การหาค่าเหมาะสุดในการใช้เพลเทียร์แทนคอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็น

กรธวัช ไกรฤกษ์

ธนวรรธ คิดโสดา

ภูริภัทร ตรีรัตนนนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMIZATION FOR USE OF A PELTIER IN PLACE OF A COMPRESSOR

IN A REFRIGERATION SYSTEM

KORNTAWAT KRAIRIKSHA

THANAWAT KIDSODA

PURIPAT THREERATANANONT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การหาค่าเหมาะสุดในการใช้เพลเทียร์แทนคอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็น
OPTIMIZATION FOR USE OF A PELTIER IN PLACE OF A COMPRESSOR IN A REFRIGERATION SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายกรธวัช ไกรฤกษ์ รหัสประจำตัว 62010019
2. นายธนวรรธ คิดโสดา รหัสประจำตัว 62010369
3. นายภูริภัทร ตรีรัตนนนท์ รหัสประจำตัว 62010729

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สยาม สงวนรัมย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าเหมาะสุดในการใช้เพลเทียร์แทนคอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็น

นาย กรธวัช	ไกรฤกษ์	62010019
นาย ธนวรรธ	คิดโสดา	62010369
นาย ภูริภัทร	ตรีรัตนนนท์	62010729
อ.สยาม	สงวนรัมย์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ระบบทำความเย็นที่พบเห็นทั่วๆไปมักใช้คอมเพรสเซอร์เป็นองค์ประกอบหลักของระบบ ซึ่งมีข้อจำกัดหลายประการทั้งในส่วนของน้ำหนักที่มากและมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจในเรื่องของระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่มีขนาดเล็กและสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายในการทำความเย็น แต่ประเด็นที่ท้าทายก็คือระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพน้อยกว่าระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงดำเนินงานวิจัยนี้โดยเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหลักปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) และทฤษฎีความร้อนต่างๆที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและสร้างตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการใช้ระบบคอมเพรสเซอร์ให้สามารถใช้ทดแทนกันได้และประหยัดงบประมาณมากขึ้น โดยทำการทดลองเก็บค่าผลต่างอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลา เพื่อหาความสัมพันธ์แล้วสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพให้ตู้เย็นรักษาอุณหภูมิที่สร้างขึ้นและนำไปต่อยอดปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริกให้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

คำหลัก: เทอร์โมอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMIZATION FOR USE OF A PELTIER IN PLACE OF A COMPRESSOR
IN A REFRIGERATION SYSTEM

Korntawat	Krairiksha	62010019
Thanawat	Kidsoda	62010369
Puripat	Threeratananont	62010729
Sayam	Saguanrum	Advisor

Year 2022

ABSTRACT

Most common refrigeration systems use a compressor as the main component of the system. which has many limitations, both in terms of weight and large size, making it inconvenient to move the organizers are therefore interested in the thermoelectric cooling system. By using thermoelectric modules that are small and easy to move for cooling. But the challenge is that thermoelectric refrigeration systems are less efficient than compressor-based refrigeration systems. Therefore, the authors of this research team started by studying the principle of Peltier effect and various thermal theories involved in the design and construction of thermoelectric refrigerators. Tricks to have efficiency similar to the use of compressor systems to be able to be used interchangeably and save more budget. by experimentally collecting the temperature values for each time period to find the relationship and create a mathematical model to increase the efficiency of the refrigerator to maintain the generated temperature and further improve the efficiency of the thermoelectric cooling system in the future.

Keywords: Thermoelectric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้มิอาจสำเร็จลุล่วงได้หากขาดคำแนะนำจากอาจารย์ สยาม สงวนรัมย์ ผู้เป็นที่ปรึกษาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาคำชี้แนะแนวทางการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาข้อผิดพลาดต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ด้วยความเมตตาและเอาใจใส่เสมอมา จึงต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณพี่น้องร่วมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในแต่ละเรื่อง ทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคารพรัก ซึ่งเป็นผู้ให้การสนับสนุนการศึกษา ให้คำปรึกษาและให้กำลังใจด้วยความรักและเอาใจใส่ในทุกเรื่องทุกปัญหาที่พบเจอเสมอมา

กรธวัช ไกรฤกษ์

ธนวรรธ คิดโสดา

ภูริภัทร ตรีรัตนนนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 สมมติฐานการศึกษา 1

1.4 ทฤษฎีหรือหลักวิชาที่ใช้อ้างอิง 2

1.5 ขอบเขตการวิจัย 2

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา 2

บทที่ 2 หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก 3

2.1.1 ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก 6

2.1.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก 8

2.1.3 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก 9

2.1.4 การทำความเย็นและการผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก 11

2.1.5 แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง 12

2.1.6 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้ง 14

2.1.7 หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง 14

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 18

3.1 วงจรการทำงานและรายละเอียดของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 18

3.1.1 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยคอนโทรลเลอร์ 18

3.1.2 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตท 19

3.1.3 โครงสร้างและหลักการทำงาน 19

3.2 ส่วนประกอบของชุดทำความเย็นและระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 22

3.2.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ครีบอะลูเนียม 22
3.2.3 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก 23
3.3 ตำแหน่งการวัดออุณหภูมิ 24
3.4 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบตู้เย็น 25
3.5 การวิเคราะห์สำหรับการทดลอง 32
3.5.1 กำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ 32
3.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 32
3.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 33
3.7 การทำงานของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ 37
3.8 ขั้นตอนการทดลอง 38
บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการทดลอง 39
4.1 การคำนวณพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นจากการออกแบบ 39
4.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นจากการออกแบบ 40
4.3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นจากการทดลอง 41
4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง 46
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 47
5.1 ปัจจัยอื่นๆที่พบในช่วงที่ดำเนินการวิจัยและทดลอง 48
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงและพัฒนา 48
บรรณานุกรม 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดสูง	13
2.2 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดปานกลาง	13
2.3 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดต่ำ	13
3.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก (TEC1-12715)	22
4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทดลองของ โธมัส ซีเบค	3
2.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์จากการเคลื่อนที่ของประจุในโลหะต่างชนิด	5
2.3 การเกิดไฟฟ้าจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)	5
2.4 การทำความเย็นจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)	6
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวประกอบกำลังและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค	8
2.6 เทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอร์เรเตอร์	9
2.7 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	9
2.8 โครงสร้างอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก	10
2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	10
2.10 โครงสร้างบริเวณรอยต่อที่ผนังด้านร้อนและผนังด้านเย็น	11
2.11 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	11
2.12 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	12
2.13 ความร้อนเหลือทิ้งจากการใช้พลังงานแหล่งต่างๆ	12
3.1 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยคอนโทรลเลอร์	18
3.2 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยคอนเทอร์โมสแตท	19
3.3 โครงสร้างส่วนประกอบของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	20
3.4 ภาพฉายด้านบนของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	21
3.5 ภาพฉายด้านข้างของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	21
3.6 ภาพฉายด้านหน้าของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก	21
3.7 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	22
3.8 ครีบอะลูมิเนียม	23
3.9 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับชุดอุปกรณ์	23
3.10 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ	24
3.11 พาวเวอร์ซัพพลาย	25
3.12 เทอร์โมคัปเปิล	25
3.13 หน้าจอแสดงผลดิจิตอล	26
3.14 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล	26
3.15 คอมพิวเตอร์	27
3.16 DC Powersupply	27
3.17 บล็อกน้ำ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.18 สายหม้อน้ำรถยนต์ 28
3.19 ปั๊มน้ำ 29
3.20 ถังพักน้ำ 29
3.21 หม้อน้ำ 29
3.22 ฉนวนโพลีเอธิลีน 30
3.23 พัดลม 30
3.24 แผ่นอลูมิเนียม 31
3.25 เทอร์โมสแตท 31
3.26 รีเลย์ 31
3.27 ความต้านทานความร้อนของระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 34
3.28 แผนภาพการทำงานระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ 37
4.1 ผลของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 42
4.2 ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกับสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นและกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 43
4.3 ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกกับสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็นและอัตราส่วนของอัตราการทำความเย็นต่ออัตราระบายความร้อน 43
4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เฉลี่ย) ในตู้แช่เย็นตามเวลาในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ที่เงื่อนไข $COP_{(max)}$ $q_{c(max)}$ และ $T_{c(max)}$ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตู้แช่เย็นที่ใช้ในการเก็บรักษาคุณภาพไวน์หรือวัคซีนควรเป็นตู้แช่ที่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและไม่มีน้ำหนักมากจนเกินไป จะเป็นการดีกว่าที่เราสามารถเลือกใช้ตู้แช่เย็นที่คงคุณภาพสิ่งที่แช่เย็นไว้ได้ในขณะที่ยังขนย้ายไปยังพื้นที่ต่างๆได้โดยสะดวก ดังนั้นตู้แช่เย็นที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับเป้าหมายดังกล่าว ตู้แช่เย็นที่ใช้โดยทั่วไปล้วนมีคอมเพรสเซอร์เป็นองค์ประกอบหลักของระบบทำความเย็นแต่ข้อเสียประการหนึ่งของตู้แช่เย็นที่ใช้ระบบคอมเพรสเซอร์คือการใช้พื้นที่มากและยากต่อการบำรุงรักษา อีกทั้งยังมีน้ำหนักสูงและขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย จึงเป็นแรงผลักดันให้เกิดการศึกษาและพัฒนาระบบทำความเย็นแบบใช้เทอร์โมอิเล็กทริกแทนการใช้คอมเพรสเซอร์ นั่นก็คือการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น

แต่ทว่าข้อจำกัดที่ไม่อาจเลี่ยงได้ของระบบทำความเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกก็คือประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่ด้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบทำความเย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์ จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจและสร้างความท้าทายให้กับเราในการออกแบบตู้เย็นเก็บรักษาอุณหภูมิโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำความเย็นได้ใกล้เคียงกับระบบคอมเพรสเซอร์และสามารถนำมาใช้งานจริงได้ในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างระบบทำความเย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแทนการใช้คอมเพรสเซอร์

1.2.2 ศึกษาการทำงานและสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของเทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาประยุกต์ใช้ออกแบบตู้แช่เย็น

1.2.3 หาค่าเหมาะสุดของอุณหภูมิที่ทำให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์มากที่สุด

1.2.4 ตู้แช่เย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถเก็บรักษาอุณหภูมิเพื่อแช่ไวน์ได้

1.3 สมมติฐานการศึกษา

1.3.1 การใช้เทอร์โมอิเล็กทริกแทนคอมเพรสเซอร์ในระบบทำความเย็นจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กที่ใช้เก็บรักษาวัคซีนบางชนิดได้และพัฒนาต่อยอดเป็นตู้เย็นแช่ไวน์ได้

1.3.2 ตู้แช่ไวน์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาสามารถเก็บความเย็นเครื่องดื่มได้ดีเทียบเท่ากับตู้เย็นทั่วไปในขนาดใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ทฤษฎีหรือหลักวิชาที่ใช้อ้างอิง

1.4.1 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

1.4.2 หลักการถ่ายโอนความร้อน (Heat transfer)

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในระบบทำความเย็นขนาดเล็กแทนการใช้คอมเพรสเซอร์ได้

1.5.2 ออกแบบตู้เย็นเพลเทียร์สำหรับการเก็บรักษาคุณภาพไวน์ได้โดยมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับตู้เย็นที่ใช้คอมเพรสเซอร์

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1.6.1 ศึกษาหลักการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกตลอดจนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบชุดทดลอง

1.6.2 ออกแบบชุดทดลองระบบทำความเย็นที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแทนคอมเพรสเซอร์

1.6.3 ทดลองและบันทึกค่าอุณภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาเพื่อหาค่าเหมาะสุดในการได้มาซึ่งประสิทธิภาพทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

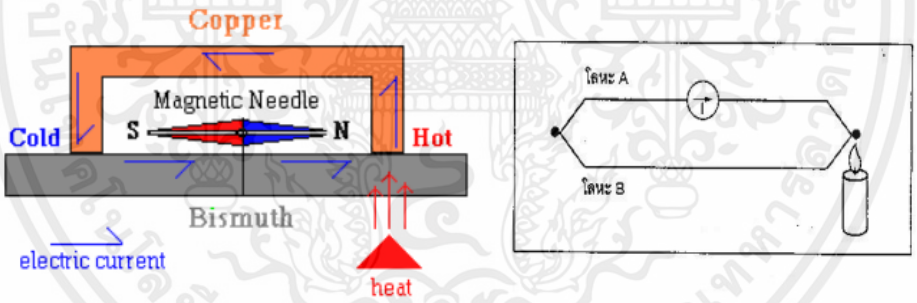
บทที่ 2

หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการวิจัยระบบทำความเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนี้ จำเป็นที่จะต้องศึกษาทำความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบชุดทดลองของระบบดังกล่าวนั่นก็คือหลักการของเทอร์โมอิเล็กทริก การทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และหลักการถ่ายโอนความร้อนรูปแบบต่างๆ ดังนี้

2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

ในปี ค.ศ. 1821 นักฟิสิกส์ชาวเอสโทเนีย ชื่อ โธมัส โยฮัน ซีเบค ได้ค้นพบโดยบังเอิญว่าถ้าให้ความร้อนที่รอยต่อของโลหะ 2 ชนิด จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายโลหะทั้งสอง ดังรูปที่ 2.1 เนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในโลหะด้านร้อนจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าโลหะด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่าจึงทำให้เกิดความแตกต่างปริมาณของอิเล็กตรอนที่ปลายโลหะดังกล่าว ซีเบค ได้สรุปวาความแตกต่างอุณหภูมิมีผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในโลหะ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์ซีเบค



