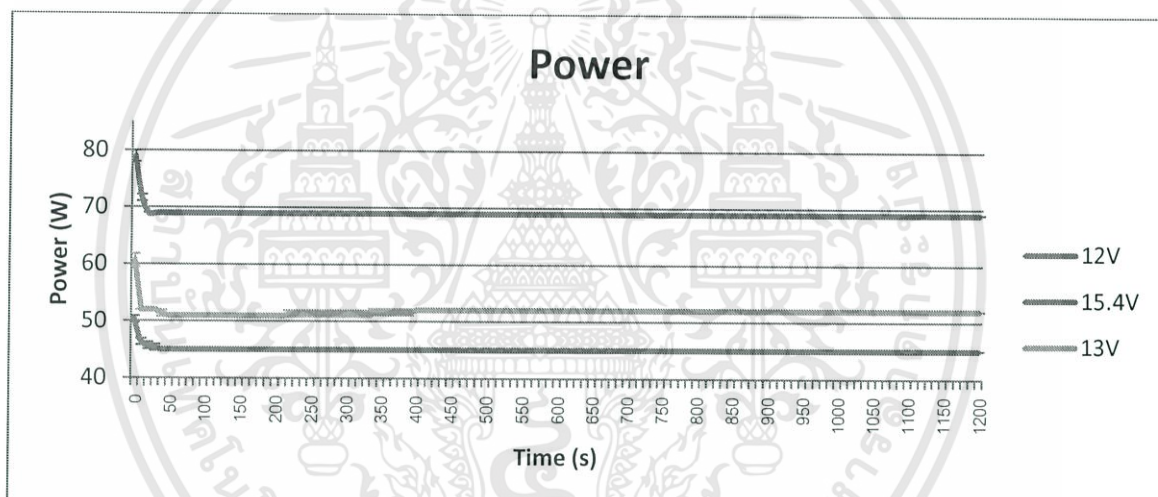


รูปที่ 4.17 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2

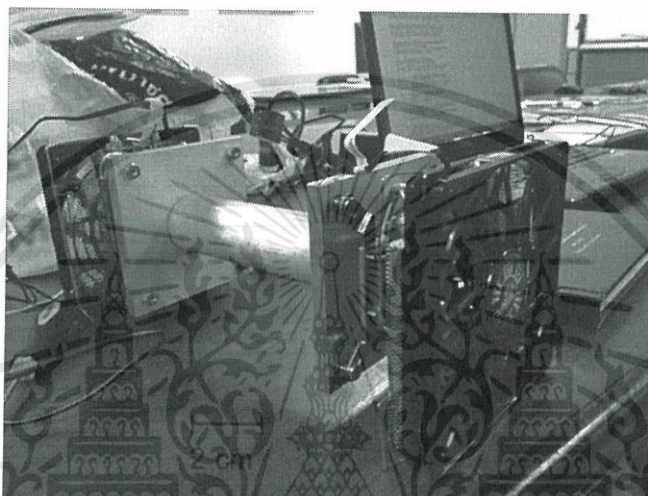


รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V, 15.4 V และ 13 V แบบที่ D2

จากผลการทดลอง รูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 เห็นได้ว่า ที่แรงดัน 12 V จะลดอุณหภูมิถึง 18 องศาเซลเซียส นั้นใช้เวลา 1090 วินาที (ประมาณ 18 นาที) กระแสเฉลี่ยที่ 3.75 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 45 วัตต์ ที่แรงดัน 15.4 โวลต์ ลดอุณหภูมิถึง 18 องศาเซลเซียส นั้นใช้เวลา 1180 วินาที (ประมาณ 19 นาที) กระแสเฉลี่ยที่ 4.51 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 69 วัตต์ ที่แรงดัน 15.4 V ควรลดอุณหภูมิได้เร็วที่สุด แต่กำลังไฟฟ้ามี่ค่าสูงเกินกว่าที่ตัวเทอร์โมอิเล็กทริกชนได้ โดยกำลังไฟฟ้าสูงสุด 57 วัตต์ ดังตารางที่ 3.2 และที่แรงดัน 13 โวลต์ ลดอุณหภูมิถึง 18 องศาเซลเซียส นั้นจะใช้เวลาประมาณ 700 วินาที (11 นาที) กระแสเฉลี่ยที่ 4.01 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 52 วัตต์ จะเห็นได้ว่าที่แรงดัน 13 โวลต์ ใช้เวลาในการลดอุณหภูมิน้อยที่สุด

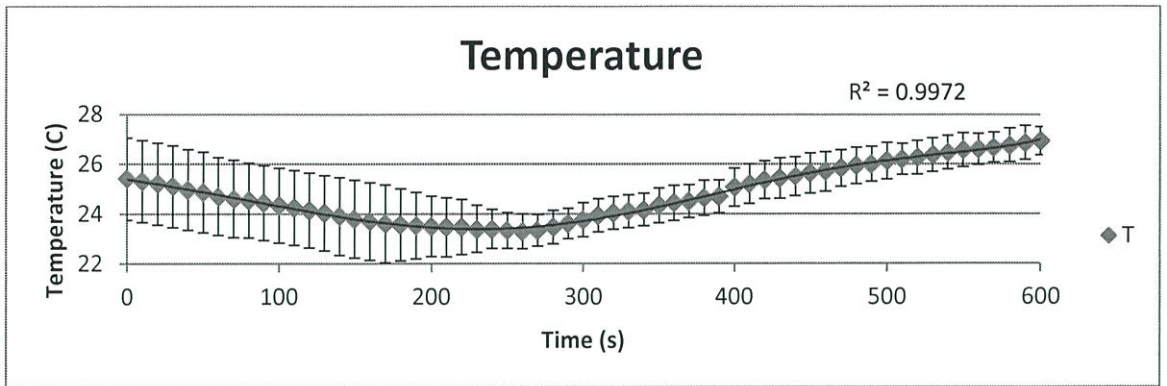
4.2.3 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D3

แบบที่ D3 ออกแบบโครงสร้างให้มือจับฐาน 2 ด้าน โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 2 ตัว ต่อกันแบบขนาน โดยติดด้านหัวและท้ายของมือจับ ดังรูปที่ 4.20 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ กระแส และกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 600 วินาที

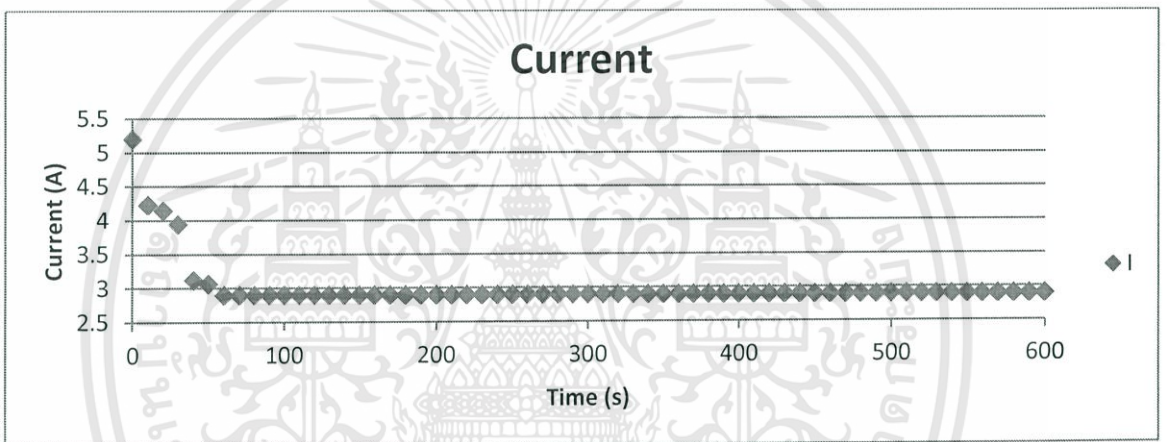


รูปที่ 4.20 ชิ้นงานจริง แบบที่ D3

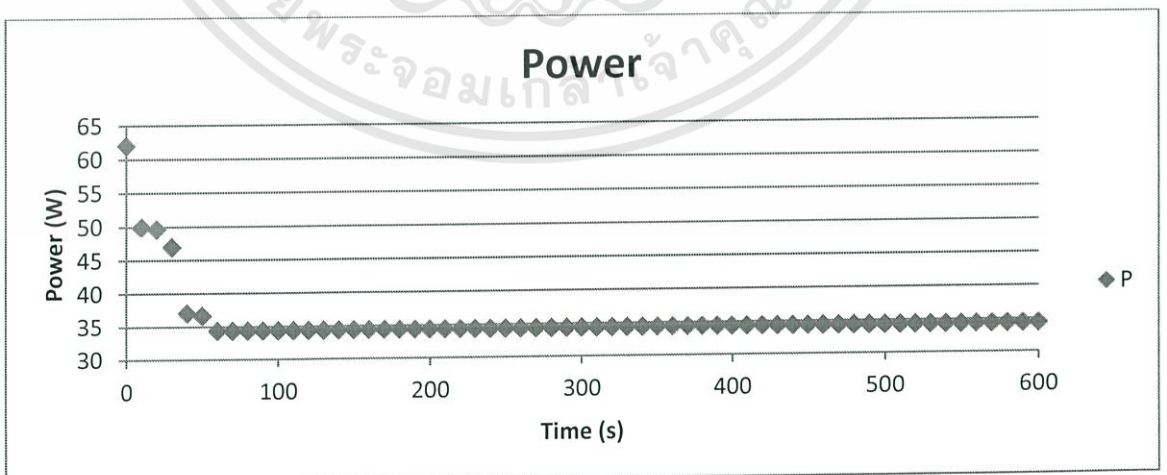
จากการทดลองดังรูปที่ 4.21, 4.22 และ 4.23 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิจะลดลงในช่วงแรก และสักครู่จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยจ่ายกระแสเท่าเดิม ซึ่งไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ ดังนั้นจึงทำการทดลองจ่ายไฟให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกทีละตัว ทั้ง 2 ด้านแล้ว สามารถลดอุณหภูมิได้ปกติ แต่เมื่อทดลองพร้อมกันทั้ง 2 ตัว ปรากฏว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตอนนี้อย่างหาเหตุผลมาอธิบายไม่ได้ กำลังอยู่ในขั้นตอนการศึกษา ซึ่งจะไม่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในงานวิจัยเล่มนี้



รูปที่ 4.21 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3



รูปที่ 4.22 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3



รูปที่ 4.23 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 12 V แบบที่ D3

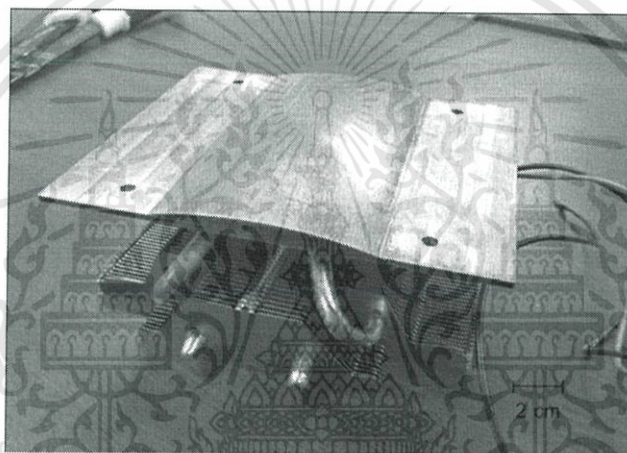
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 แบบที่ D4

แบบที่ D4 มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือ ความหนา 6 มิลลิเมตร และ
โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว ดังรูปที่ 4.24

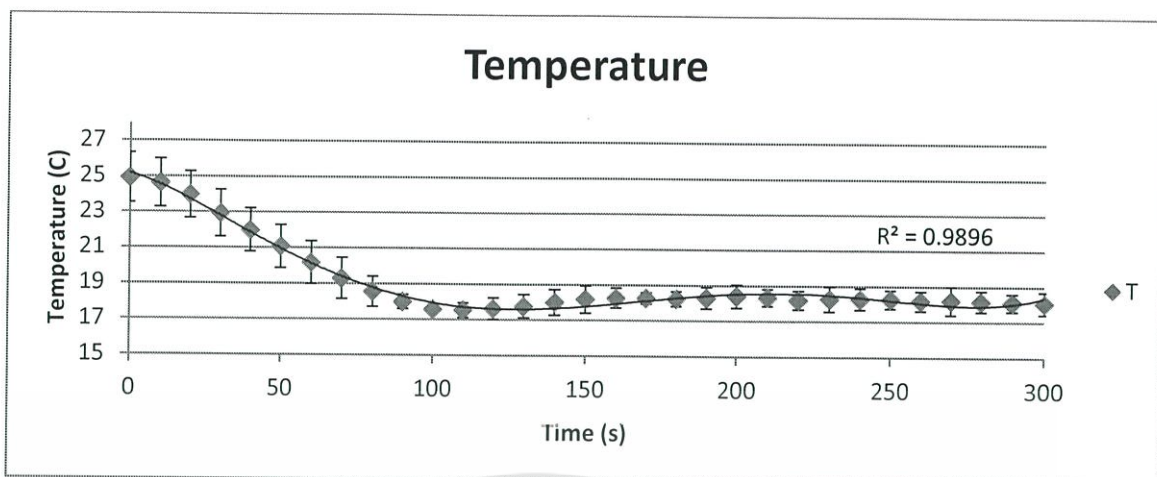
4.2.4.1 การทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว

โดยทดลองมือจับทองแดงแผ่น ที่อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาความสัมพันธ์
ของ อุณหภูมิ กระแส และกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 300
วินาที

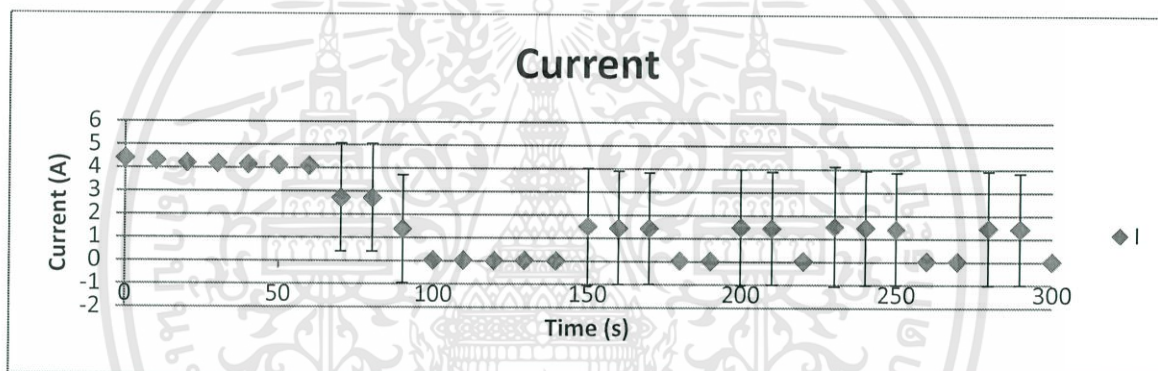


รูปที่ 4.24 ชิ้นงานจริง แบบที่ D4

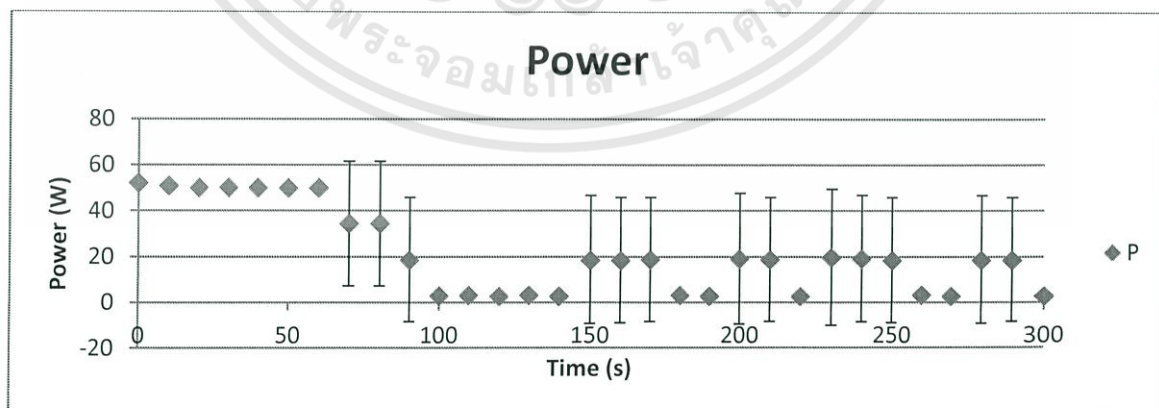
จากการทดลองดังรูปที่ 4.25, 4.26 และ 4.27 จะเห็นได้ว่า ลดอุณหภูมิถึง 18 องศาเซลเซียส
นั้นจะใช้เวลา 70 วินาที (ประมาณ 1 นาที) กระแสช่วงลดอุณหภูมิจนถึง 18 องศาเซลเซียส จะเฉลี่ย
ที่ 4.17 แอมป์ เมื่ออุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะตัดการทำงาน ทำให้กระแส
อยู่ที่ 0.02 - 0.03 แอมป์ และกำลังไฟฟ้าในขณะที่ทำงานเฉลี่ยที่ 50 วัตต์ ที่แรงดัน 12 โวลต์ ซึ่งใช้
เวลาน้อยกว่าชิ้นงานแบบที่ D2 และ D3 มากกว่ามาก จึงเลือกใช้แบบนี้เป็นชิ้นงานจริง



รูปที่ 4.25 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่แรงดัน 12 V แบบที่ D4



รูปที่ 4.26 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่แรงดัน 12V แบบที่ D4



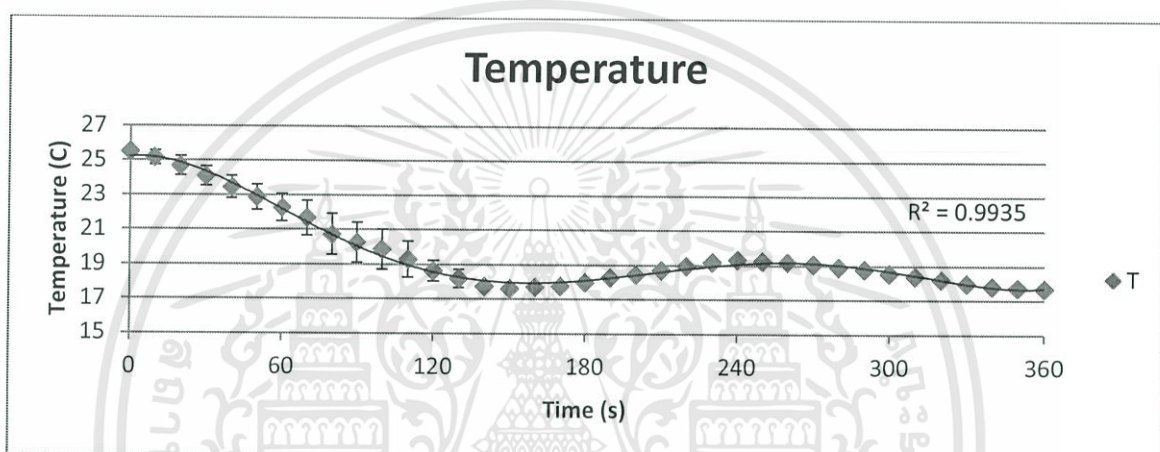
รูปที่ 4.27 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่แรงดัน 12V แบบที่ D4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

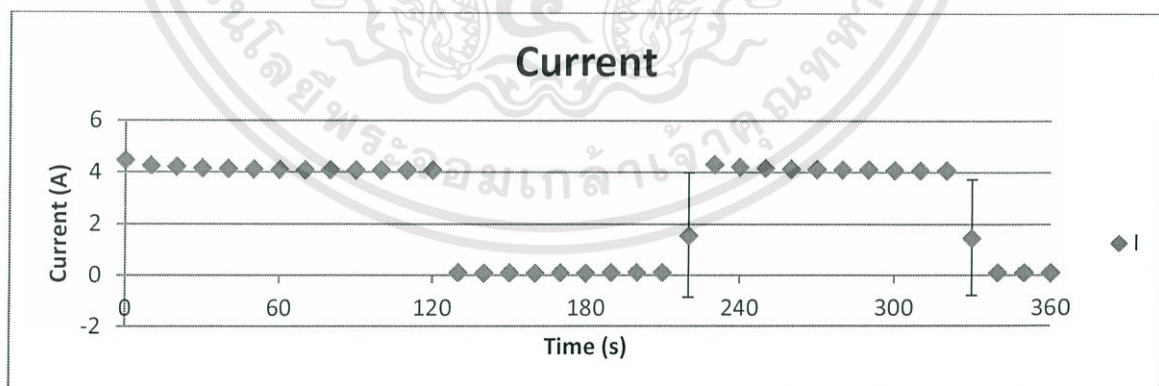
4.2.4.2 การทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว โดยมีมือมารบกวาน

โดยทดลองจับไปที่มือจับทองแดงแผ่น ที่อุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส เมื่อมือจับมีอุณหภูมิที่ 18 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ กระแส และกำลังไฟฟ้าเทียบกับ เวลา ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 360 วินาที

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.28, 4.29 และ 4.30 จะเห็นได้ว่า ฝ่ามือที่จับลงไปยังมือจับมีผลทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