รูปที่ 2.1 การทดลองของ โธมัส ซีเบค

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 ยีน เพลทีเยอร์ ชาร์เลส อะธาเนส ได้ทำการทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในโลหะทองแดงและบิสมัทที่เชื่อมต่อกันผลที่เกิดขึ้นคือ รอยต่อระหว่างทองแดงและบิสมัทข้างหนึ่งจะร้อนขึ้น ส่วนอีกข้างหนึ่งจะเย็นลงอันเป็นผลจากคุณสมบัติของโลหะแต่ละชนิดกลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนผ่านโลหะด้านหนึ่งจะปลดปล่อยความร้อน (Heat evolved) แต่อีกด้านหนึ่งจะดูดกลืนความร้อน (Heat absorbed) ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ ดังรูปที่ 2.2 เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ โดยที่ค่าการทำความเย็นที่ปลายขั้วด้านเย็น (Q_c) จะแปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า (I) ที่จ่ายเข้าไปในวงจร อธิบายได้ดังสมการที่ 2.1

$$Q_c = \pi I \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Q_c คือ ค่าการทำความเย็นที่ปลายขั้วด้านเย็น (J/s)

π คือ ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ (Peltier Coefficient) (W/A) หรือ (W/V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

นอกจากนี้ เพลเทียร์ยังได้ใช้รอยต่อของทองแดงและบิสมัททำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งจากกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็นกระบวนการที่สามารถกำเนิดอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานย้อนกลับกระบวนการ (Reverseoperation) กันได้ตามปรากฏการณ์ซีเบค เนื่องจากมีการใช้โลหะต่างชนิดมาเชื่อมต่อกันจึงเรียกอุปกรณ์นี้ว่า เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพเพียง 1% และในการทำงานกลับกันตามปรากฏการณ์เพลเทียร์นั้นโลหะต่างชนิดมีการระบายความร้อนได้ไม่ดีพอจึงมีการคิดค้นหาวัสดุใหม่ ในปี ค.ศ 1854 วิลเลียม ทอมสันค้นพบความสัมพันธ์ ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์คือผลคูณของสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ปลายขั้วขดลวดโลหะ ดังสมการที่ 2.2 และอธิบายสมการอัตราการดูดพลังงานความร้อนและคายพลังงานความร้อน ดังสมการที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

$$\pi = \alpha T \tag{2.2}$$

เมื่อ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (V/K)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ปลายขั้วขดลวดโลหะ (K)

π คือ สัมประสิทธิ์เพลเทียร์

$$Q = \alpha T_c I - K(T_h - T_c) - 0.5I^2 r \tag{2.3}$$

$$Q = \alpha T_h I - K(T_h - T_c) + 0.5I^2 r \tag{2.4}$$

เมื่อ $\alpha T_c I$ คือ ปรากฏการณ์เพลเทียร์

$K(T_h - T_c)$ คือ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดภายใน (W)

$0.5I^2 r$ คือ ความร้อนจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโมดูล (W)

r คือ ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

โดยที่ประสิทธิภาพการทำความเย็น ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงสุด และค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในการดึงความร้อนเป็นไปตามสมการที่ 2.5, 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} \tag{2.5}$$

$$COP_{max} = \frac{T_c}{T_h - T_c} \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{max} = 0.5\frac{T}{r} \quad (2.7)$$

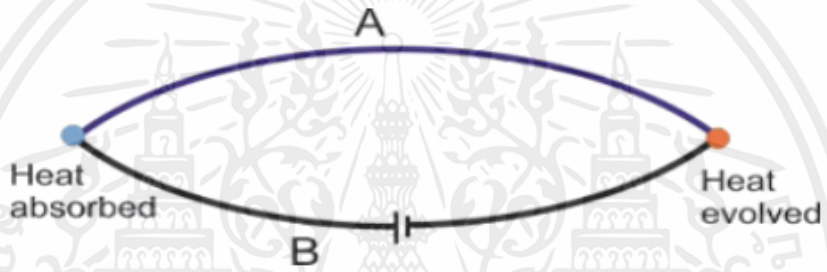
เมื่อ Q_c คือ ค่าการทำความเย็นที่ปลายขั้วด้านเย็น (J/s)

P_{in} คือ กำลังกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)

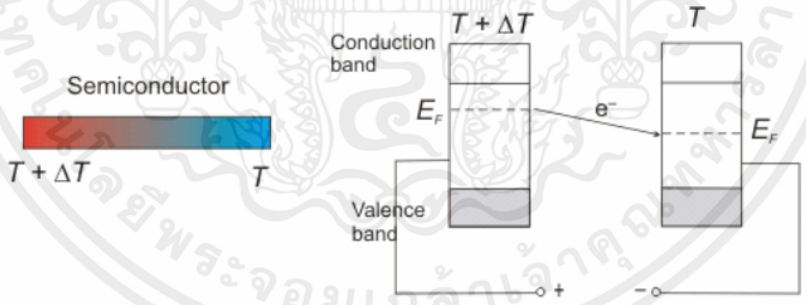
T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็น (K)

T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อน (K)

จนกระทั่งปี ค.ศ.1929 อับราม เฟโดโรวิช ไออ๊อฟ ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาวัสดุเทอร์โมอิเล็ก-ทริกที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ซีเบค และ ปรากฏการณ์เพลเทียร์ โดยใช้สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) แทนดังแผนภาพรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ พบว่าโครงสร้างใหม่ให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงถึง 4%

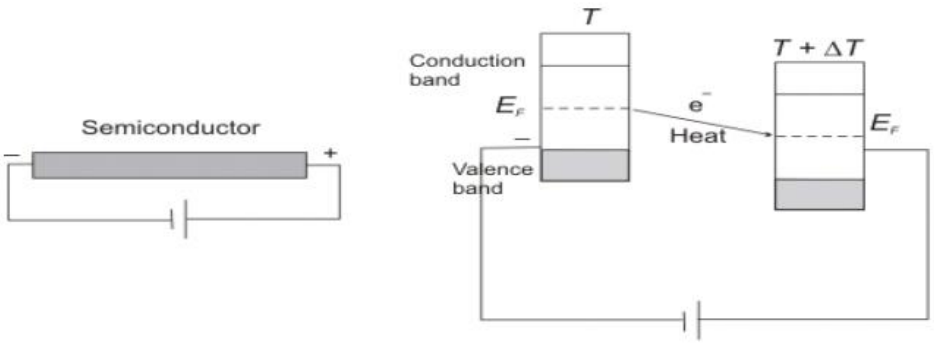


รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์จากการเคลื่อนที่ของประจุในโลหะต่างชนิด



รูปที่ 2.3 การเกิดไฟฟ้าจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การทำความเย็นจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)

2.1.1 ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

จากผลการวิจัยและพัฒนาด้านวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกประเภทสารกึ่งตัวนำ มีการพบว่าประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- สามารถให้สภาพนำไฟฟ้าสูงแต่เกิดความร้อนเพียงเล็กน้อย (ความร้อนเกิดจากความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า)
- สามารถแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้มาก
- มีสภาพนำความร้อนต่ำเพื่อป้องกันการนำความร้อนผ่านวัสดุ

คุณสมบัติทั้ง 3 ประการ มีความสัมพันธ์กันด้วยหลักการทางฟิสิกส์ตามสมการที่ 2.1 สำหรับใช้บ่งชี้คุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุ

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\gamma} \tag{2.1}$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (V/K)

σ คือ สภาพนำไฟฟ้าของวัสดุ (A/V*meter)

γ คือ สภาพนำความร้อนของวัสดุ (W/meter*K)

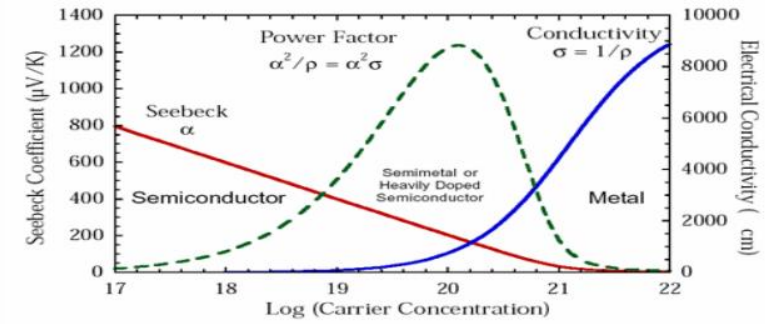
Z คือ ค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

เนื่องจาก Z มีหน่วยต่ออุณหภูมิ แต่ในทางปฏิบัติค่าบ่งชี้ที่เปรียบเทียบกันได้ง่ายควรจะไม่มีหน่วย เรียกว่าค่าค่าคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก Figure of Merit (Z) ดังนั้นจึงมีการคูณสมการ 2.1 ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T ได้สมการใหม่เป็น ZT โดยที่T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยขณะทำงาน ค่า ZT จึงเป็นค่า Figure of merit ที่ใช้บ่งบอกถึงคุณสมบัติการเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และคุณสมบัติการทำความเย็นสูงสุดของวัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนองค์ประกอบ (Thermo-element) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในยุคแรกช่วงปี ค.ศ. 1950 ถึง 1960 งานวิจัยวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมุ่งไปที่โลหะผสมกลุ่ม bismuth telluride (Bi_2Te_3), lead telluride (PbTe) และ silicon germanium (SiGe) ซึ่งเป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ให้ค่า figure-of-merit ดีที่สุดขณะนั้นอย่างเด่นชัดในช่วงอุณหภูมิใช้งาน 3 ช่วง โดยโลหะผสม (Bi_2Te_3) เหมาะกับการนำมาใช้ในระบบทำความเย็นและระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานระหว่าง 180K ถึง 450K (-93°C ถึง 177°C) ส่วนวัสดุ (PbTe) และ (SiGe) เหมาะกับการนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดสูงและในยานอวกาศซึ่งมีช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 500K ถึง 900K (227°C ถึง 627°C) และตั้งแต่ 800K ถึง 1300K (527°C ถึง 1027°C) ตามลำดับ ในรูปที่ 2.5 เป็นเส้นกราฟเปรียบเทียบค่าตัวประกอบกำลัง (power factor) และสัมประสิทธิ์ซีเบคระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ จะเห็นว่าสารกึ่งตัวนำ ให้ค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่าโลหะ (metal) โดยสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่ที่ใช้ได้แก่ (Bi-Te), (Bi-Sb), (Pb-Te) และ (Si-Ge) เป็นต้นค่าตัวประกอบกำลังจะสูงที่สุดถ้าวัสดุเป็นกึ่งโลหะ (Semimetal), โลหะผสม (Metal alloys) หรือ สารกึ่งตัวนำที่มีสิ่งเจือปน (Heavily doped semiconductor) ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังนี้มีความสำคัญคือ การที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ มีผลทำให้ระบบการจ่ายไฟฟ้ามีคุณภาพต่ำไปด้วย เนื่องจาก ประโยชน์ที่จะได้รับจากกำลังไฟฟ้าจริง (kW) ในระบบไฟฟ้าจะต่ำกว่า ซึ่งทำให้การไฟฟ้าจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของอุปกรณ์จำหน่ายและอุปกรณ์ส่งไฟฟ้าให้สูงขึ้น เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณพลังไฟฟ้าส่วนที่ไม่จำเป็นหรือ รีแอคตีฟ (kVAR) ที่เกิดขึ้นด้วย เราจึงจำเป็นต้องปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น อีกทั้งการมีค่าตัวประกอบกำลังที่สูง ค่าเข้าใกล้เคียง 1 ยังเกิดผลประโยชน์ เช่น สามารถประหยัดค่าพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (kVAR) ซึ่งเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่ามากกว่า 0.85 จะทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวประกอบกำลังและค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค

2.1.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ปัจจุบันวิวัฒนาการของปรากฏการณ์ซีเบคและเพลเทียร์ ได้รับการพัฒนาเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานตามกระบวนการอุณหพลศาสตร์ใน 2 รูปแบบ คือ จักรกลความร้อน (Heat-engine) และจักรกลสูบความร้อน (Heat pump) โดยมีการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์แยกชนิดตามหน้าที่ในการทำงานดังนี้

ก. อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อนตามปรากฏการณ์ซีเบค เรียกว่า Thermoelectric Generator (TEG)

ข. อุปกรณ์ทำความเย็นตามปรากฏการณ์เพลเทียร์ เรียกว่า Thermoelectric-Cooler (TEC) หรือ แผ่นทำความเย็น

2.1.2.1 เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ (Thermoelectric Generator)

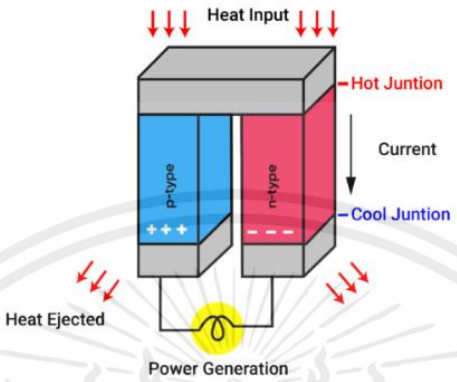
การกำเนิดไฟฟ้าด้วยความร้อนจากพฤติกรรมรอยต่อโอห์มมิก (Ohmic-junction) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ อาศัยความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างรอยต่อด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิลิเมนต์ มีผลให้กลุ่มอิเล็กตรอนในวัสดุด้านร้อนมีพลังงานจลน์สูงกว่าวัสดุด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่าเกิดความต่างปริมาณของประจุไฟฟ้าและกำเนิดไฟฟ้าขึ้นที่ปลายขั้วต่อของอุปกรณ์พร้อมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลด (Load) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และเนื่องจากเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ ผลิตไฟฟ้าจากความร้อนบางครั้งจึงเรียกวา เซลล์ความร้อน (Thermoelectric cell)

2.1.2.2 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric Cooler)

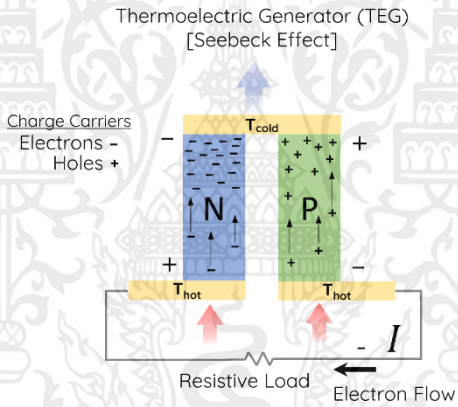
การทำความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านบริเวณรอยต่อโอห์มมิกของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (TEC) อาศัยผลการดูดกลืนความร้อนของกลุ่มอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่จากรอยต่อด้านเย็นผานเทอร์โมอิลิเมนต์ และนำไปปลดปล่อยที่รอยต่อด้านร้อนทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ โดยมีผลให้รอยต่อด้านเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลง ขึ้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้าและการระบายความร้อนที่รอยต่อด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนออก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์และ อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์นั้นมีลักษณะของโครงสร้างคล้ายคลึงกัน จึงสามารถทำงานย้อนกระบวนการกันได้ แต่สภาวะการทนอุณหภูมิของอุปกรณ์และค่า ZT ของเทอร์โมอิลิเมนต์ที่เลือกใช้จะแตกต่างกันขึ้นกับความต้องการประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2.6 เทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์



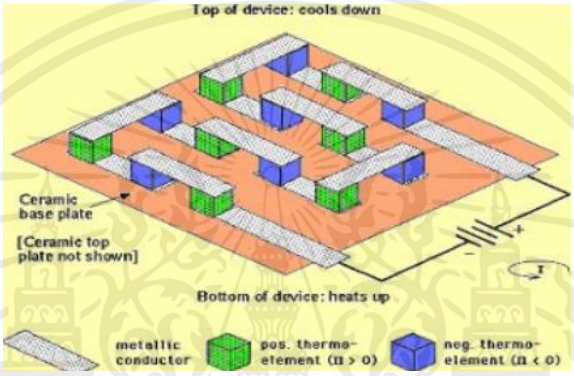
รูปที่ 2.7 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์

2.1.3 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

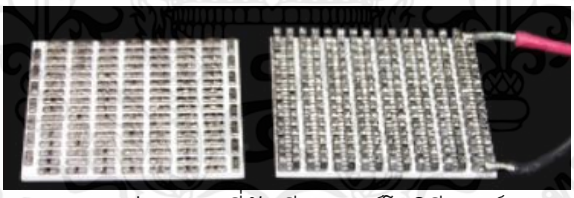
อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตกันในเชิงพาณิชย์ จะมีมาตรฐานการกำหนดข้อมูลเฉพาะทั้งขนาดพื้นที่ รูปร่าง และกำลังไฟฟ้าของเซลล์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ โดยในการผลิตทางอุตสาหกรรมเทอร์โมอิลิเมนต์ชนิดสารกึ่งตัวนำแบบพีและแบบเอ็น (P type - N type) จะถูกนำมาจัดเรียงบนแผนฉนวนไฟฟ้าต่อสลับอันดับกันทางวงจรไฟฟ้า โดยต่อขนานกันในเชิงวงจรความร้อนบนพื้นที่กว้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีทิศทางการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้าที่สอดคล้องกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

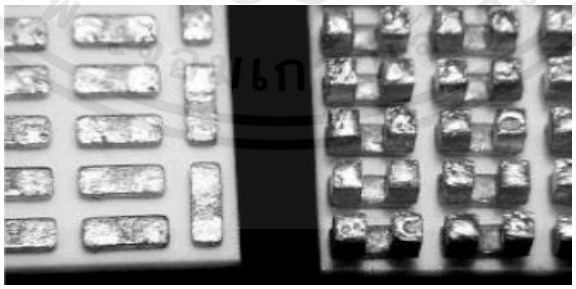
เกิดปรากฏการณ์เพลเทียร์ เป็นการสร้างรอยต่อโอห์มมิกที่ผนังอุปกรณ์ด้านร้อนและด้านเย็น ดังโครงสร้างในรูปที่ 2.8 และภาพถ่ายส่วนประกอบในรูปที่ 2.9 ก็จะทำให้ได้พื้นที่ที่ทำความเย็นและการระบายความร้อนเพิ่มขึ้นใน ส่วนกรณีของชุดเทอร์โมอิเล็ก ชุดเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (TEC) ขณะเดียวกันก็ได้พื้นที่ในการรับพลังงานความร้อนและระบายความร้อนในการสร้างกระบวนการย้อนกลับให้ทำงานเป็นความร้อนและระบายความร้อนในการสร้างกระบวนการย้อนกลับให้ทำงานเป็นเทอร์โมอิเล็กเจนเนอร์เรเตอร์ (TEG) ในรูปที่ 2.10 แสดงสภาพของโครงสร้างรอยต่อโอห์มมิกที่ผนังอุปกรณ์เทอร์โมอิ-เล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการนำความร้อนบริเวณรอยต่อ



รูปที่ 2.8 โครงสร้างอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก



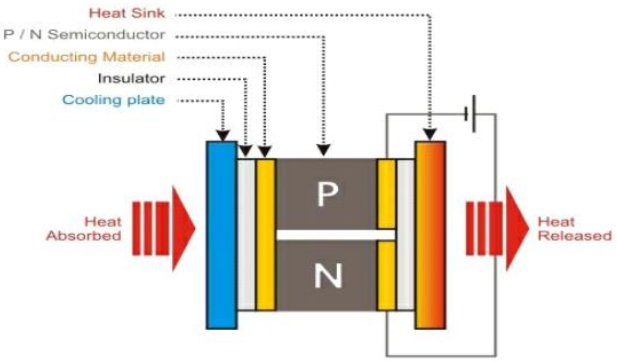
(a) แผ่นฉนวนที่จัดเรียงเทอร์โมอิลีเมนต์



(b) แผ่นฉนวนที่จัดเรียงเทอร์โมอิลีเมนต์

รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โครงสร้างบริเวณรอยต่อที่ผนังด้านร้อนและผนังด้านเย็น

เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์เป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ที่ออกแบบเพื่อใช้งานในระบบทำความเย็นหรือระบบทำความเย็นร่วมกับการทำความร้อนพร้อมกันจากผนังเซลล์ 2 ด้าน โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าและหล่อเย็นผนังเซลล์เพื่อรักษาให้อุณหภูมิผนังด้านร้อนไม่เกิน 60°C เซลล์มาตรฐานดังในรูปที่ 2.11 สามารถดูดกลืนปริมาณความร้อนได้ตั้งแต่ 10-130 W/Cell ขึ้นกับขนาดที่ออกแบบทนอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่เกิน 140°C ปัจจุบันมีการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในระบบทำความเย็นของเครื่องมือต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเครื่องมือสื่อสารบางชนิด เป็นต้น จึงได้มีการออกแบบรูปทรงของอุปกรณ์ชุดเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ในแบบต่าง ๆ หลากหลาย

รูปที่ 2.11 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์

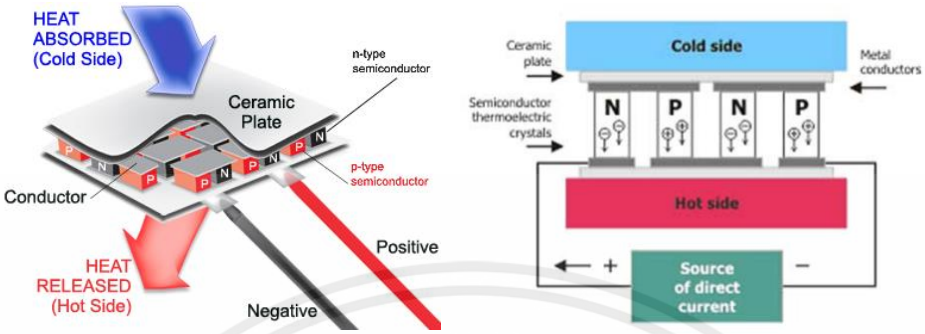
2.1.4 การทำความเย็นและการผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

2.1.4.1 การทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ระบบทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์แตกต่างจากระบบทำความเย็นที่ใช้กันทั่วไป เนื่องจากไม่ต้องการสารทำความเย็น ไม่มีเสียงรบกวน การทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ต้องการเพียงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันและกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งระบบระบายความร้อนด้วยพัดลมหรือน้ำ ที่เหมาะสมกับการสูบปริมาณความร้อนของเซลล์ออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นโดยจัดวงจรตามแผนภาพรูปที่ 2.12 การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเทอร์โมอิลิเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อให้เกิดกลุ่มพาหะประจุรับความร้อนจากผนังด้านเย็นเคลื่อนไปปล่อยที่ผนังด้านร้อนที่อยู่ตรงกันข้าม ทำให้ผนังด้านเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงต่อเนื่องจนมีเกล็ดน้ำแข็งซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศจับตราบเท่าที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าป้อนให้ระบบและระบายความร้อนออกจากผนังด้านร้อนของระบบ

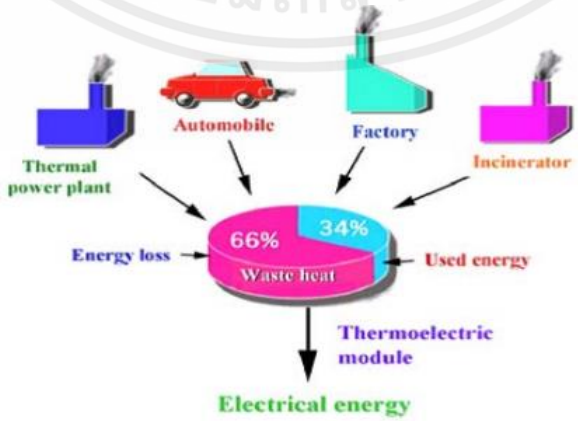


รูปที่ 2.12 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ [22]

2.1.5 แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง

2.1.5.1 ที่มาของความร้อนเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนรูปพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ได้แก่เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวะมวล เป็นต้น ไปเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การใช้ความร้อนเพื่อแปรรูปโลหะ การสันดาปเครื่องยนต์การเผาขยะ และการทำความเย็นแบบการดูดซับ เป็นต้น พบว่าประสิทธิภาพของการนำความร้อนจากแหล่งพลังงานดังกล่าวไปใช้ประโยชน์นั้นทำได้เพียง 30% ถึง 40% เท่านั้น ความร้อนส่วนเกินต้องทิ้งไปกับระบบระบายความร้อนในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อน ซึ่งต้องสูญเสียพลังงานไป 60% ถึง 70% เนื่องจากข้อจำกัดของประสิทธิภาพคาร์โนต์ในการแปลงผันพลังงาน ตามวัฏจักรคาร์โนต์เรียกความร้อนที่ไม่ก่อประโยชน์นี้ว่า ความร้อนเหลือทิ้ง กระบวนการแปรรูปพลังงานความร้อนและเกิดความร้อนเหลือทิ้งแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ความร้อนเหลือทิ้งจากการใช้พลังงานแหล่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type of device	Temperature, ˚C	Temperature, ˚F
Nickel refining furnance	1371 - 1649	2500 - 3000
Aluminum refining furnance	649 - 760	1200 - 1400
Zinc refining furnance	760 - 1093	1400 - 2000
Copper refining furnance	760 - 816	1400 - 1500
Steel refining furnance	927 - 1038	1700 - 1900
Glass refining furnance	982 - 1538	1800 - 2800
Solid refining furnance	649 - 982	1200 - 1800

ตารางที่ 2.1 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดสูง

Type of device	Temperature, ˚C	Temperature, ˚F
Steam boiler exhausts	123 - 482	450 - 900
Gas turbine exhausts	371 - 538	700 - 1000
Reciprocating engine exhausts	316 - 593	600 - 1100
Heat treating furnance	427 - 649	800 - 1200
Drying and backing ovens	232 - 593	450 - 1100

ตารางที่ 2.2 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดปานกลาง

Type of device	Temperature, ˚C	Temperature, ˚F
Process steam condensate	54 - 88	130 - 190
Cooling water from:		
Furnance	32 - 55	90 - 130
Bearing	32 - 88	90 - 190
Welding machines	32 - 88	90 - 190
Injection molding machines	32 - 88	90 - 190
Air compressor	27 - 49	80 - 120
Internal combustion engines	66 - 121	150 - 250
Air-cond. And refrig. condensers	62 - 43	90 - 110

ตารางที่ 2.3 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้ง

ความร้อนเหลือทิ้งจากแหล่งกำเนิดความร้อนขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมโลหะและโรงเผาขยะ นับเป็นแหล่งความร้อนเกรดสูง (High grade source) มีอุณหภูมิมากกว่า 650°C ส่วนโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้า และความร้อนจากปล่องไอเสียเครื่องยนต์ จะมีอุณหภูมิปานกลางประมาณ 120°C ถึง 650°C ขณะที่ความร้อนจากการหุงต้มหรือกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่ใช้ไอน้ำแรงดันต่ำจะเป็นความร้อนเกรดต่ำ (Low grade source) มีอุณหภูมิสูงในช่วง 60°C ถึง 120°C โดยประมาณ ดังแสดงข้อมูลเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิของแหล่งความร้อนเหลือทิ้งประเภทต่าง ๆ ในตารางที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 ซึ่งความร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งดังกล่าวสามารถนำกลับมาคืนใช้ได้ แทนที่จะทิ้งไปกับระบบระบายความร้อนสู่บรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์ อีกประการหนึ่งลักษณะของความร้อนเป็นแหล่งพลังงานที่ให้ความร้อนต่อเนื่องและมีอุณหภูมิที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก จึงสามารถนำมาใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์ความร้อนเพื่อคืนกลับพลังงานเหลือทิ้งมาเป็นพลังงานไฟฟ้า อันจะช่วยให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเสริมตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