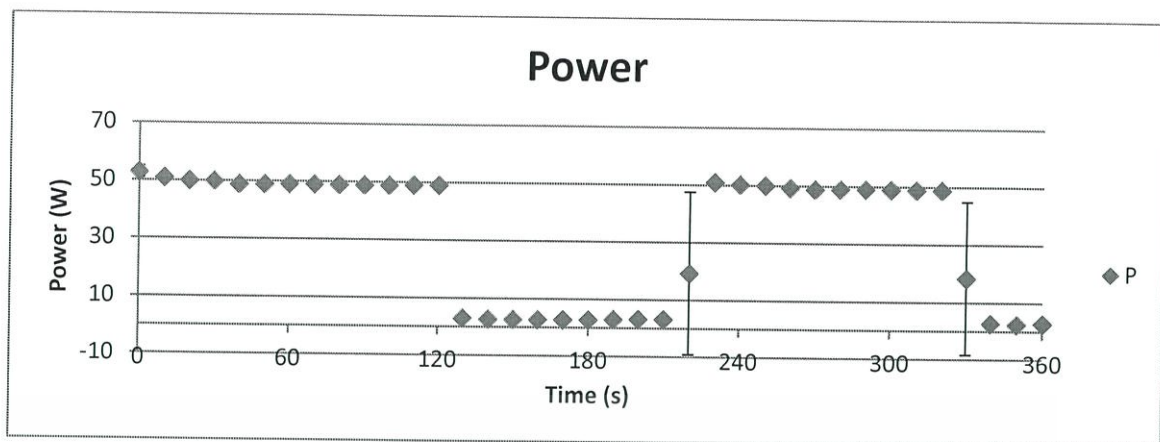


รูปที่ 4.28 กราฟผลการทดลองแสดงอุณหภูมิที่มีฝ่ามือมารบกวาน แบบที่ D4



รูปที่ 4.29 กราฟผลการทดลองแสดงกระแสไฟฟ้าที่มีฝ่ามือมารบกวาน แบบที่ D4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 กราฟผลการทดลองแสดงกำลังไฟฟ้าที่มีฝ้ามือมารบกววน แบบที่ D4

4.3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ ทำจากอะคริลิกขนาด กว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 320 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.31 โดยทดลองที่สภาพแวดล้อมภายใน เพื่อทดสอบการใช้งานจริง โดยการทำการทดสอบทั้งการทำงานปกติ และมีฝ้ามือมารบกววน เมื่ออุปกรณ์มีอุณหภูมิที่ 18 องศาเซลเซียส และใช้ฝ้ามือสัมผัสที่มีมือจับทองแดง

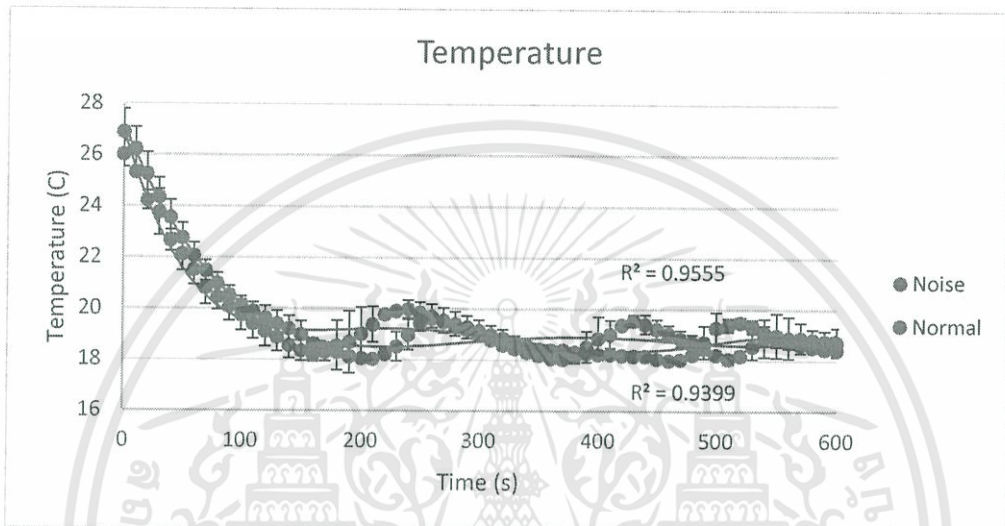


รูปที่ 4.31 อุปกรณ์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ทดสอบต้นแบบกับโครงสร้างแบบที่ D4

ทดลองต้นแบบกับมือจับทองแดงแผ่น D4 ที่อุณหภูมิภายนอก 28 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบระหว่างการทำงานปกติกับมีมือมารบกวน เพื่อศึกษาอุณหภูมิเทียบกับเวลา เมื่อใช้อุปกรณ์กับแบตเตอรี่ LiFePO4 ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 600 วินาที



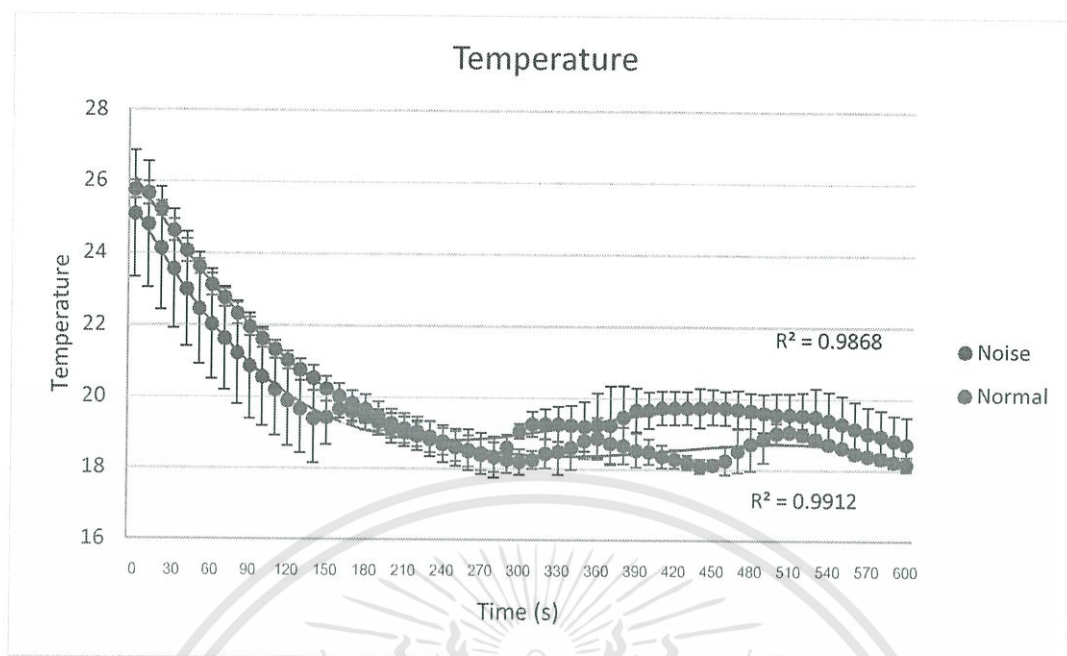
รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองแสดงอุณหภูมิระหว่างการทำงานปกติกับการมีฝ่ามือมารบกวนแบบที่ D4

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่า เครื่องระบายความร้อนใช้งานกับแบตเตอรี่แล้ว ผลที่ได้คือ สามารถใช้งานได้คงที่ไม่ต่างจากการใช้เครื่องแหล่งจ่ายสวิตซ์ซิ่ง และเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกมีผลต่อการทดลอง

4.3.1 ทดสอบต้นแบบกับโครงสร้างแบบที่ D5

แบบที่ D5 มือจับทองแดงแผ่นมีนูนตรงกลางเพื่อรับกับฝ่ามือ ความหนา 15 มิลลิเมตร และโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว ทำทดสอบกับต้นแบบ

ทดสอบต้นแบบกับมือจับทองแดงแผ่น D5 ที่อุณหภูมิภายนอก 32 องศาเซลเซียส ทำการเปรียบเทียบระหว่างการทำงานปกติกับมีมือมารบกวน เพื่อศึกษาอุณหภูมิเทียบกับเวลา ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 600 วินาที



รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองแสดงอุณหภูมิระหว่างการทำงานปกติกับการมีฝ่ามือมารบกวนแบบที่ D5

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.33 เห็นได้ว่าเมื่อลดอุณหภูมิถึง 18 องศาเซลเซียส นั้นจะใช้เวลาประมาณ 120 - 300 วินาที ซึ่งใช้เวลามากกว่าชิ้นงานแบบที่ D4 แต่โครงสร้างแบบที่ D5 จะจับถนัดมือมากกว่าแบบที่ D4

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองได้ทำการทดสอบเทอร์โมอิเล็กทริก โดยการวัดอุณหภูมิทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 2 ชนิด คือ TEC1-12706 และ TEC1-12715 ได้พบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกชนิด TEC-12706 ลดอุณหภูมิได้เร็วที่สุด และทำการทดสอบการใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 1 ตัว จะลดอุณหภูมิได้เร็วกว่าการใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 2 ตัว จึงเลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706 จำนวน 1 ตัว อุณหภูมิที่ได้ต้องผ่านเครื่องควบคุม on-off controller รุ่น WH7016C เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ 17-19 องศาเซลเซียสผ่านมือจับทดสอบวัสดุของมือจับเปรียบเทียบกับ ได้ผลว่าทองแดงนำความเย็นได้ดีกว่าอะลูมิเนียม จากการออกแบบมือจับให้ลดอุณหภูมิได้เร็วที่สุด โดยใช้เวลา 120 - 300 วินาที ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และการทดลองมือจับแบบแผ่นทองแดงหนา 15 มิลลิเมตร กับมือจับแบบเพลากลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ความยาว 4.9 นิ้ว ได้ผลว่ามือจับแบบทองแดงลดอุณหภูมิได้เร็วกว่า สรุปได้ว่าความหนา และวัสดุของมือจับมีผลต่อความเร็วในการนำความเย็น

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

1. เทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12715 ควรลดอุณหภูมิได้เร็ว แต่เมื่อทดลองกลับเพิ่มอุณหภูมิ สาเหตุอาจเกิดจากอุณหภูมิฝั่งร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12715 มีค่ามากกว่า TEC1-12706 มาก จึงทำการแก้ไขโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกชนิด TEC1-12706 แทน
2. เพิ่มเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 ตัว เพื่อลดอุณหภูมิได้เร็วขึ้น แต่เมื่อทำการทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ จึงกำลังอยู่ในขั้นตอนการศึกษา ซึ่งจะไม่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในงานวิจัยเล่มนี้
3. เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมินานเกินไป จึงเปลี่ยนแบบมือจับ โดยลดความหนาของวัสดุ และเลือกใช้เป็นรูปแบบแผ่นทองแดง