2.1.7 หลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

สมการที่ใช้คำนวณอัตราการพาความร้อนเป็นไปตามสมการที่ 2.8 ดังนี้

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \tag{2.8}$$

เมื่อ $\dot{Q}_{conv}$ คือ อัตราการพาความร้อน (W)

A_s คือ พื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อน (m^2)

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนถ่ายเท ($W/m^2.°C$)

T_s คือ อุณหภูมิที่พื้นผิว (K)

T_∞ คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (K)

การถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวที่มีครีบ และ ประสิทธิภาพของแผ่นครีบ (η_{fin}) เป็นไปตามสมการที่ 2.9 และสมการที่ 3.0 ตามลำดับ

$$\dot{Q}_{fin,max} = hA_{fin}(T_b - T_\infty) \tag{2.9}$$

$$\eta_{fin} = \frac{\dot{Q}_{fin}}{\dot{Q}_{fin,max}} \tag{3.0}$$

เมื่อ $\dot{Q}_{fin,max}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนในอุดมคติจากครีบ (W)

h คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนถ่ายเท ($W/m^2.°C$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_{fin} คือ พื้นที่ผิวของแผ่นครีบทั้งหมดที่การถ่ายเทความร้อน (m^2)

T_b คือ อุณหภูมิที่ขอบ (K)

$\dot{Q}_{fin}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนจริงจากครีบ (W)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรีพร พ่วงอ่อน และคณะ [1] (2558) ได้ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้เย็นที่ใช้หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก จากการทดลองแบ่งกรณีการติดตั้งอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกไว้ณ ตำแหน่งที่ต่างกันไป ซึ่งได้ข้อสรุปจากการทดลองว่าการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกไว้ที่ด้านข้างของตู้เย็นและติดตั้งครีบระบายความร้อน เป็นวิธีที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนและไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีนัก

วิรัช กองสิน [2] (2557) ศึกษาวิจัยและออกแบบกระติกเก็บวัคซีนด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดยทดลองชาร์จแบตเตอรี่ (Li-ion) ขนาด 7000 mAh/12V จำนวน 2 ก้อนกินเวลาชาร์จประจุจนเต็มประมาณ 3 ชั่วโมงโดยแยกชาร์จแต่ละก้อนซึ่งใช้งานได้ประมาณ 2 ชั่วโมงโดยให้วัคซีนแช่ในกระติก 20 ขวด ขนาด 3 ml แล้วเก็บผลการทดลองทุก 5 นาที ตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้งจากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยผลคือกระติกมีการใช้กระแสไฟฟ้าไปประมาณ 8.5 A ที่แรงเคลื่อน 12 V ซึ่งลดอุณหภูมิได้ตามเป้าหมายคือที่ 2 องศาเซลเซียส

จิรายุสวัฒ ประสม และคณะ [3] (2562) ทำการวิจัยค้นคว้าและเสนอแนวการทดสอบหาคุณลักษณะการใช้งานของแผ่นเพลเทียร์ด้วยวิธีการใช้สมดุลพลังงานการแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยน้ำจากการให้พลังงานไฟฟ้า เป้าหมายคือหาวิธีการตรวจสอบแผ่นเพลเทียร์ที่มีสมบัติใกล้เคียงกันและสามารถนำแผ่นเพลเทียร์ชนิดนี้ไปใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งได้ข้อสรุปว่าจะนำเพลเทียร์ไปใช้ในระบบทำความเย็นต้องคำนึงถึงการเลือกใช้ช่วงกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมซึ่งจากแผ่นเพลเทียร์ที่ได้จากการวิจัยนี้คาดว่าช่วงการใช้งานที่เหมาะสมอยู่ที่ไม่เกิน 2 A ซึ่งประสิทธิภาพอยู่ราวๆมากกว่า 60% ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้งานมากที่สุด ซึ่งถ้าให้กระแสมากกว่านี้จะมีผลต่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมากขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อนไปสู่ด้านเย็นมากขึ้นด้วยและประสิทธิภาพการทำความเย็นจะลดลงไปด้วย

ผศ.สุวิทย์ จักษุจินดา และคณะ [4] (2552) เสนองานวิจัยตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ประดิษฐ์ขึ้นมาโดยใช้ชุดเทอร์โมอิเล็กทริก โดยไม่ใช้พัดลมช่วยภายในตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยให้กล่องเป็นตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อแปรค่าไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับชุดเทอร์โมอิเล็กทริกระหว่าง 2 ถึง 4 A เพื่อผลิตความเย็นในตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริกแล้ววัดอุณหภูมิ 10 จุด เพื่อทำการตรวจสอบระบบทำความเย็น จากนั้นนำค่ากระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง และเวลามาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความเย็น หลังการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้เย็นลดลงในอัตรา 1.1°Cs^{-1} มีอุณหภูมิต่ำสุดคือ 1.1°C และผลต่างอุณหภูมิสูงสุดที่ 28.7°C ภายในช่วงเวลาสองชั่วโมง และมีประสิทธิภาพอยู่ที่ 37% เท่านั้น

อชนิษฐ เครืออนันต์ [5] (2563) ทดลองสภาวะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสำหรับใช้เป็นระบบทำความเย็นในการรักษาอุณหภูมิของวัคซีนยา ซึ่งหลังจากติดตามผลการวิจัยพบว่าในกล่องระบายความร้อนที่มีปริมาตร 6,000 cm^3 น้ำธรรมดาจะใช้ลดอุณหภูมิได้ต่ำสุดเต็มที่คือ 14.8°C แต่น้ำหล่อเย็นจะใช้ลดอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 12.3°C ที่ปริมาตรกล่องเดียวกัน และเวลาคงที่ที่อุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลงคือ 30 นาที นั่นคือน้ำหล่อเย็นจะลดอุณหภูมิได้ผลดีกว่าทำให้กล่องที่เก็บรักษาอุณหภูมิวัคซีนที่ได้เป็นระบบทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพดีที่สามารถเอาไปใช้ได้จริง

Zdenek Slanina, Martin Uhlik และ Vaclav Sladecek [6] (2561) ได้ร่วมกันศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่องการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นจากการใช้แผ่นเพลเทียร์ติดตั้งในวงจรระบบทำความเย็นสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และวงการเคมี ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะทำความเย็นก็คือชนิดของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งก่อให้เกิดการลดปริมาณกำลังไฟฟ้าในสมการวัดค่าสมรรถนะลงได้ จึงมีการออกแบบอุปกรณ์ในวงจรแต่ละส่วนที่รองรับการทำงานของแผ่นเพลเทียร์และทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้ารวมที่ได้ในแต่ละกรณีก็พบว่าค่าสมรรถนะการทำความเย็นที่วัดได้ในแต่ละกรณียังมีนัยสำคัญน้อยกว่าหากเทียบกับระบบทำความเย็นอื่นอย่างเช่นคอมเพรสเซอร์ จึงได้ข้อสรุปว่าการใช้เพลเทียร์ในระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ไม่สมควรอย่างยิ่งเพราะต้องใช้ต้นทุนสูงมากพร้อมกับประสิทธิภาพที่ไม่บรรลุวัตถุประสงค์

Xiangqi Meng et al. [7] (2566) ดำเนินการวิจัยด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นโดยใช้วิธีออกแบบลักษณะรูปทรงของคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่เทียบกับตัวเดิมที่ใช้อยู่ก่อนหน้า พบว่าได้ค่าสมรรถนะทำความเย็นเพิ่มขึ้นพอประมาณแต่ต้องใช้ต้นทุนในการดำเนินงานค่อนข้างสูงเนื่องจากเป็นวิธีที่จำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแยกส่วนของคอมเพรสเซอร์ตัวหนึ่งซึ่งใช้เวลานาน

Zuhair R. Abdulghani [8] (2565) ทำการวิจัยในส่วนของกลไกของระบบทำความเย็นที่ใช้แผ่นเพลเทียร์ซึ่งพบว่ามีตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อการทำงานเชิงอุณหพลศาสตร์ของระบบดังกล่าวได้แก่ กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ป้อนสู่ระบบ และจำนวนโมดูลของเพลเทียร์ จึงใช้วิธีแบบทากุชิสำหรับการหาค่าเหมาะสุดของตัวแปรเหล่านั้นเพื่อใช้ประเมินค่าเชิงตัวเลขที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ซึ่งได้ข้อสรุปว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสมรรถนะทำความเย็นคือการควบคุมกำลังไฟฟ้าขาเข้าและกำหนดจำนวนโมดูลเพื่อเลือกค่าสมรรถนะที่เหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Asmaa Taha Hussein et al. [9] (2565) ได้ร่วมการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยการใช้สารพีโออีร่วมกับสารนาโนคอปเปอร์ออกไซด์และสารฟลูอิไซด์เบดในการเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นของระบบคอเพรสเซอร์ซึ่งในท้ายที่สุดได้ข้อสรุปว่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ระบบรับเข้ามาจะลดลงตามสัดส่วนปริมาตรของสารนาโนคอปเปอร์ที่เพิ่มขึ้น แต่ทว่าข้อจำกัดประการหนึ่งที่ปรากฏนั่นก็คือการหาค่าเหมาะสุดของสมรรถนะทำความเย็นประเภทนี้จะต้องควบคุมสัดส่วนเปอร์เซ็นของนานโนคอปเปอร์ออกไซด์และฟลูอิดไซด์เบดให้สอดคล้องกับกำลังไฟฟ้าขาเข้าตามความต้องการสมรรถนะมิฉะนั้นจะส่งผลต่อการเสียเปล่าของต้นทุนที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพ

James Tirtowijoyo Young. [10] (2559) ได้กันศึกษาโครงสร้างและการทำงานของคอมเพรสเซอร์อย่างละเอียดลึกซึ้งจึงนำมาซึ่งการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพของคอมเพรสเซอร์เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ค่าเหมาะสุดของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำความเย็นประกอบด้วย อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล รวมถึงการรั่วไหลตามจุดต่างๆ โดยนำข้อมูลเข้าสู่การคำนวณในโปรแกรมแมทแลปแล้วประเมินค่าสมรรถนะทำความเย็นที่ได้จากการประมาณค่าเหมาะสุดของตัวแปรต่างๆเป็นรายกรณีไป ข้อสรุปที่ได้จากการวิจัยดังกล่าวคือการจะออกแบบเครื่องอัดอากาศแต่ละครั้งต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่างที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานในแต่ละกรณี นอกจากนี้จำเป็นต้องทราบโครงสร้างของวงจรทำความเย็นเพื่อสามารถคำนวณและออกแบบเครื่องอัดอากาศที่มีค่าสมรรถนะตรงความต้องการของระบบ

N. Cerkovnik et al. [11] (2565) สร้างแบบจำลองของเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบและประมาณค่าเหมาะสุดของตัวแปรที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพกลไกของวัฏจักรทำความเย็นโดยวิเคราะห์จากหลักการและความสัมพันธ์ต่างๆระหว่างตัวแปรทางอุณหพลศาสตร์พร้อมกับการวิเคราะห์มิติและขนาดของวัสดุที่ใช้ผลิตคอมเพรสเซอร์เพื่อให้เกิดค่าประสิทธิภาพดีที่สุด หลังจากที่ทางคณะผู้ร่วมการวิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทำให้ได้มาซึ่งข้อสรุปว่าประสิทธิภาพรวมของคอมเพรสเซอร์จะสูงขึ้นได้หากมีการเลือกค่าอัตราการไหลภายในท่อหล่อเย็นให้สมดุลกับจำนวนท่อเพื่อรับมือกับความสูญเสียจากความหนืดในท่อซึ่งเป็นปัจจัยที่ลดทอนความสามารถในการทำงานของคอมเพรสเซอร์อย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

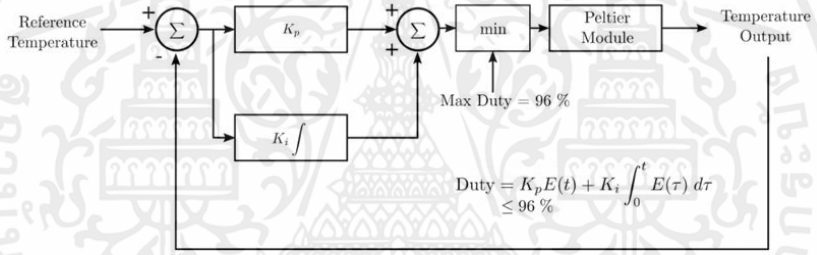
บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อผลิตความเย็นในการจัดเก็บรักษาอุณหภูมิของสิ่งของให้มีอุณหภูมิตามที่เราต้องการรวมไปถึงการหาแมทโมเดลในการออกแบบตู้เย็นในการเก็บรักษาอุณหภูมิในการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยศึกษาพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่การระบายความเย็นที่ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกการระบายความร้อนที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้อากาศแวดล้อม ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 วงจรการทำงานและรายละเอียดของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