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

ผลจากการทดลองข้างต้นสามารถนำไปใช้ได้จริงกับนักกีฬาเพื่อลดอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว แต่การออกแบบมือจับแบบนี้ อาจมีข้อจำกัดในรูปแบบความหนูนและขนาดของมือจับ เนื่องจากฝ่ามือของแต่ละบุคคลมีขนาดไม่เท่ากัน แนวทางในการพัฒนา คือ ออกแบบให้มีขนาดที่รองรับได้หลากหลาย และสามารถใช้ได้ทั้ง 2 ฝ่ามือ และยังคงใช้เวลาในการลดอุณหภูมิได้เร็วเหมือนเดิม หรือเร็วกว่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] AVACore Technologies. “Rapid Thermal Exchange (RTX)”. [Online]. Available :
<http://www.avacore.com/>
- [2] ศูนย์วิจัยเทอร์โมอิเล็กทริก. “วัสดุพลังงาน เทอร์โมอิเล็กทริก”. [Online]. Available :
<http://pineapple-eyes.snru.ac.th/thermo/index.php?q=node/5>
- [3] Thaina in Cartoon. “Seeback & Peltier Effect for Future Energy.” [Online].
 Available :
<http://thaina.exteen.com/20090822/seebeck-peltier-effect-for-future-enegy-1>
- [4] Piyawath T. “Finite element of thermoelectric”. [Online]. Available :
http://www.physic.kku.ac.th/computational_physics/.../piyawat_present.pdf
- [5] ทศวัลย์ คัมภีระพันธุ์ และ วรวิทย์ โกสลาทิพย์. “วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก อีกหนึ่งพลังงาน
 ทางเลือกจีวแต่แจ้ว”. [Online]. Available :
<http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>
- [6] Jacob M., Ty N., Colon N. “Peltier Effect”. [Online]. Available :
<http://www.santarosa.edu/~yataiia/E45/PROJECT/peltier.ppt>
- [7] สุนันท์ ศรีณนิตย์. “การถ่ายเทความร้อน”, 2545
- [8] DataSheet TEC1-12706. [Online]. Available :
<http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12706.pdf>
- [9] DataSheet TEC1-12715. [Online]. Available :
<http://www.hebeiltd.com.cn/peltier.datasheet/TEC1-12715.pdf>
- [10] Denis A Grahn, Julie vLS Murray, H Craig Heller. “Cooling via one hand
 improves physical performance in heat-sensitive individuals with Multiple
 Sclerosis”. BMC Neurology 2008, 8: 14.

- [11] D.A. Grahn, J.L. Dillon, H.C. Heller. "Heat loss caused by cooling the feet".
Journal of Biomechanical Engineering 131: 2009.
- [12] Young Sub Kwon, Robert A. Robergs, Len R. Kravitz, Burke A. Gurney, Christine M. Mermier, Suzanne M. Schneider. "Palm Cooling Delays Fatigue during High-Intensivty Bench Press Exercise". Medicine & Science in Sports & Exercise: 1557-1565, 2010.
- [13] Hunter Kylie E, Murphy Aron J, Coutts Aaron J, Watsford Mark L, Graham Kenneth. "The effect of a CoreControl RTX on recovery and performance in hot and humid conditions". University of Sydney: 2011
- [14] Peltier Application Notes. [Online]. Available :
<http://www.cui.com/productresourcepeltier-application-notes.pdf>
- [15] การเชื่อมต่อขั้วแบตเตอรี่ของแต่ละเซลล์. [Online]. Available :
<http://203.150.226.28/webboard/viewtopic.php?t=586891>
- [16] Heatsink Cooler Master Geminll M4. [Online]. Available :
<http://www.espaescomputer.com/product/1412/geminll-m4#.UwYOTsQW34E>
- [17] WH7016C Thermostat Product Manual. [Online]. Available :
<http://www.al-electronic.com/image/PDF/willhi%20wh7016c%2012vdc%20%20user%20manual.pdf>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้อุปกรณ์

รายละเอียด

อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนรัง ใช้สำหรับการลดอุณหภูมิแกนกลางของร่างกายอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนจะสามารถฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกาย โดยการใส่ฝามือถ่ายเทความร้อนออก และนำความเย็นกลับเข้าสู่แกนกลางของร่างกายเพื่อลดอุณหภูมิแกนกลางนั่นเอง วิธีนี้จะช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกายโดยธรรมชาติเพื่อลดอุณหภูมิออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น



รูปที่ 1 อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกาย

อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนดังรูปที่ 1 ประกอบไปด้วยแผ่นทองแดงมีรูตรงกลางเพื่อรับกับฝามืออยู่ภายใน แผ่นทองแดงมีการยึดกับเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเป็นส่วนสร้างความเย็น แบตเตอรี่ได้มีการจัดเก็บไว้ด้านหลังของตัวเครื่อง และชาร์จแบตเตอรี่ด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ 12 Vdc

การใช้งาน

อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนมีการออกแบบเป็นเครื่องมือลดอุณหภูมิสำหรับนักกีฬาหรือบุคคลที่ต้องการลดอุณหภูมิร่างกาย

ข้อควรระวัง

1. อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในอุณหภูมิแวดล้อม 10 – 43 °C (50 – 110 °F)
2. ไม่ควรเปิดใช้อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นเวลานานควรให้เครื่องหยุดพักบ้าง

วิธีการใช้

1. ชาร์จแบตเตอรี่: อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนมาพร้อมกับ Adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V

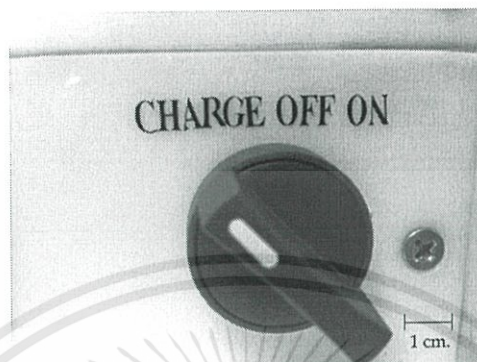


รูปที่ 2 เสียบ Jack เข้ากัน

- 1.1 เสียบปลั๊ก Adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V เข้ากับไฟบ้าน 220 V ไฟ LED จะติดสีเขียวหรือสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 นำ Adapter เสียบ Jack แบตเตอรี่เข้ากับ Jack Adapter ชาร์จแบตเตอรี่ 12 V และเปิดสวิตช์ไปที่ชาร์จ ไฟ LED สีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีแดง



รูปที่ 3 เปิดสวิตช์ CHARGE

1.3 เมื่อแบตเตอรี่เต็มจะเปลี่ยนจาก LED สีแดงเป็นสีเหลือง แสดงว่าชาร์จเต็มแล้ว

2. เปิดอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อน:



รูปที่ 4 เปิดสวิตช์ ON

2.1 เปิดสวิตช์บนอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อน

2.2 อุปกรณ์เข้าสู่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รอระยะเวลา: เพื่อให้ระบบลดอุณหภูมิของโลหะ ให้มีค่าเท่ากับที่กำหนดไว้ที่ $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ดูค่าแสดงอุณหภูมิของโลหะทางหน้าจอ

4. จับโลหะ: อุปกรณ์ลดอุณหภูมิแกนกลางร่างกายผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อน มีการออกแบบมาสำหรับการสัมผัสบริเวณฝ่ามือข้างหนึ่ง โดยการจับเข้าไปในบริเวณโลหะทองแดง



รูปที่ 5 สอดมือเพื่อจับโลหะทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งาน แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12706



Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706

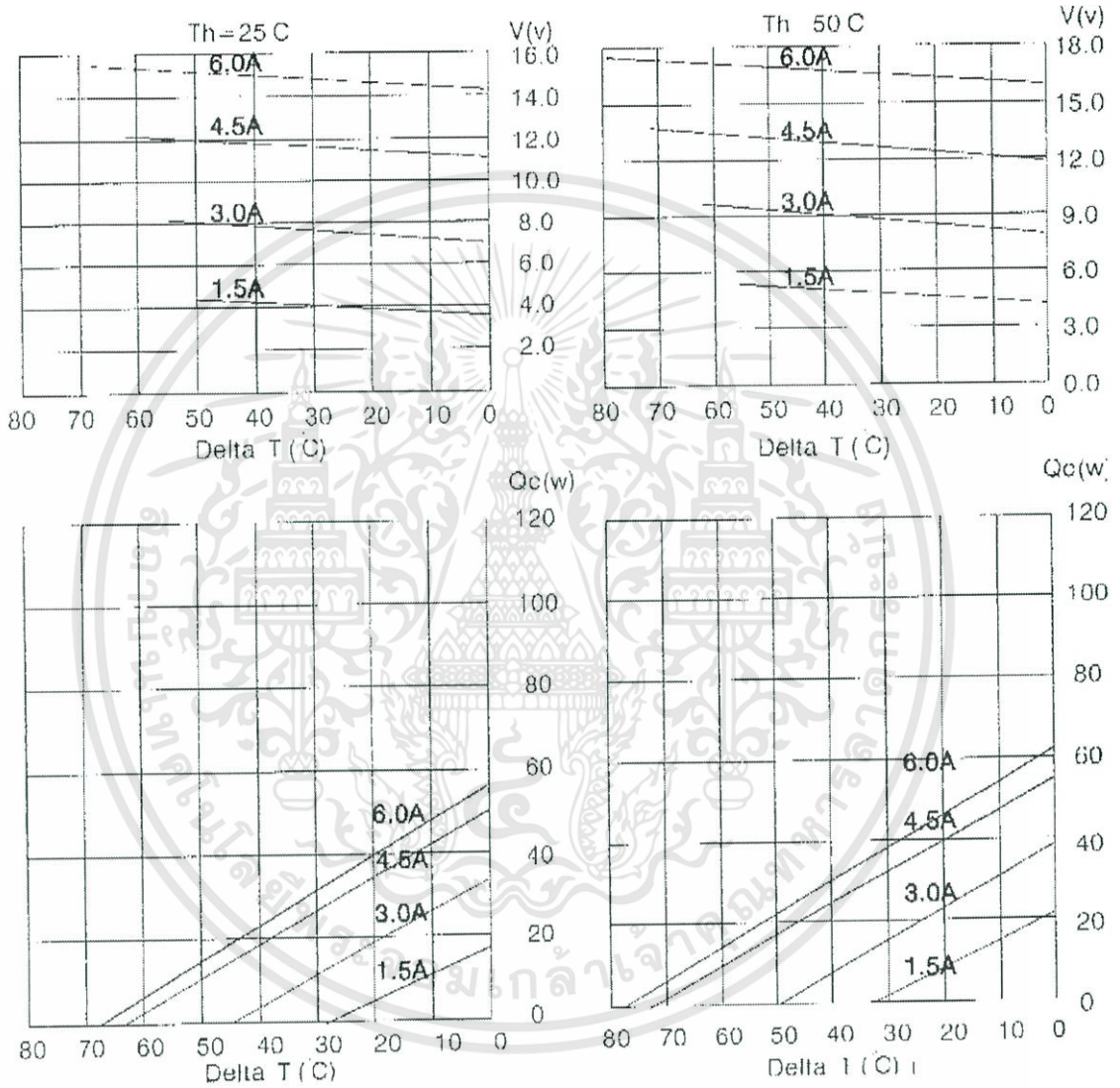
Performance Specifications

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





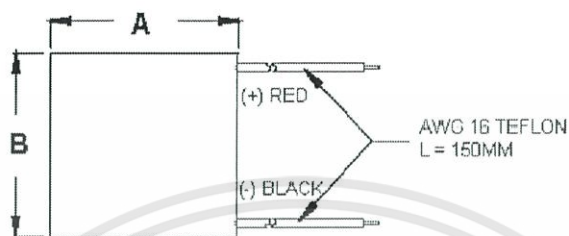
Performance curves:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TEC1-12706



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

Size table:

A	B	C
40	40	3.9

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%.

ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งาน แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC1-12715

Thermonamic Module

High Performance and Highly Reliable Solution
for Cooling and Heating Applications

Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12715

Description

The 127 couples, 50 mm × 50 mm size module which is made of selected high performance ingot to achieve superior cooling performance and greater delta T up to 70, designed for superior cooling and heating up to 100 °C applications. If higher operation or processing temperature is required, please specify, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

Features

- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly
- RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

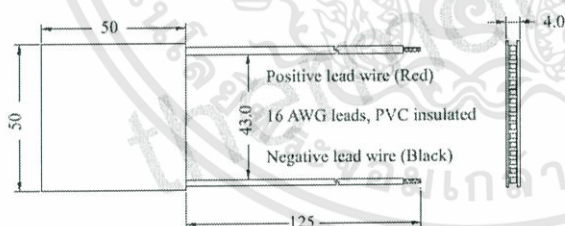
Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems

Performance Specification Sheet

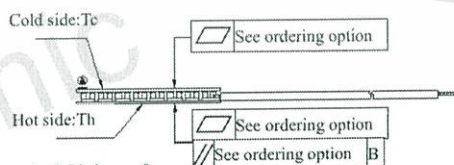
Th (°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N ₂
DT _{max} (°C)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U _{max} (Voltage)	16.0	17.2	Voltage applied to the module at DT _{max}
I _{max} (amps)	15	15	DC current through the modules at DT _{max}
Q _{Cmax} (Watts)	150.2	164.2	Cooling capacity at cold side of the module under DT = 0 °C
AC resistance (ohms)	0.80	0.88	The module resistance is tested under AC
Tolerance (%)	± 10		For thermal and electricity parameters

Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



Sealing Option

Suffix	Sealant
NS	No sealing
SS	Silicone sealant
EPS	Epoxy
OS	Customer specify sealing other than above



Additional

Ceramic material: Alumina (Al₂O₃, white 96%)
Solder tinning: Bismuth Tin (BiSn) M.P. 138 °C

Ordering Option

Suffix	Thickness (mm)	Flatness/Parallelism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0:4.0±0.1	0:0.035/0.035	125±1/Specify
TF	1:4.0±0.05	1:0.025/0.025	125±1/Specify
TF	2:4.0±0.03	2:0.015/0.015	125±1/Specify

Eg. TF01: Thickness 4.0 ± 0.05 (mm) and Flatness 0.025 / 0.025 (mm)

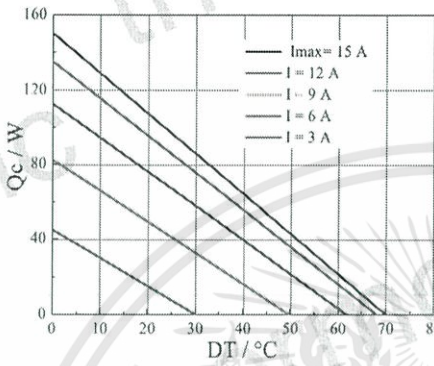
Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products
Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: info@thermonamic.com Web Site: www.thermonamic.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification of Thermoelectric Module

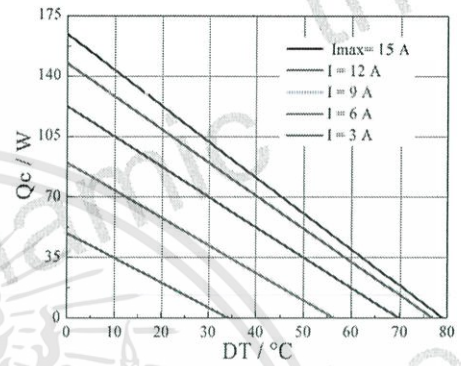
TEC1-12715

Performance Curves at $T_h=27\text{ }^\circ\text{C}$

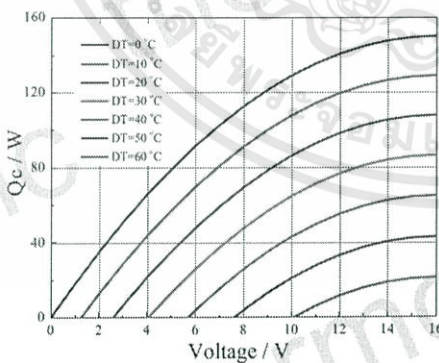
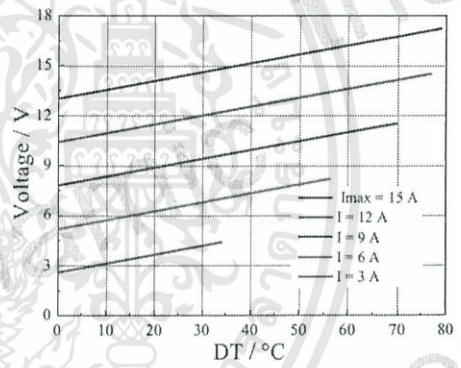
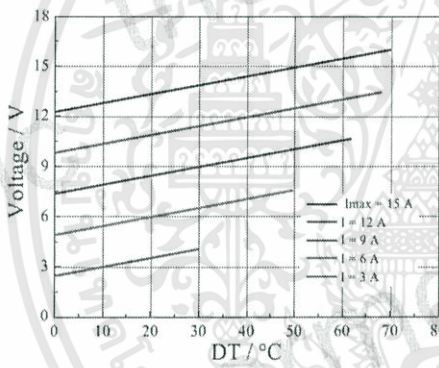


Standard Performance Graph $Q_c = f(DT)$

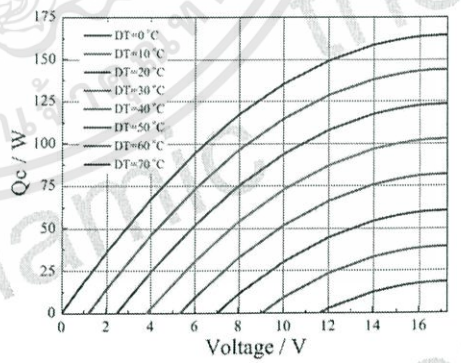
Performance Curves at $T_h=50\text{ }^\circ\text{C}$



Standard Performance Graph $V = f(\Delta T)$



Standard Performance Graph $Q_c = f(V)$

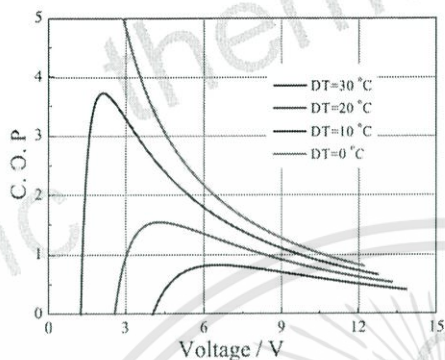
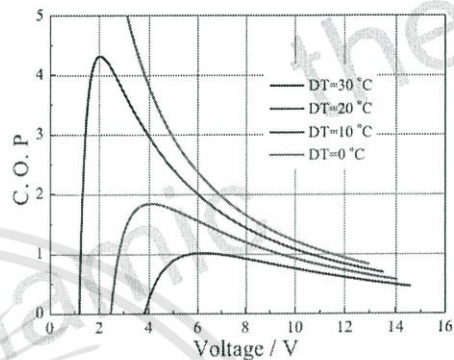
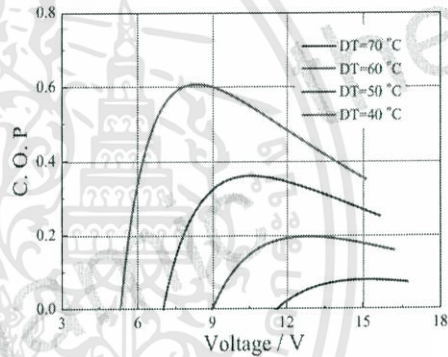
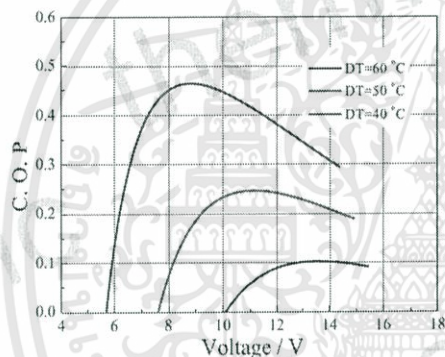


Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products
Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: info@thermonamic.com Web Site: www.thermonamic.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12715

Performance Curves at $T_h=27\text{ }^\circ\text{C}$ Performance Curves at $T_h=50\text{ }^\circ\text{C}$ Standard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 0 to 30 °CStandard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 40 to 60/70 °C

Remark: The coefficient of performance (COP) is the cooling power Q_c /Input power ($V \times I$).