3.1.1 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยคอนโทรลเลอร์



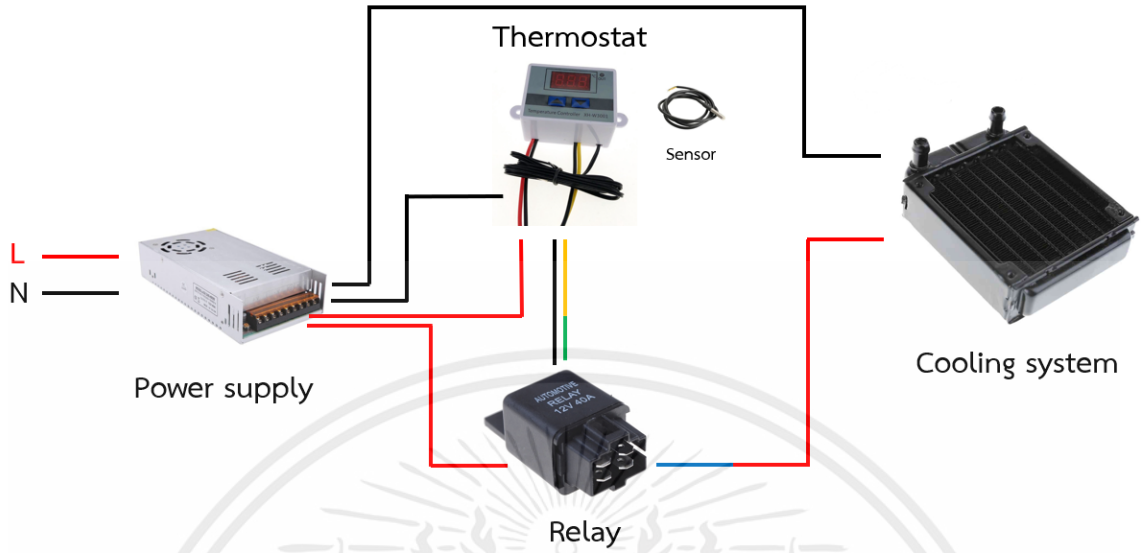
รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยคอนโทรลเลอร์

(ที่มา : นายคณณัฏฐ์ อินต๊ะนิล, นายคณพศ ไชยมณีกร, นายคุณากร โอวาท, นายจตุรภัทร สว่างศรี)

จากภาพประกอบ 3.1 แสดงวงจรการทำงานของชุดควบคุมโดยแสดงองค์ประกอบส่วนต่างๆภายในระบบชุดควบคุมทั้งหมด โดยมีส่วนประกอบหลักๆ 2 ส่วนคือ ส่วนของอินพุต ซึ่งส่วนของอินพุตมีสวิตช์ ตัววัดอุณหภูมิ และตัวแปลง ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของเอาต์พุตที่แสดงผลค่าอุณหภูมิ โดยคอนโทรลลูปนี้กำหนดค่าหน้าที่สูงสุด (Max duty) ลิมิตไว้ไม่เกิน 96% ซึ่งสัดส่วนการทำหน้าที่ (Duty cycle) คืออัตราส่วนระหว่างเวลาที่มีแรงดันออกกับเวลาที่ไม่มีแรงดัน ที่นำมาใช้ควบคุม ถ้าหากว่าอัตราส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงจะทำให้แรงดันเฉลี่ยที่นำมาจ่ายทอรีโมอิเล็กทริกจะเปลี่ยนแปลงตาม โดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่แสดงออกมา มาโคลสลูปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ้างอิง เพื่อให้สามารถควบคุมได้ตามอุณหภูมิที่อ้างอิงหรือเมื่อระบบเกิดการรบกวนทำให้สามารถกลับสู่สภาวะคงที่ตามอุณหภูมิอ้างอิงซึ่งค่าที่ผิดพลาดจะต้องเป็นศูนย์ โดยสามารถควบคุมให้ได้ตามคุณลักษณะตามที่ต้องการได้โดยมี Rise time, Settling time และ Percent overshoot ที่สามารถควบคุมได้โดยการแปรค่าตัวแปร K_p และ K_i ที่ใช้ PI controller มาปรับค่า K_p และ K_i ของ PI Controller ให้ได้ผลตอบสนองตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตท



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตท

จากภาพประกอบ 3.2 แสดงวงจรการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตทโดยแสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆภายในตู้แช่เย็นทั้งหมด โดยมีแหล่งจ่ายไฟคือพาวเวอร์ซัพพลายทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับ 220V ออกมาเป็น 12V DC 40A จากนั้นจะจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่างๆคือ รีเลย์ ที่คอยทำหน้าที่ตัดต่อวงจรควบคุมอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังมีเทอร์โมสแตททที่ทำหน้าที่ตั้งค่าอุณหภูมิ รวมไปถึงระบบระบายความร้อนด้วยน้ำที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

ในการควบคุมอุณหภูมิจะตั้งค่าอุณหภูมิด้วยเทอร์โมสแตท เมื่อระบบทำงานอุณหภูมิจะแสดงขึ้นที่หน้าจอ LED ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องไม่อยู่ในช่วงที่อยู่ในการตั้งค่าคือเมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าอุณหภูมิที่กำหนดรีเลย์จะคอยสั่งการให้ระบบทำงานรวมไปถึงระบบการระบายความร้อนด้วย แต่ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิที่กำหนดรีเลย์จะตัดวงจรทำให้ระบบไม่ทำงานแต่ระบบระบายความร้อนจะยังคงทำงานอยู่เพื่อระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่อไปจนอุณหภูมิกลับมาอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดระบบก็จะเริ่มกลับมาทำงานใหม่อีกครั้ง

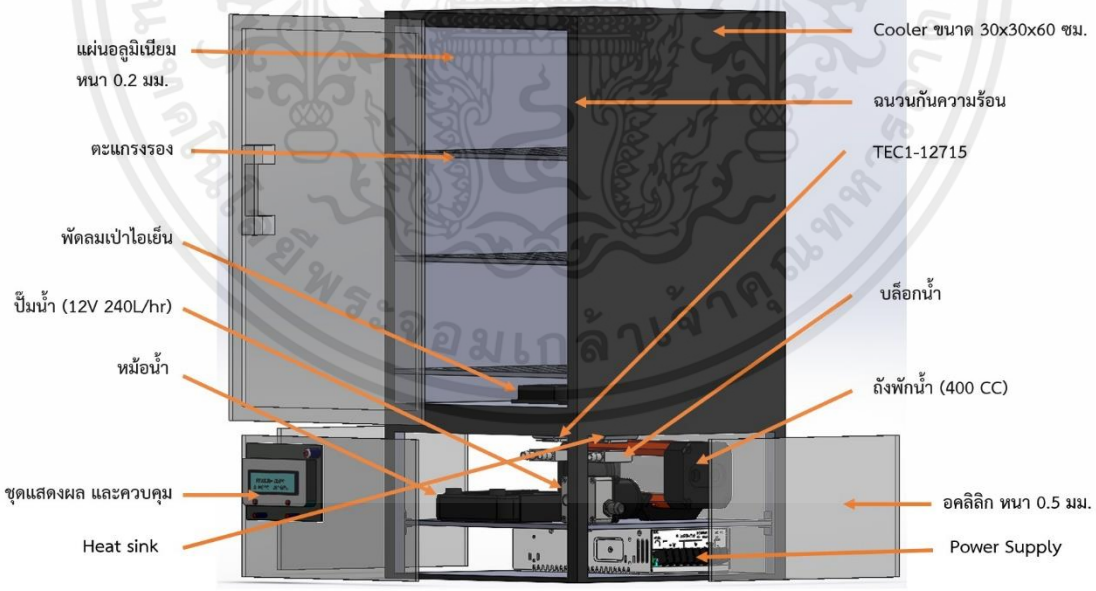
3.1.3 โครงสร้างและหลักการทำงาน

โครงสร้างและส่วนประกอบของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยวิธีการทำความเย็น ดังภาพประกอบ 3.3 ประกอบด้วยการระบายความร้อนที่ด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 โมดูล ที่ด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริกมีการถ่ายเทความร้อนด้วยพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า 220V กำลังไฟฟ้าสูงสุด 6W ผ่านครีบอะลูมิเนียมที่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

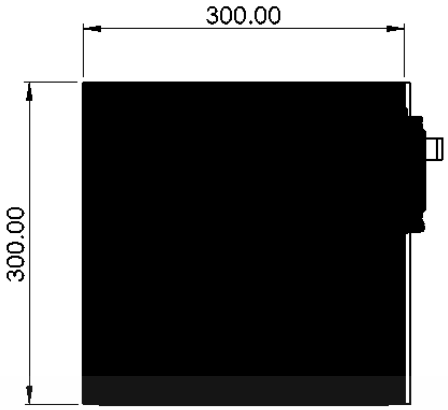
15.5 cm x 26.0 cm x 3.5 cm (กว้าง x ยาว x สูง) โดยครีบมีความหนา 0.2 cm ระยะห่างระหว่างครีบ 0.3 cm มีจำนวน 20 ครีบ มีตู้เก็บความเย็นขนาด 27 cm x 27 cm x 35 cm (กว้าง x ยาว x สูง) ที่คอยเก็บรักษาอุณหภูมิจากการทำเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก และมีชุดควบคุมคือ ชุดคอนโทรลเลอร์ที่สามารถปรับอุณหภูมิโดยรับกระแสมาจากพาวเวอร์ซัพพลายที่คอยแปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับมาเป็นกระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์อื่นๆ

หลักการทำงานของระบบ ดังภาพประกอบ 3.1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนของภาคจ่ายไฟ ส่วนของชุดคอนโทรล และส่วนของการทำความเย็น ซึ่งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถทำความเย็นได้นั้นจะถูกสั่งการและควบคุมโดยคอนโทรลเลอร์ที่สามารถปรับตั้งค่าการทำความเย็นของแผ่นเพลเทียร์ที่อุณหภูมินั้นๆได้ โดยชุดคอนโทรลนั้นรับพลังงานมาจากแหล่งจ่ายไฟคือพาวเวอร์ซัพพลาย เมื่อสภาวะเริ่มต้นพัดลมจะดูดอากาศแวดล้อมจากภายนอกเข้ามารับการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งความร้อน ทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นแล้วไหลผ่านครีบอะลูมิเนียมจึงไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม เมื่ออากาศร้อนไหลผ่านครีบอะลูมิเนียมเกิดการถ่ายเทความร้อนส่งผลให้ด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก (T_h) มีอุณหภูมิสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนไปยังด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (T_C) ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นในส่วนด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อความร้อนในแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิสูงมากถึงค่าหนึ่งพัดลมจะดูดอากาศแรงขึ้น ทำให้อากาศแวดล้อมสามารถมารับความร้อนบริเวณครีบมากขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิลดลง

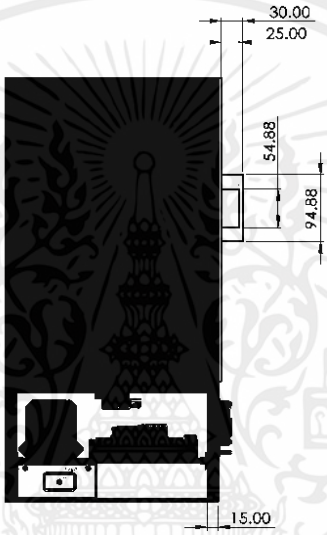


รูปที่ 3.3 โครงสร้างส่วนประกอบของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

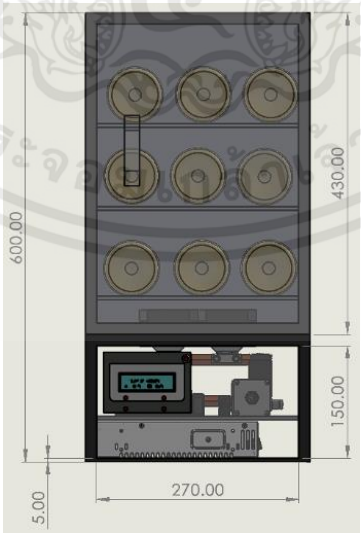
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพฉายด้านบนของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก



รูปที่ 3.5 ภาพฉายด้านข้างของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก



รูปที่ 3.6 ภาพฉายด้านหน้าของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบของชุดทำความเย็นและระบายความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

3.2.1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เบอร์ TEC1-12715 ผลิตจาก (Bi_2Te_3) ขนาด 40 mm x 40 mm x 3.3 mm จำนวน 2 โมดูล โดยเชื่อมต่อแบบอนุกรมทางไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตความเย็น

รูปที่ 3.7 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

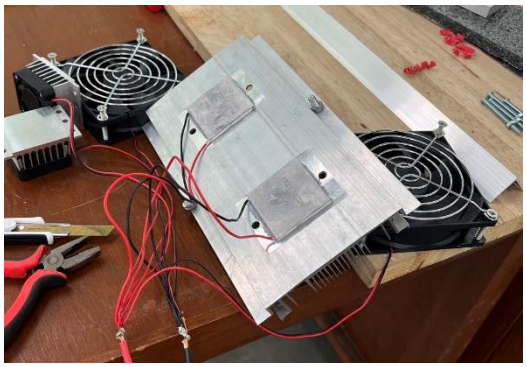
Specifications	Symbol	Value
Seebeck coeffificient	**α**	0.023 V/K
Electrical resistance	R	0.82 **Ω**
Device thermal conductance	K	1.15 W/K
Number of elements	-	127
ขนาดของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	-	40×40×3.3 mm^3
ความต้านทานภายในแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	-	0.8 – 0.9 **Ω**
แรงดันไฟฟ้าสูงสุด	V	12V DC
กระแสไฟฟ้าสูงสุด	I	15 A
ความแตกต่างอุณหภูมิด้านร้อน-เย็นสูงสุด	-	62˚C
Cooling rate	-	142 W

ตาราง 3.1 รายละเอียดและคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก (TEC1-12715)

3.2.2 ครีบอะลูมิเนียม (Heat sink)

ในการทดลองนี้ใช้ครีบแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากอะลูมิเนียมขนาด 15.5 cm × 26.0 cm × 3.5 cm (กว้าง x ยาว x สูง) โดยครีบมีความหนา 0.2 cm ระยะห่างระหว่างครีบ 1.0 cm มีจำนวน 20 ครีบ ทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกในด้านเย็น

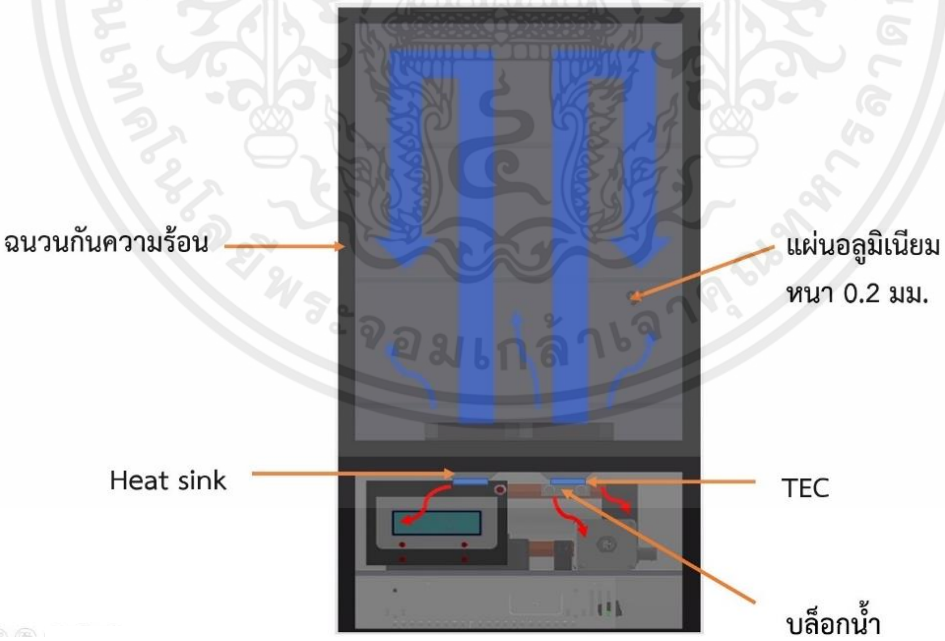
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ครีบอะลูมิเนียม

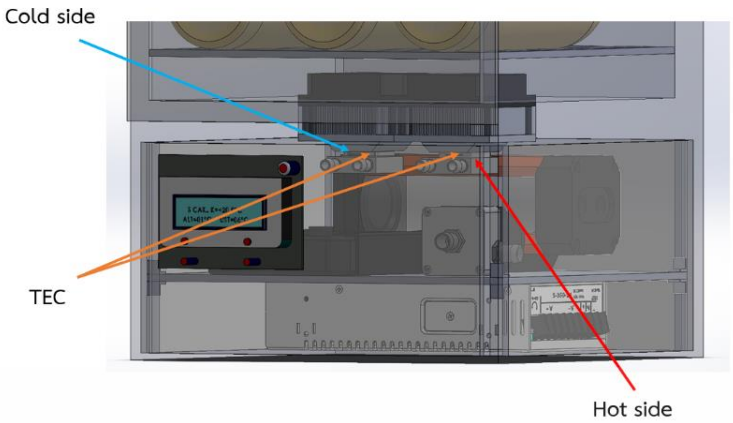
3.2.3 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

จากภาพประกอบ 3.9 จะเห็นว่าชุดทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก มีการใช้แหล่งความร้อนเดียวกัน (ด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก) จึงใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 โมดูล ซึ่งติดตั้งที่ตำแหน่งกึ่งกลางแผ่นอะลูมิเนียม โดยมีระยะห่างของโมดูลที่ 80 mm ในการติดตั้งใช้ซิลิโคนทาบริเวณผิวหน้าของเทอร์โมอิเล็กทริก และติดฉนวนป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก แล้วทำการประกอบเข้ากับครีบระบายความร้อน



(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

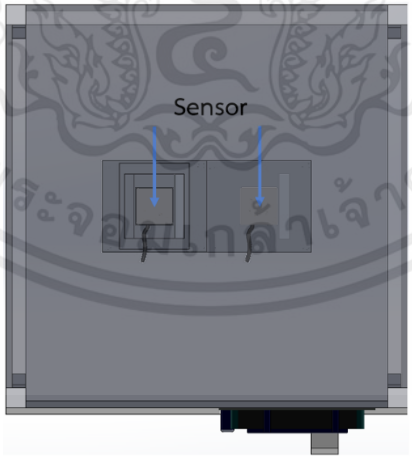


(b)

รูปที่ 3.9 การติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริกเข้ากับชุดอุปกรณ์
(a) ทิศทางการไหลอุณหภูมิ (b) ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมอิเล็กทริก

3.3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิมีตำแหน่งที่วัดดังรูปที่ 3.10 โดยในส่วนของการวัดอุณหภูมิจะมีการวัดอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็น ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เทอร์โมคัปเปิล ชนิด T โดยต่อเข้ากับแผงชุดควบคุมเพื่ออ่านค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบตู้เย็น

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1. พาวเวอร์ซัพพลาย (Power supply)

ในการทดลองนี้ใช้พาวเวอร์ซัพพลายขนาด 40A 12V 480W สำหรับจ่ายไฟให้กับชุดคอนโทรลต่างๆโดยรับไฟฟ้ากระแสสลับแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์อื่นๆ

รูปที่ 3.11 พาวเวอร์ซัพพลาย

2. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ในการทดลองนี้จะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด T ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1 mm ใช้สำหรับการวัดอุณหภูมิแต่ละจุด โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากโลหะตัวนำที่ต่างกัน 2 ชนิด โดยเทอร์โมคัปเปิลจะมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับช่วงการวัดอุณหภูมิในแต่ละการใช้งาน

รูปที่ 3.12 เทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน้าจอแสดงผลดิจิตอล (Liquid Crystal Display)

ในการทดลองนี้ใช้สำหรับแสดงค่าอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและโหลด โดยอาศัยหลักการคือเมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึกด้านหลังจอ หรือที่เรียกว่า แบ็คไลท์ ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ แบ็คไลท์ แสดงขึ้นมาหน้าจอ

รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงผลดิจิตอล

4. เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล

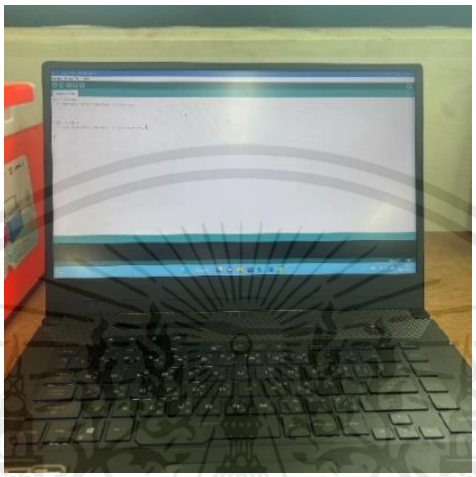
เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล (Digital multi meter) ใช้สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 3.14 เครื่องวัดทางไฟฟ้าแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คอมพิวเตอร์ (Computer)

ในการทดลองจะใช้คอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณจากชุดควบคุมของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกที่เก็บข้อมูลอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งใช้โปรแกรม Arduino ในการอ่านค่าข้อมูล



รูปที่ 3.15 คอมพิวเตอร์

6. พาวเวอร์ซัพพลาย (DC Power supply)

ในการทดลองนี้ใช้พาวเวอร์ซัพพลายยี่ห้อ GW รุ่น GPC-3030D โดยรับไฟฟ้ากระแสสลับแปลงมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับจ่ายไฟให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

รูปที่ 3.16 DC Power supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. บล็อกน้ำ (Water cooling block)

บล็อกน้ำขนาด 40 x 40 มม. และเบ้าเสียบขนาด 9.3 มม. เป็นบล็อกที่ช่องทางเข้าเป็นตัวส่งน้ำเย็นมารับความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและช่องทางออกส่งน้ำร้อนไประบายความร้อนที่หม้อน้ำ

รูปที่ 3.17 บล็อกน้ำ (Water cooling block)

8. สายหม้อน้ำรถยนต์

สายหม้อน้ำรถยนต์ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 16 มม. และเส้นผ่านศูนย์กลางในขนาด 8 มม. ใช้เพื่อส่งน้ำไปยังอุปกรณ์ต่างๆในระบบระบายความร้อน

รูปที่ 3.18 สายหม้อน้ำรถยนต์เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 8 มม.

9. ปั๊มน้ำ (Pump)

ในการทดลองนี้ใช้ปั๊มน้ำ 12V 240L/hr 3.6 W โดยปั๊มน้ำทำหน้าที่ในการดูดและส่งกำลังของของไหลให้สามารถไหลเวียนได้ในระบบการระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 ปั๊มน้ำ (Pump)

10. ถังพักน้ำ

ถังพักน้ำขนาดความจุ 400 cc ถังพักน้ำจะเชื่อมต่อระหว่างหม้อน้ำกับปั๊มน้ำ เพื่อนำน้ำที่ได้รับการระบายความร้อนจากหม้อน้ำมาพักและปั๊มน้ำจะดูดน้ำเพื่อส่งน้ำไปใช้ในการระบายความร้อน

รูปที่ 3.20 ถังพักน้ำ

11. หม้อน้ำ (Radiator)

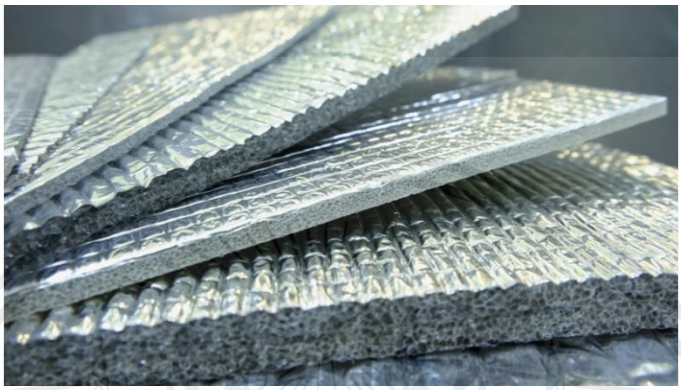
ในการทดลองนี้ใช้หม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนน้ำหล่อเย็น โดยเปลี่ยนน้ำร้อนที่รับมาจากโหลดให้เป็นน้ำเย็น เพื่อที่จะนำน้ำหล่อเย็นไปใช้ในการระบายความร้อนใหม่

รูปที่ 3.21 หม้อน้ำ (Radiator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ฉนวนโพลีเอธิลีน (Polyethylene foam)

โพลีเอธิลีนใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ด้วยคุณสมบัติค่าการส่งผ่านความร้อน (K-VALUE) ที่ต่ำเพียง 0.029 W./m.K. จึงช่วยกันความร้อนจากภายนอกเข้ามา และช่วยลดการสูญเสียพลังงานของเครื่องปรับอากาศ ด้วยคุณสมบัติกึ่งเซลล์ปิด จึงสามารถทนทานต่อความชื้นและการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3.22 ฉนวนโพลีเอธิลีน (Polyethylene foam)

13. พัดลม

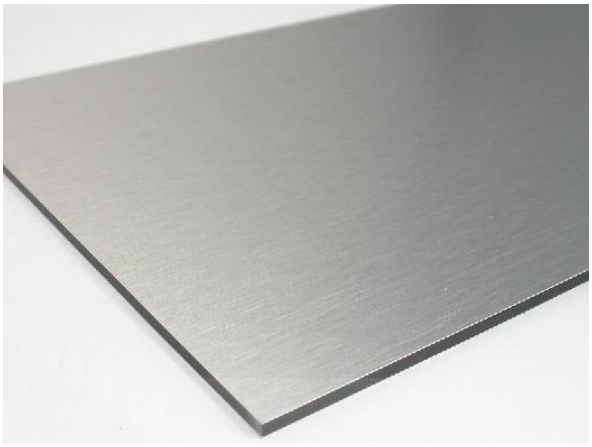
พัดลมแรงดัน DC 12V 1.60A ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ขนาด 120 x 25 มม. ใช้ในการระบายความร้อนชุดอิเล็กทรอนิกส์ หม้อน้ำ และระบายความร้อนออกจากระบบระบายความร้อน

รูปที่ 3.23 พัดลม

14. แผ่นอลูมิเนียม

แผ่นอลูมิเนียมหนา 0.2 มม. ใช้ทำเป็นกล่องเก็บรักษาความเย็นด้านใน ขนาด 27 x 27 x 40 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 แผ่นอลูมิเนียม

15. เทอร์โมสแตท (Thermostat)

เทอร์โมสแตทใช้ตั้งค่าอุณหภูมิเพื่อให้ระบบทำงานตามช่วงอุณหภูมิที่กำหนด

รูปที่ 3.25 เทอร์โมสแตท (Thermostat)

16. รีเลย์ (Relay)

ทำหน้าเปรียบเสมือนสวิตช์สำหรับตัดต่อในวงจรควบคุมอัตโนมัติ รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นสนามแม่เหล็กไปใช้สำหรับดูดหน้าสัมผัส (contact) ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า

รูปที่ 3.26 รีเลย์ (Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การคำนวณสำหรับการทดลอง

3.5.1 กำลังไฟฟ้าที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้

$$P_{match} = I_{match}\, V_{match} \tag{3.1}$$

เมื่อ P_{match} คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดจากการต่อโหลดที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ (W)

I_{match} คือ กระแสไฟฟ้าจากการต่อโหลดที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ (A)

V_{match} คือ แรงดันไฟฟ้าจากการต่อโหลดที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ (V)

3.5.2 การคำนวณประสิทธิภาพการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

1) ประสิทธิภาพเชิงทฤษฎีของเทอร์โมอิเล็กทริก (Theoretical Efficiency) ประสิทธิภาพในการทำความเย็นจากอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{TE} = \eta_c \frac{M-1}{M+(\frac{T_c}{T_h})} \tag{3.2}$$

เมื่อ η_{TE} คือ ประสิทธิภาพเชิงทฤษฎีของเทอร์โมอิเล็กทริก

η_c คือ ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์

T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

โดย M หาได้จาก

$$M = \sqrt{1 + ZT_m} \tag{3.3}$$

เมื่อ Z คือ ค่าคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก ($1.6 \times 10^{-3}\ K^{-1}$)