Operation Cautions

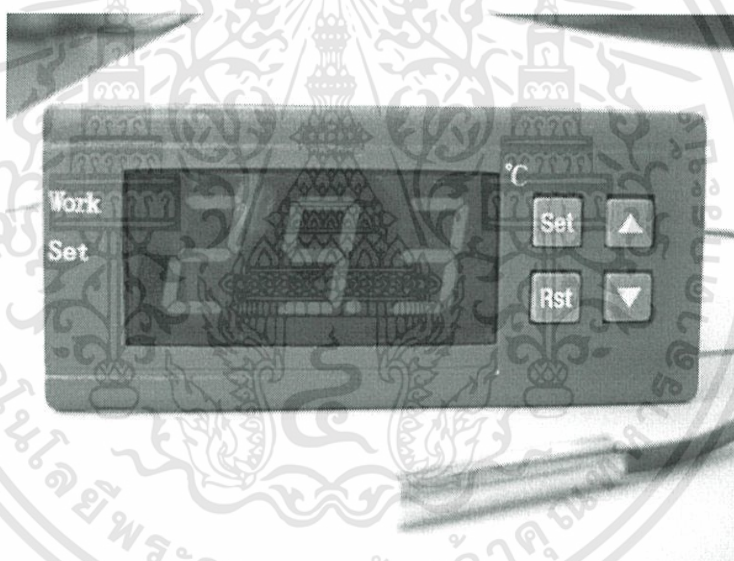
- Cold side of the module stucked on the object being cooled
- Hot side of the module mounted on a heat radiator
- Operation or storage module below 100 °C
- Operation below I_{max} or V_{max}
- Work under DC

Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products
Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: info@thermonamic.com Web Site: www.thermonamic.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งาน on-off controller รุ่น WH7016C

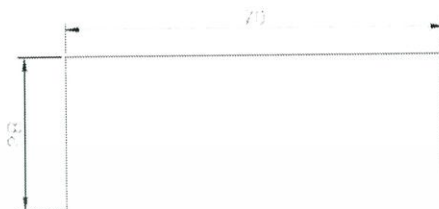
WH7016C Thermostat Product Manual



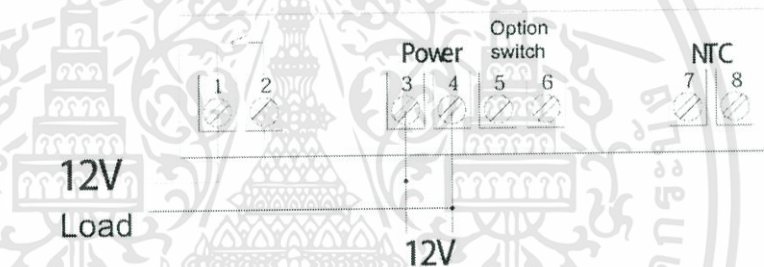
Shenzhen Willhi Electronics Co., Ltd.
Tel :0755 -29539385 Fax :86-0755 -2953 9395
Technical support: Engineer Tian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Installation opening size:



Wiring diagram:



Terminals 1 and 2: Normally opened contact of relay

Terminals 3 and 4: Connect the power 12V

Terminals 5 and 6: The factory parameter settings of thermostat can be locked after a short circuit, the user can not modify.

Terminals 7 and 8: Temperature connection sensor

Note: The load refers to the heating or cooling equipment on control.

Electrical performance:

Temperature measurement range: -50 ~ 110

Temperature control range: -50 ~ 110

Temperature measurement error: ± 0.5

Sensor Type: NTC (10K/3435)

Control accuracy: 1

Working voltage: AC/DC12V

Working current: <2W

Relay contact point current: AC 7A/220V

Data storage : Yes

Working temperature: 0 ~ 50

Storage temperature: -10 ~ 60

Key Instructions:

1. RST: Press RST key to switch on and off, press the RST key on the power-off state once to turn on, on the power-on state, press the RST key for three seconds and hold on, then it will be off.

2. SET:

A: Press the SET key once to enter the temperature control setting, press ▲ or ▼ button to adjust, press ▲ or ▼ button for three seconds and hold to enter the fast adjusting mode, press the SET key again to exit setting mode.

B: Press and hold SET key for three seconds to enter the system menu settings, press the ▲ or ▼ key to select the adjustment menu, press SET key once to enter the appropriate parameter settings, press ▲ or ▼ to adjust the parameters needed to be modified, after being adjusted, press the RST key to exit, or exit as the system delay for 5 seconds.

▲ : Up key

▼ : Down key

Operating Instructions:

LED Status Description:

The **WORK** lights at the left side of the screen is used as working indicator lights, flashing is to indicate the delay of cooling or heating, if the LED is always on ,it indicates it is on the status of cooling or heating .

The **SET** light at the left side of the screen lights is used as setting indicator lights, if the LED is always on ,it indicates it is on the status of setting.

Function Instructions:

Press **RST** key to open the thermostat, on the running status, press this key for 3 seconds, then the thermostat can be turned off.

Cooling, heating function:

Cooling Mode: When the measured temperature is higher than or equal to the set value + hysteresis, the relay picks up to start the output; When the measured temperature below the set value, the relay off and close the output.

Heating mode: When the measured temperature is higher than or equal to the set value, the relay off, turn off the output; When the measured temperature below the set value - hysteresis, the relay picks up to start the output.

Example for Setting: If it is set to heating mode, set the temperature to 25 degrees, hysteresis is set to 5, then when the measured temperature is higher than or equal to 25 degrees, the relay is off, close the output. When the temperature is below 20 degrees, pick up the relay again, to start the output.

Example for Setting: If it is set to cooling mode, set the temperature to 25 degrees, hysteresis is set to 5, then when the measured temperature is below 25 degrees, the relay is off, close the output. When the temperature is higher than or equal to 30 degrees, pick up the relay again, to start the output.

Cooling, heating mode setting:

Press "SET" key and hold more than 3 seconds to enter the menu display, the screen appears "HC" code, press the "SET" key to display the working mode, press the "▲" or "▼" to adjust the display, C means cooling mode; H means heating mode.

Hysteresis function:

Hysteresis setting limits the maximum interval between the opening and stopping, this machine minimum interval between the opening and stopping is

1 , the maximum is 15 .

Hysteresis settings:

Press "SET" key and hold more than 3 seconds to enter the menu display, with "▲" or "▼" key adjusted to the screen, appearing "D" code, press the "SET" key to display the hysteresis set value, press "▲" or "▼" key to adjust the parameters.

Temperature calibration function:

When there is deviation between the measuring temperature and standard temperature, use the temperature calibration function, make the machine measurements value consistent with the standard temperature, the after calibration temperature = the before calibration temperature + calibration value (calibration value can be positive number, negative number, and 0) .

Temperature calibration settings:

Press "SET" key and hold more than 3 seconds to enter the menu display, with "▲" or "▼" key adjusted to the screen, appearing "CA" code, press the "SET" key to display the temperature calibration settings, press "▲" or "▼" key to adjust the parameters.

For example: When we measure the probe temperature was 25 degrees, it displays 25 degrees as the CA is 0, it displays 26 degrees as the CA is 1, it displays 24 degrees as the CA is -1. This function is generally applied when the probe can not measure directly the measured object. For example, we place the probe at the outside of a cup to measure its water temperature, we need to adjust the CA parameters because of the heat loss of the cup, so that the display temperature can be in accordance with cup temperature.

Delay Protection Function:

In the cooling mode, the first power on, when the measured value above the set value + hysteresis value, the machine will not immediately start cooling, it needs to set the delay time, then the machine can run to start cooling; once the interval between two cooling is larger than the delay time, the machine immediately starts cooling, once the interval between two cooling is less than the delay time, the machine must run the remaining delay time to start cooling. The delay time is started to calculate from stopping the machine. The delay time of heating mode is as same as the cooling mode.

Note: It is recommended that only the device that use compressor cooling can use the delay start function, the user who don't need delay start function please set this parameter to 0.

Delay Protection Setting:

Press "SET" key and hold more than 3 seconds to enter the menu display, with "▲" or "▼" key adjusted to the screen, appearing "PT" code, press the "SET" key to display the delay setting value, then press the "▲" or "▼" key to adjust the parameters.

Upper and lower limit functions:

The setting of HS and LS limit the set range of control temperature point , for example: HS is set to +15, LS is set to -10, the control temperature can only be adjusted between -10 and +15, when the control temperature to -10 then press "▼" key, the display will remain on the status of -10 and not decrease; when the control temperature to +15 then press "▲" key, the display will on the status of 15 and not increase. If the set point outside this range, it needs to firstly change the value of HS and LS, then it can be achieved.

Upper and lower limit settings:

Press "SET" key and hold more than 3 seconds to enter the menu display,

with "▲" or "▼" key adjusted to the screen, appearing "HS" or "LS" code, press the "SET" key to display the upper or lower limit set value, Then press "▲" or "▼" key to adjust the parameters. HS means upper limit. LS means lower limit.

For example: the upper and lower limits are used to limit the range of control temperature that can be set, such as: LS is 10, HS 20, then press the SET key to adjust the temperature control, it can only be varied between 10 and 20.

Menu code selection:

Symbol	Details	Setting range	Factory settings	Units
HC	Heating / cooling	H/C	C	
D	Hysteresis	1~15	5	
LS	The minimum set limit	-50~110	-50	
HS	The maximum set limit	-50~110	110	
CA	Temperature calibration	-5~+5	0	
PT	Delay time	0~10	1	Minutes

fault tips:

- 1)When the sensor disconnected, the screen displays --- and close the heating wire
- 2)When the sensor detects the temperature is below -50 degrees, the screen displays LLL
- 3)When the sensor detects a temperature higher than 110 degrees, the screen displays HHH

Caution for using:

Cooling, heating load must not exceed the output contact capacity, or it may result in machine damage and cause a fire.

Various connecting wire must be well connected with the terminal, otherwise, it would result in reducing the reliability of machine.

When connecting the wire, please separate power supply, relays, sensors, otherwise it will damage the machine.

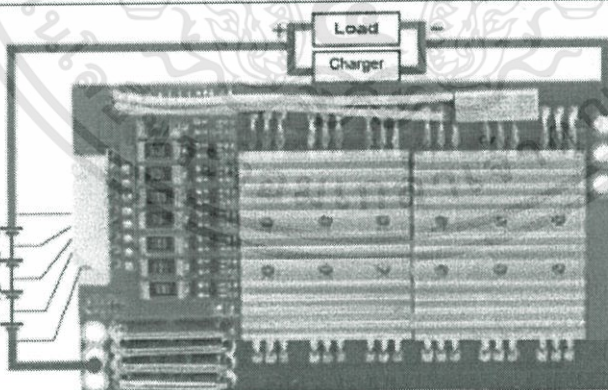
ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งาน PCM / BMS / PCB

Protection Circuit Module

PCM / BMS / PCB
For 12.8V 4S LiFePO4 Battery Packs

Data Sheet

Item	Contents		Criteria
1	Model	HCX-D149	4S-30A working current
2	Voltage	Charging voltage	14.4V
3	Current	Maximal continuous charging current	30A
		Maximal continuous discharging current	30A
		Current consumption	$\leq 20\mu\text{A}$
4	Overcharge Protection	Over charge detection voltage	$3.90\text{V} \pm 0.025\text{V}$
		Over charge detection delay time	0.5~2S
		Over charge release voltage	$3.80\text{V} \pm 0.025\text{V}$
5	Over Discharge Protection	Over discharge detection voltage	$2.00\text{V} \pm 0.05\text{V}$
		Over discharge detection delay time	50~200mS
		Over discharge release voltage	$2.30\text{V} \pm 0.05\text{V}$
6	Over Current Protection	Over current detection voltage	0.1V~0.2V
		Over current detection current	90A \pm 10A
		Detection delay time	5~20mS
		Release condition	Cut load, automatically recover
7	Short Circuit Protection	Detection condition	Exterior shot circuit
		Detection delay time	200~500uS
		Release condition	Cut load, automatically recover
8	Balance	Balance voltage for single cell	$3.60\text{V} \pm 0.025\text{V}$
		Balance current for single cell	42mA \pm 5mA
9	Resistance	Inner resistance	$\leq 20\text{m}\Omega$
10	Temperature	Operating temperature range	-40~+85°C
		Storage temperature range	-20~+125°C
11	Size (L*W*T)	L102mm*W58mm*T15mm	