T_m คือ อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

$$T_m = \frac{T_h + T_c}{2} \tag{3.4}$$

จากสมการ 3.2 ประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์ สามารถหาได้จากสมการที่ 3.5 ซึ่งประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์เป็นประสิทธิภาพเชิงความร้อนของกลจักรความร้อนใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่าจะเป็นแบบย้อนกลับได้หรือย้อนกลับไม่ได้ก็ตาม โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของแหล่งความร้อน

$$\eta_c = \frac{T_h - T_c}{T_h} \tag{3.5}$$

2) ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริก (Conversion efficiency) ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าสูงสุดจากการต่อโหลดที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ และการถ่ายเทความร้อนของอากาศร้อนที่ไหลผ่านครีบด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก ดังสมการที่ 3.6

$$\eta_{con} = \frac{P_{match}}{Q_h} \tag{3.6}$$

เมื่อ η_{con} คือ ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

P_{match} คือ กำลังไฟฟ้าสูงสุดจากการต่อโหลดที่เทอร์โมอิเล็กทริกผลิตได้ (W)

Q_h คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของอากาศร้อนไปยังเทอร์โมอิเล็กทริก (W)

เนื่องจากการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกมีการรับความร้อนจากแหล่งความร้อนคือแผงฉนวนกั้นการระบายความร้อน ดังนั้นในการพิจารณาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจึงคิดหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ ดังสมการ (3.7)

$$Q_h = \dot{m}_{ha} C_{p,ha} (T_{ha,i} - T_{ha,o}) \tag{3.7}$$

เมื่อ $\dot{m}_{ha}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลอากาศร้อน (kg/s)

$C_{p,ha}$ คือ ความร้อนจำเพาะอากาศร้อน (J/kg K)

$T_{ha,o}$ คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

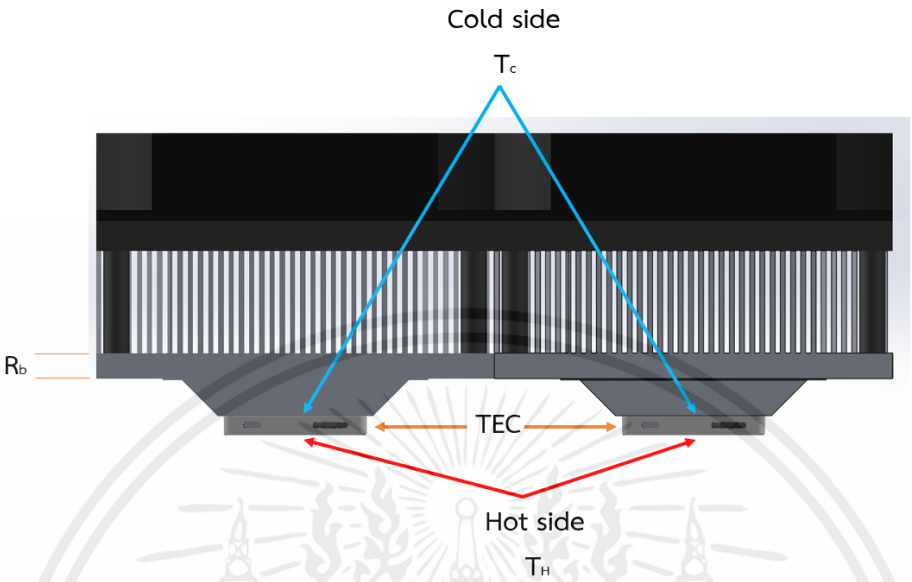
$T_{ha,i}$ คือ อุณหภูมิร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

3.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตู้เย็นรักษาอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้หลักการวิเคราะห์ความต้านทานความร้อน (Thermal resistance) ซึ่งสมมุติว่าการไหลของความร้อนหนึ่งมิติจากด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลผ่านครีบระบายความร้อนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองการต้านทานความร้อน ประกอบด้วย ความต้านทานจากการนำความร้อนที่ฐาน (R_b) และความต้านทานจากการพาความร้อนที่ผิวครีบ (R_c)



รูปที่ 3.27 ความต้านทานความร้อนของระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

พิจารณาด้านร้อนของการทำความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริก

อัตราการถ่ายเทความร้อนจากชุดแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_h = \frac{T_{ha,o} - T_h}{R_t} \tag{3.8}$$

เมื่อ $Th_{a,o}$ คือ อุณหภูมิอากาศร้อนขาออก (K)

T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

R_t คือ ความต้านทานความร้อนรวม (K/W)

$$R_t = R_c + R_b \tag{3.9}$$

โดยที่ R_b คือ ความต้านทานจากการนำความร้อนที่ฐาน

$$R_b = \frac{t_b}{k_{al} A_b} \tag{3.10}$$

เมื่อ A_b คือ พื้นที่ฐาน (m^2)

k_{al} คือ ค่าสภาพนำความร้อนอะลูมิเนียม (Thermal conductivity, W/m·k)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t_b คือ ความหนาของฐาน (m)

คำนวณสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection heat transfer coefficient) ในการไหลกระทบครีบระบายความร้อนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$h = \frac{Nu \cdot K_a}{D_h} \tag{3.11}$$

เมื่อ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)

K_a คือ ค่าสภาพนำความร้อนอากาศ ($W/m \cdot K$)

Nu คือ ค่านัสเซิลนัมเบอร์ (Nusselt number)

D_h คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (m)

เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก (Hydraulic diameter) โดยพิจารณาจากช่องว่างระหว่างครีบ

$$D_h = \frac{4A_c}{P_m} \tag{3.12}$$

เมื่อ Ac คือ พื้นที่หน้าตัดของของไหลผ่านครีบ (m^2)

P_m คือ เส้นรอบรูปหน้าตัดของของไหลผ่านครีบ (m)

เรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) เป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลของของไหลหาได้จากสมการ 3.13

$$Re = \frac{V_m D_h}{\nu} \tag{3.13}$$

Re < 2300 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow)

2300 ≤ Re ≤ 10,000 การไหลแบบทรานซิชั่น (Transitional flow)

Re > 10,000 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

เมื่อ Vm คือ ความเร็วของของไหลผ่านครีบ (m/s)

ν คือ ความหนืดจลน์ของของไหล (m^2/s)

เมื่อทราบค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์อยู่ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน สามารถคำนวณค่าแฟกเตอร์ความเสียดทาน (Friction factor) ได้จากสมการ 3.14 และค่านัสเซิลนัมเบอร์ (Nusselt number) จากสมการ3.15

$$f = (0.790 \ln Re - 1.64)^{-2} \tag{3.14}$$

ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ $10^4 \leq Re \leq 10^6$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ f คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน

คำนวณหาค่านัสเซิลนัมเบอร์ จากสมการ

$$N_u = \frac{(f/8)(Re-1000)Pr}{1+12.7\left(\frac{f}{8}\right)^{0.5}(Pr^{\frac{2}{3}}-1)} \quad (3.15)$$

ค่าพรันด์เทิลนัมเบอร์ 0.5 ≤ Pr ≤ 2,000

ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ $3x10^3 < Re < 5x10^6$

คำนวณความต้านทานจากการพาความร้อนที่ผิวครีบได้รับ

$$R_c = \frac{1}{h[(n_f 2Lh\eta_f)+(n_f-1)sL]} \quad (3.16)$$

โดยที่ η_f คือประสิทธิภาพของครีบที่ได้จาก

$$\eta_f = \frac{\tanh\left[H\sqrt{\frac{2h}{k_{al}t_f}}\right]}{H\sqrt{\frac{2h}{k_{al}t_f}}} \quad (3.17)$$

เมื่อ H คือ ความสูงของครีบ (m)

S คือ ระยะห่างของครีบ (m)

L คือ ความยาวของครีบ (m)

t_f คือ ความหนาของครีบ (m)

พิจารณาด้านเย็นของระบบทำความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริก

อัตราการถ่ายเทความร้อนจากชุดแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q_c = \frac{t_c - t_{ca,o}}{R_t} \quad (3.18)$$

เมื่อ $t_{ca,o}$ คือ ความสูงของครีบ (m)

t_c คือ ระยะห่างของครีบ (m)

R_t คือ ความยาวของครีบ (m)

การถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ไหลผ่านครีบด้านเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก คำนวณจาก

$$Q_c = \dot{m}_{ha} C_{P,ca}(T_{ca,o} - T_{ca,i}) \quad (3.19)$$

เมื่อ $\dot{m}_{ca}$ คือ อัตราการไหลเชิงมวลอากาศเย็น (kg/s)

$C_{P,ca}$ คือ ความร้อนจำเพาะอากาศเย็น (J/kg K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

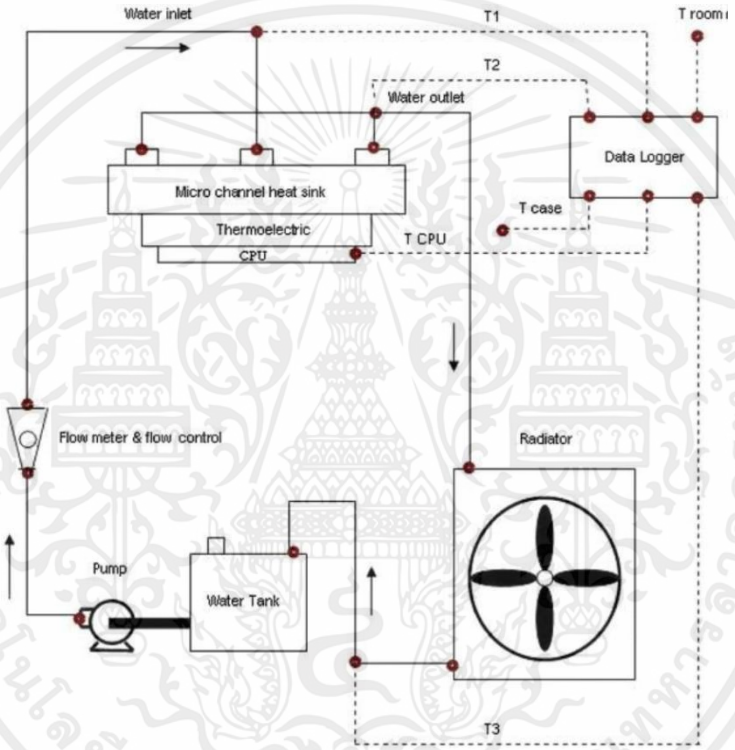
$T_{ca,o}$ คือ อุณหภูมิอากาศเย็นขาออก (K)

$T_{ca,I}$ คือ อุณหภูมิอากาศเย็นขาเข้า (K)

คำนวณหาอุณหภูมิด้านร้อนเทอร์โมอิเล็กทริก ดังสมการ

$$T_c = T_{ca,o} + Q_c R_t \tag{3.20}$$

3.7 แผนภาพการทำงานของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ



รูปที่ 3.28 แผนภาพการทำงานระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

การทำงานของระบบระบายความร้อนด้วยน้ำตู้แช่ไวน์ด้วยแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเริ่มจากปั๊มแรงดันน้ำ 300 ซม อัตราการไหล 240 L/hr ไหลผ่าน Flow meter เพื่อดูทิศทางการไหลของน้ำเข้าไปยังบล็อกน้ำเพื่อรับความร้อนจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไประบายความร้อนที่หม้อน้ำที่มีพัดลมช่วยระบายความร้อน เมื่อน้ำไหลผ่านหม้อน้ำจะเปลี่ยนจากอุณหภูมิสูงลงมาอุณหภูมิที่ต่ำลง จากนั้นน้ำที่มีอุณหภูมิที่ต่ำจะเข้าไปเก็บไว้ที่ถังพักน้ำและไหลวนเป็นระบบต่อไป โดยมีตัวเก็บข้อมูล (Data logger) ที่คอยเก็บข้อมูลของอุณหภูมิโดยติดตั้งเซ็นเซอร์ไว้ที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและติดตั้งภายในห้องเพื่อวัดอุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ขั้นตอนการทดลอง

3.8.1 เตรียมและเซ็ตอุปกรณ์ในการทดลอง

3.8.2 เปิดตู้เย็นแผ่นเพลเทียร์เพื่อให้ระบบคอนโทรลได้รีเซ็ตก่อนเริ่มการทดลอง

3.8.3 เปิดพาวเวอร์ซัพพลายปรับแรงดันให้ไม่เกิน 15V และต่อสายไฟเชื่อมกับอุปกรณ์เพื่อใช้ในการจ่ายไฟให้กับแผ่นเพลเทียร์คงที่

3.8.4 เชื่อมต่อคอนโทรลเลอร์ที่มีชุดเก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ และเปิดโปรแกรม Arduino เพื่อเก็บผลการทดลอง

3.8.5 ดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แสดงผลในโปรแกรม

3.8.6 ทำการบันทึกผลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนอุณหภูมิมีค่าคงที่ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้มาเฉลี่ย

3.8.7 ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองในช่วงเวลาต่างเพื่อนำมาคำนวณผลต่างอุณหภูมิเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสุดในการหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นที่สอดคล้องกับสมมติฐานแล้วทำการสร้างตู้เย็นเพลเทียร์สำหรับบรรจุไวน์ตามขนาดทีกำหนดไว้ จากนั้นทำการเปรียบประสิทธิภาพการทำงานของตู้แช่เพลเทียร์เทียบกับระบบทำความเย็นแบบเครื่องอัดไอในขนาดที่ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การคำนวณพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นจากการออกแบบ

คำนวณค่าประมาณCooling capacity และค่าตัวแปรอื่นๆของตู้เย็นเพลเทียร์เพื่อหาว่าต้องใช้แผ่นเพลเทียร์ขนาดเท่าใดจากสูตร

$$Q = \dot{m}c\Delta T$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นของอากาศภายในห้อง (W)

$\dot{m}$ คือ มวลของอากาศที่ต้องการทำความเย็น (Kg/s)

c คือ ความจำเป็นทางกายภาพของอากาศ (หน่วยเป็น kJ/kg.K)