Remarks:

Charge, Discharge at same Port
P+=B+/Charge+/Discharge+
P-=Charge-/Discharge-

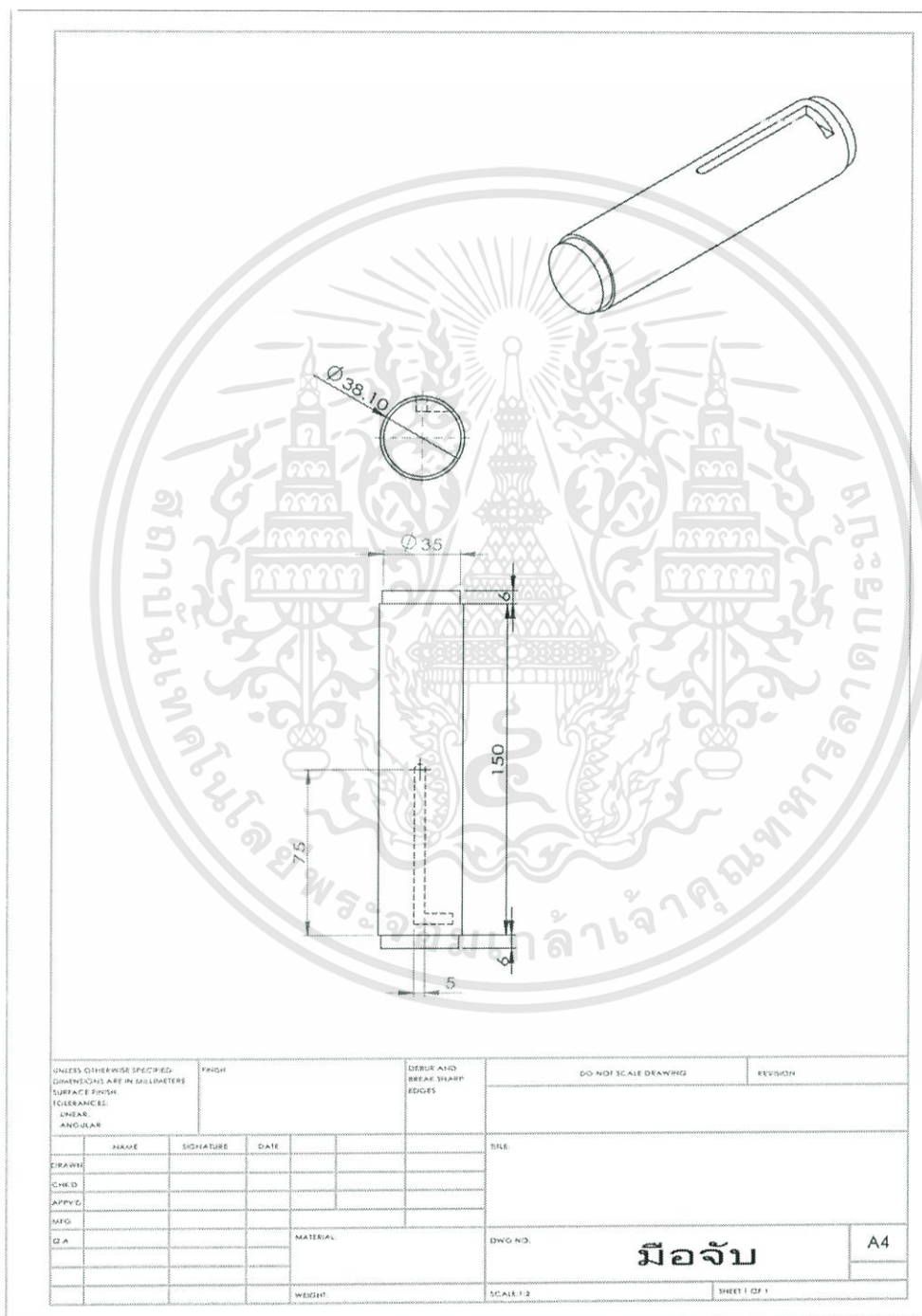
*Note: Characteristics subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

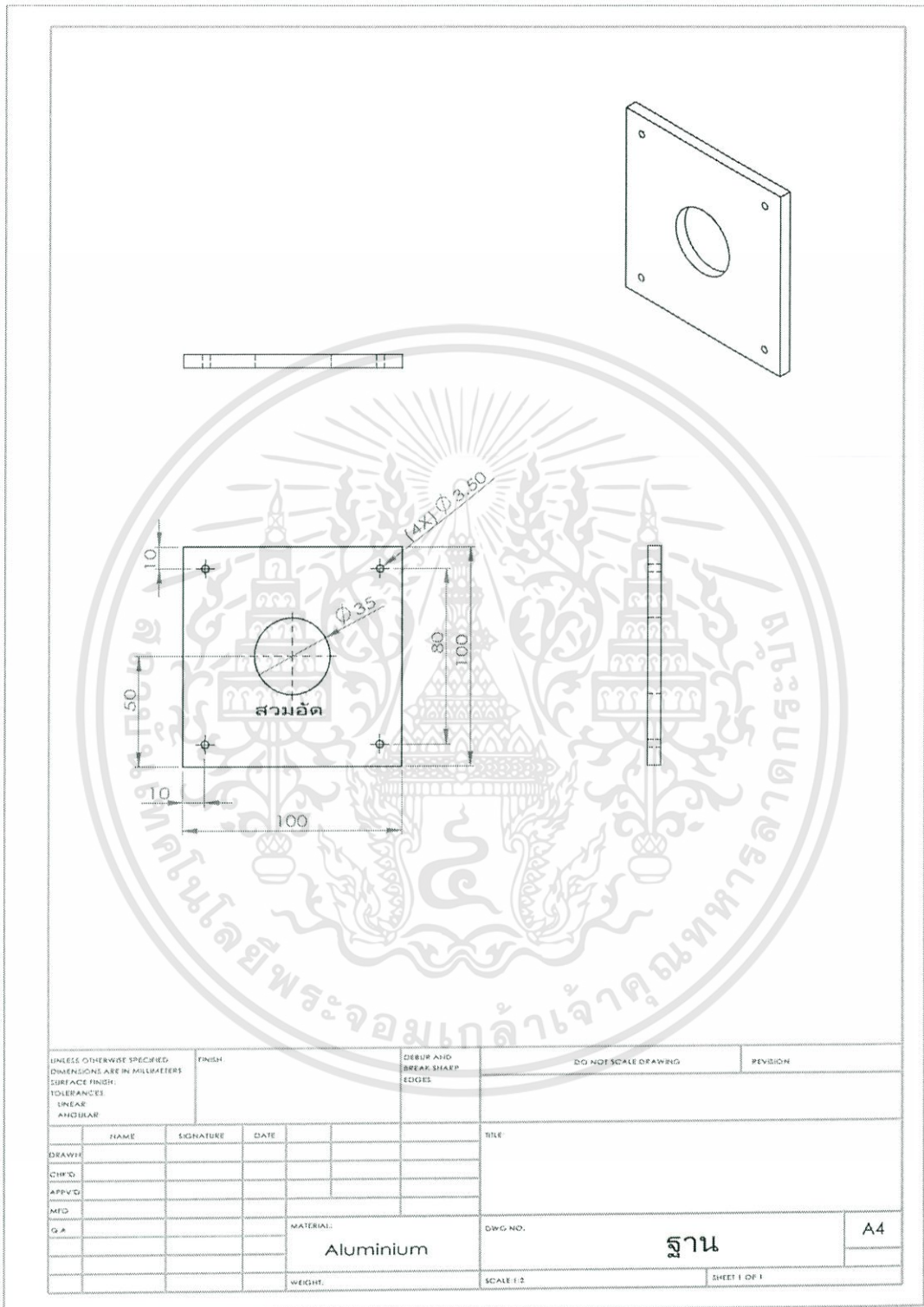
โครงสร้างแบบจำลองมือจับ

ค.1 มือจับแบบที่ 1



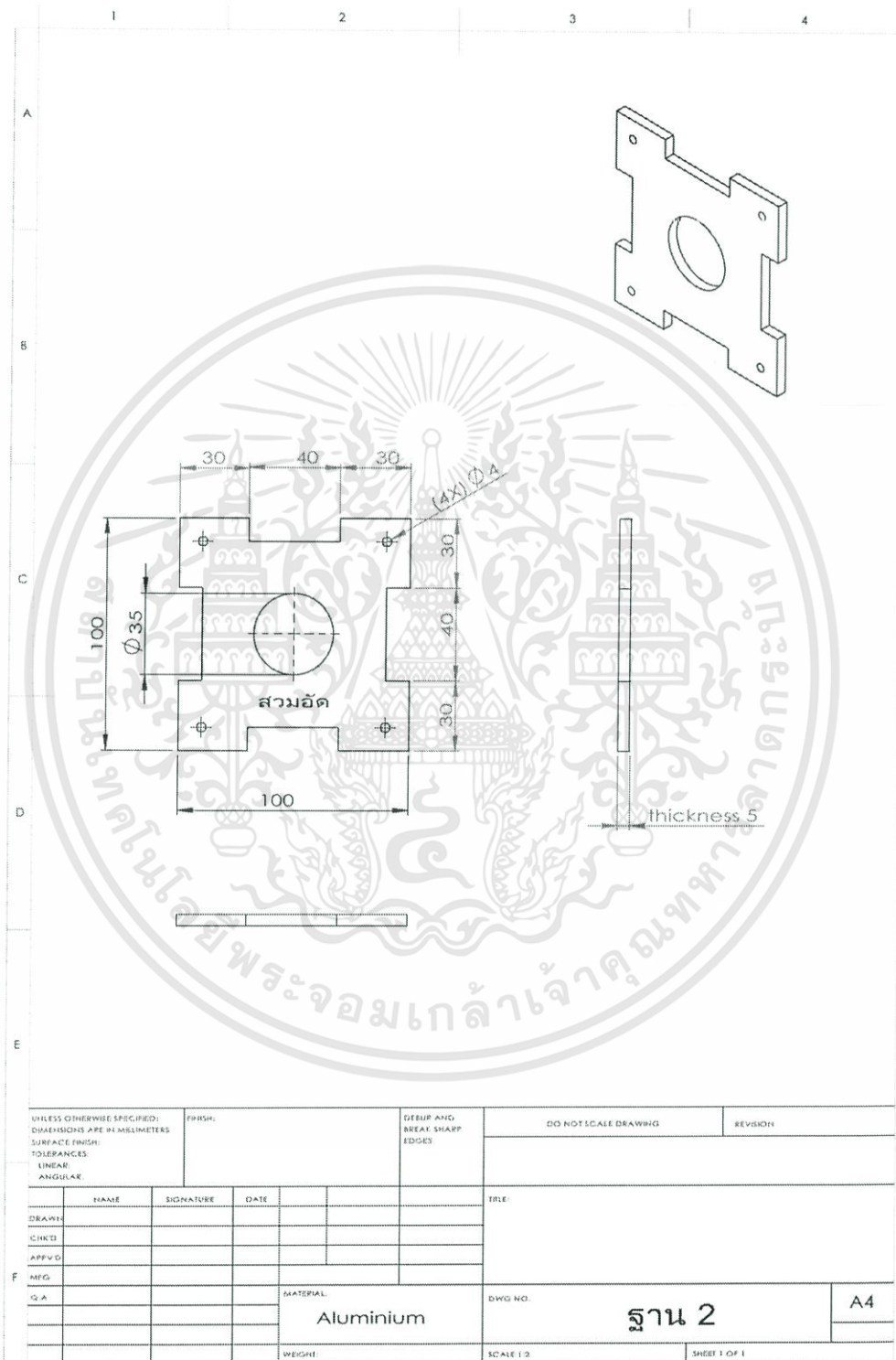
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 ฐานแบบที่ 1



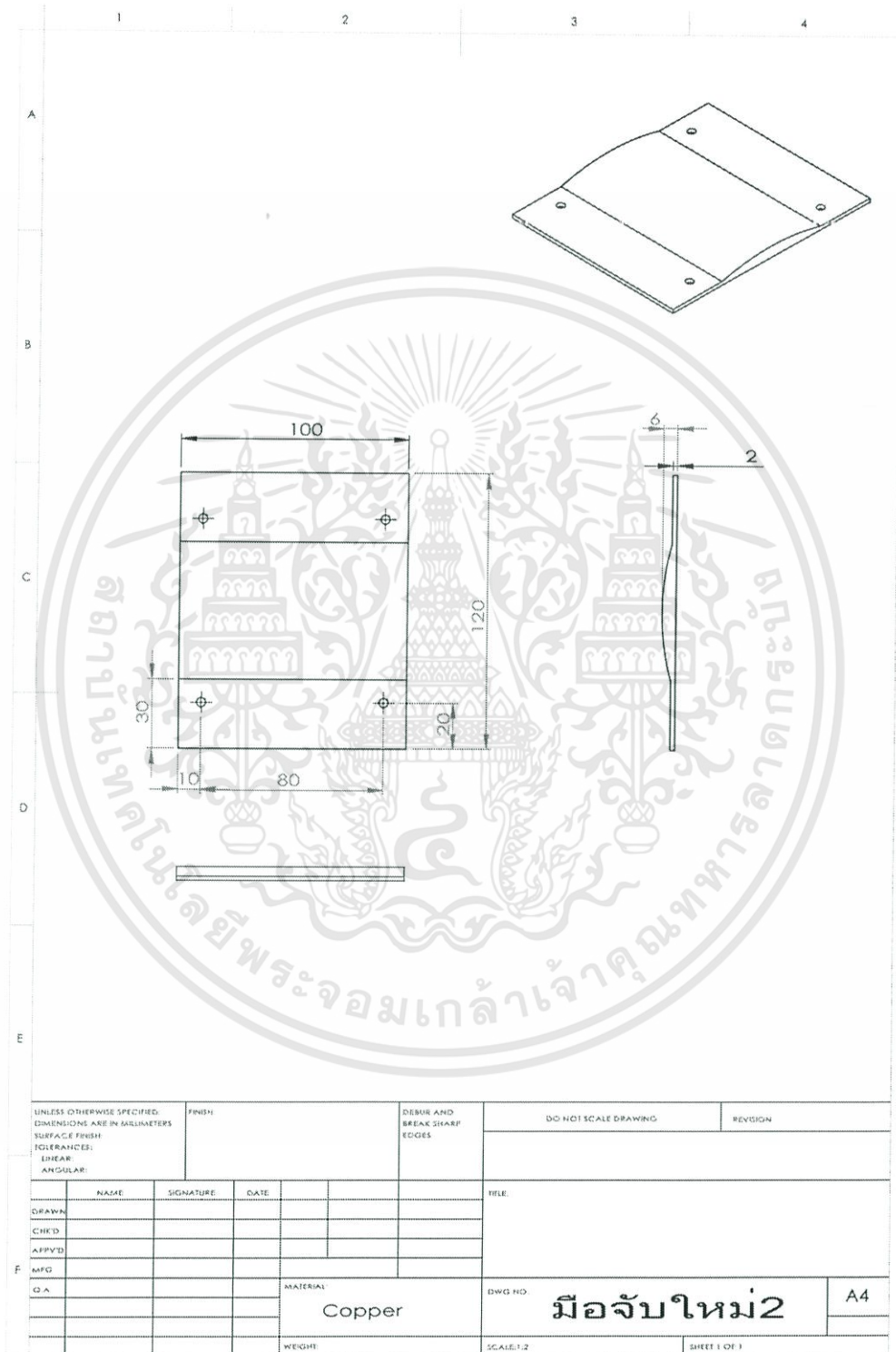
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 ฐานแบบที่ 2



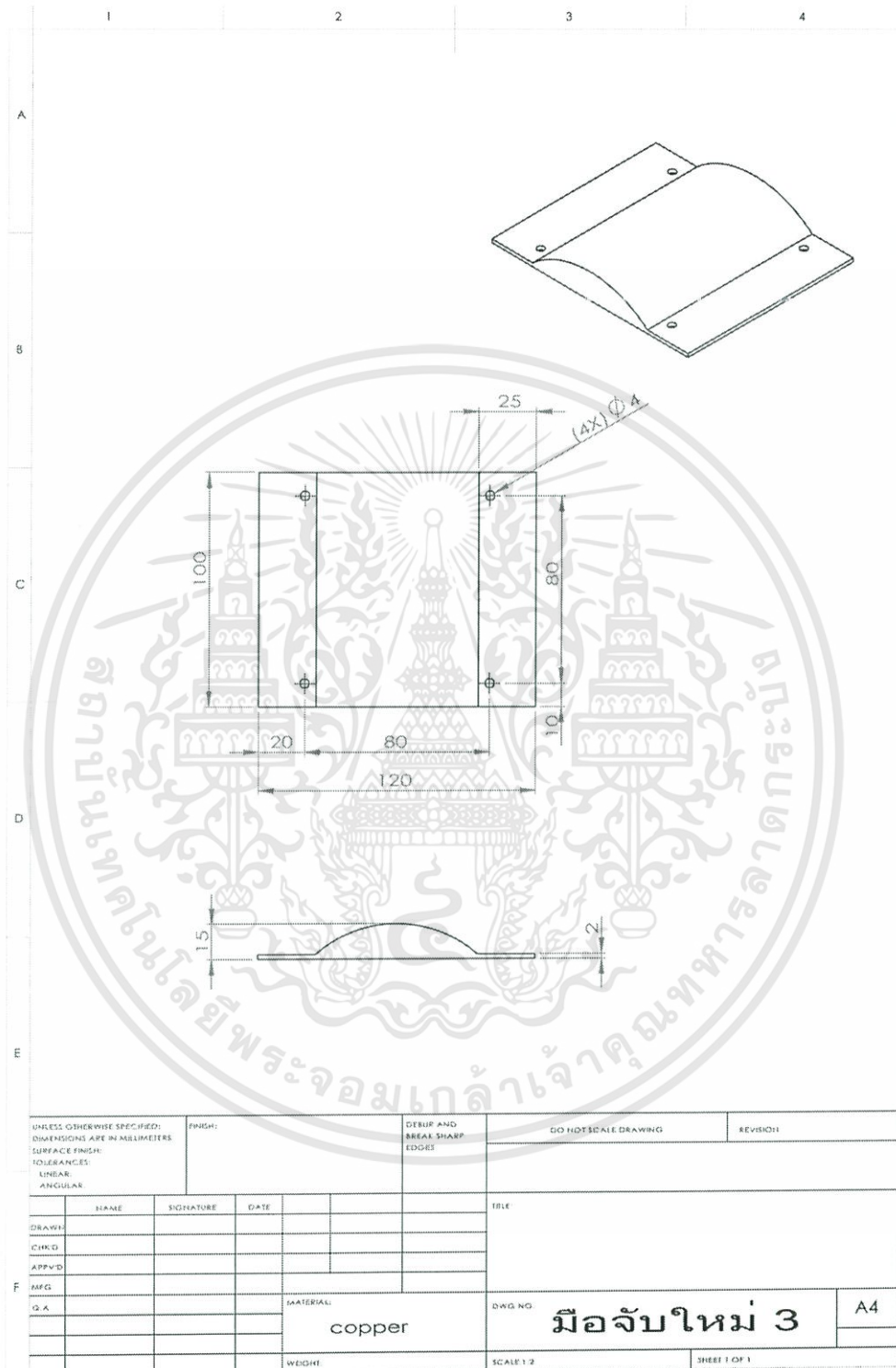
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 มือจับแบบแผ่นนูนตรงกลาง 1



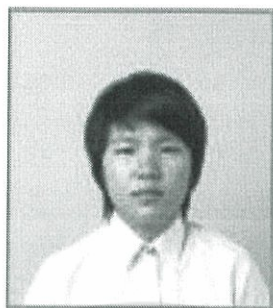
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.5 มือจับแบบแผ่นนูนตรงกลาง 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



นางสาวกฤตกนก สุธาสี

เกิดวันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2534

ที่อยู่ 251/34 ถนนสุขุมวิท ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20110

โทรศัพท์ 086-3823437

E-mail: kknsts@gmail.com

Facebook: <https://www.facebook.com/kridkanok.sts>

ประวัติการศึกษา

2007-2009 โรงเรียนชลกันยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

สายการเรียน วิทยาศาสตร์- คณิตศาสตร์

2010-2013 หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



นางสาวสิริปรังค์ อำนาจสถิตมัน
 เกิดวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2534
 ที่อยู่ 50/880 ซ.ลาซาล 32 ถนนสุขุมวิท 105 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260
 โทรศัพท์ 081-9275424
 E-mail: prang4567@gmail.com
 Facebook: <https://www.facebook.com/siriprang>

ประวัติการศึกษา

2007-2009 โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ฯ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 สายเครื่องกล
 2010-2013 หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดควบคุม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้