ΔT คือ ผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศในห้องกับอุณหภูมิภายนอกห้อง (°C) หรือ (K)

ในกรณีนี้หากเราต้องการที่จะเย็นห้องลงไปถึง 10 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิที่มีภายนอกห้องประมาณ 30 องศาเซลเซียส จะได้ว่า ΔT = 20 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถคำนวณปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ทำความเย็น (Cooling capacity) ได้โดยการแทนค่าตัวแปรลงในสมการ

$$Q = \dot{m} \times c \times \Delta T$$

$$Q = (27 \times 27 \times 35)\ cm^3 \times 1.2\ kg/s \times 1\ kJ/kg.K \times 20\ ^\circ C$$

$$Q = 612.36\ J/s = 612.36\ W$$

เปลี่ยน W (วัตต์) เป็น TR (ตันความเย็น), ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้: 1 TR = 3,516.85 W

$$(612.36 / 3{,}516.85)\ W/TR = 0.174\ TR$$

ดังนั้น ต้องการใช้พลังงานประมาณ 612.36 วัตต์ เพื่อทำความเย็นอากาศภายในห้องขนาด 27x27x35 เซนติเมตร ลงไปถึง 10 องศาเซลเซียส โดยใช้เพลเทียร์ขนาด 12V 15A หากเพลเทียร์ขนาด 12V 15A มีประสิทธิภาพการแปรผันพลังงานเท่ากับ 80% เพลเทียร์จะได้รับพลังงานจากแหล่งจ่ายได้ประมาณ 144 วัตต์ (12 โวลต์ x 15 แอมป์ x 80%) ดังนั้น ต้องใช้จำนวนเพลเทียร์ที่เพียงพอเพื่อให้มีพลังงานเพียงพอสำหรับการทำความเย็นอากาศภายในห้อง ในกรณีนี้ จำนวนเพลเทียร์ที่ต้องใช้จะเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเพลเทียร์ = 612.36 วัตต์ / 144 วัตต์ต่อเพลเทียร์

จำนวนเพลเทียร์ = 5 ชิ้น

ดังนั้น จะต้องใช้เพลเทียร์อย่างน้อย 5 ชิ้นขนาด 12V 15A แต่ถ้าต้องการให้มีความเย็นมากขึ้น โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการทำงานของเพลเทียร์และการจ่ายไฟให้เพลเทียร์ให้เพียงพอเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นจากการออกแบบ

COP หรือ Coefficient of Performance เป็นอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องทำความเย็นได้กับพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็น ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

COP = พลังงานที่เครื่องทำความเย็นได้ / พลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็น

ในกรณีของเพลเทียร์ที่ใช้ในการทำความเย็นอากาศภายในห้องขนาด 27x27x35 เซนติเมตร ดังกล่าว หากเราใช้เพลเทียร์ขนาด 12V 15A และมีความเย็นลดลงไปถึง 10 องศาเซลเซียส จากการคำนวณด้านบน จะได้ว่าพลังงานที่เครื่องทำความเย็นได้เท่ากับ 612.35 วัตต์ โดยใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟ 288 วัตต์ (ใช้ 2 แผ่น) ดังนั้น เราสามารถคำนวณค่า COP ได้ดังสมการ

$$\text{Cooling performance COP} = \frac{Q_C}{P_{in}}$$

From DC supplier

$P = I \times V$

COP = 612.36 W / 395 W

COP = 1.55

ดังนั้น ค่า COP ของระบบทำความเย็นนี้คือ 1.55 หมายความว่าระบบใช้พลังงานไฟฟ้า 395 วัตต์ เพื่อให้ได้พลังงานความเย็น 612.36 วัตต์ ซึ่งหมายความว่าระบบใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 64.5% เพื่อให้ได้พลังงานความเย็น

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำความเย็น สามารถทำได้โดยใช้สูตร

เปอร์เซ็นต์ของพลังงานไฟฟ้า = (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ / พลังงานความเย็นที่ได้) x 100%

จากสูตรดังกล่าว สามารถหาเปอร์เซ็นต์ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำความเย็นได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์ของพลังงานไฟฟ้า = (395 / 612.36) x 100% = 64.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ระบบทำความเย็นนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าไปประมาณ 64.5% ของพลังงานความเย็นที่ได้รับกลับมาจากระบบ หรือใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1/5 ของพลังงานความเย็นที่ได้รับกลับมาจากระบบ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีในการทำความเย็นด้วยเทคโนโลยีเพลเทียร์

ค่าไฟต่อเดือน = ขนาดทำความเย็น (kW) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้จริง x ค่าไฟต่อหน่วย x 30 วัน / COP

ค่าไฟต่อเดือน = (0.612 x 6 x 4 x 30) / 1.55 =284.28 บาท/เดือน

4.3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นจากการทดลอง

สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกหาได้จากสมการที่ (4.1)

$$COP = \frac{q_c}{P_t} \tag{4.1}$$

$$P_t = q_h - q_c \tag{4.2}$$

โดยที่ COP คือ สัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็น

q_c คือ อัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)

q_h คือ อัตราการระบายความร้อนที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W)

P_t คือ ผลต่างระหว่างอัตราการระบายความร้อนที่ด้านร้อนกับด้านเย็น (W)

อัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นและอัตราการระบายความร้อนที่ด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกหาได้จากสมการที่ (4.3) และ (4.4)

$$q_c = \left[(\alpha \cdot I \cdot T_c) - \frac{(I^2 \cdot R)}{2} - (K \cdot \Delta T_t)\right] \tag{4.3}$$

$$q_h = \left[(\alpha \cdot I \cdot T_h) + \frac{(I^2 \cdot R)}{2} - (K \cdot \Delta T_t)\right] \tag{4.4}$$

โดยที่ α คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบค (V/K)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

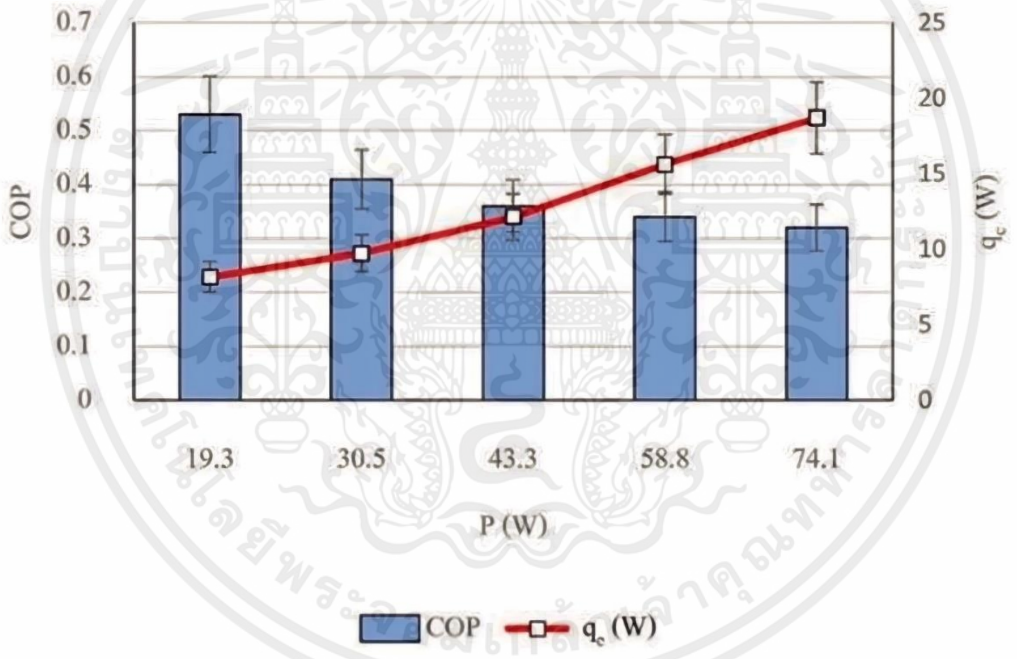
R คือ ความต้านทานไฟฟ้า (Ω)

K คือ ค่าการนำความร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (W/K)

ΔT_t คือ ผลต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (K)

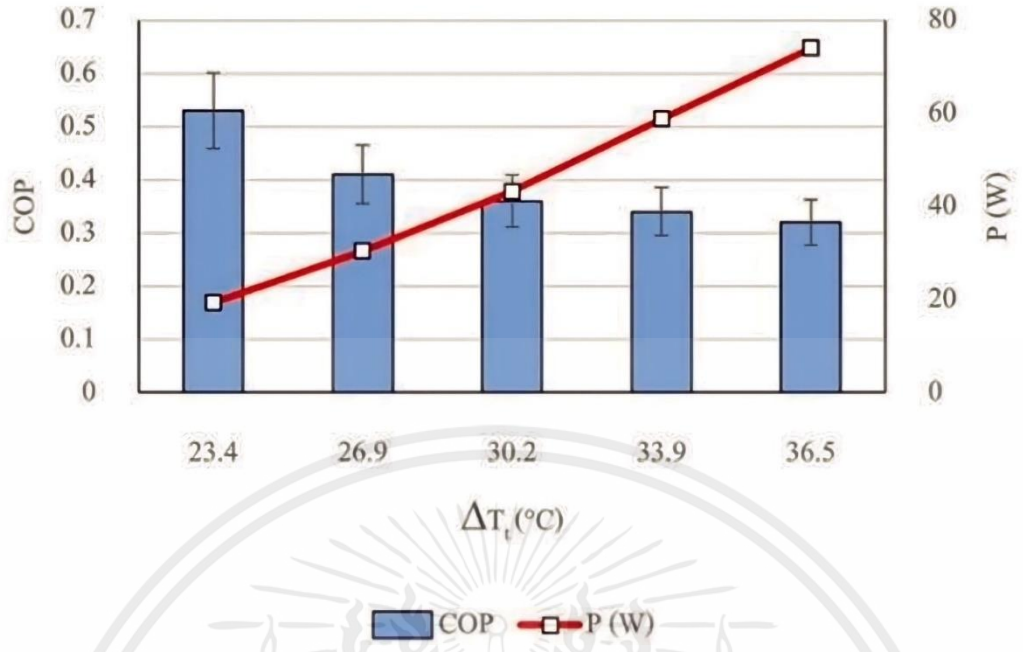
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของตู้แช่เย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มากสุดมีค่า 0.53 ดังรูปที่ 4.1 โดยกำลังไฟฟ้า (P) ที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่า 19.3 W (4 A) อัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (q_c) เท่ากับ 8.2 W ขณะที่อัตราการระบายความร้อนที่ด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (q_h) เท่ากับ 7.1 W และที่เงื่อนไขนี้ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ΔT_t) เท่ากับ 23.4°C ดังใน รูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาอัตราส่วน q_c / q_h ในรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ามีค่าเท่ากบั 1.15 แม้ว่าอัตราส่วน q_c / q_h มีค่ามากกว่า 1 แต่ค่า q_c ที่ได้นี้มีค่าค่อนข้างต่ำและไม่สามารถลดอุณหภูมิในตู้แช่เย็นได้ต่ำกว่า 15°C ส่วนค่า COP ต่ำสุดอยู่ที่ 0.32 เมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 74.1 W (8 A) ได้ q_c สูงสุดเท่ากับ 18.7 W ดังในรูปที่ 4.1 ขณะที่ ΔT_t เท่ากับ 36.5°C ดังในรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าอัตราส่วน q_c / q_h เท่ากับ 0.46 ซึ่งน้อยกว่า 1 ดังในรูปที่ 5 และสามารถลดอุณหภูมิในตู้แช่เย็นให้มีค่าต่ำกว่า 15°C ได้ดังในรูปที่ 4.4

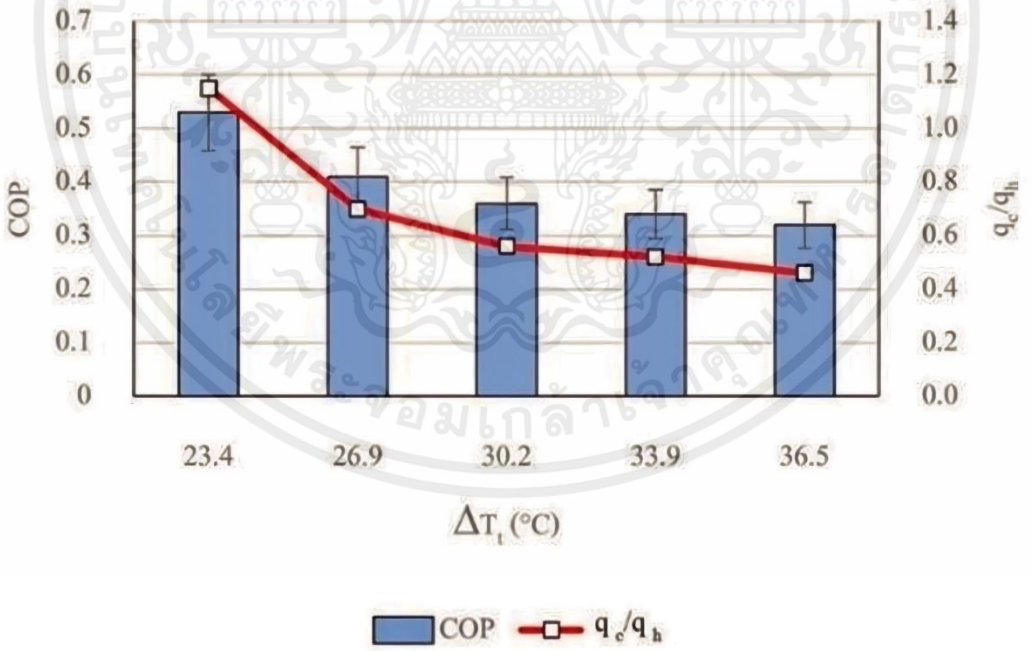


รูปที่ 4.1 ผลของกำลังไฟฟ้า (P) ที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) และอัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (q_c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



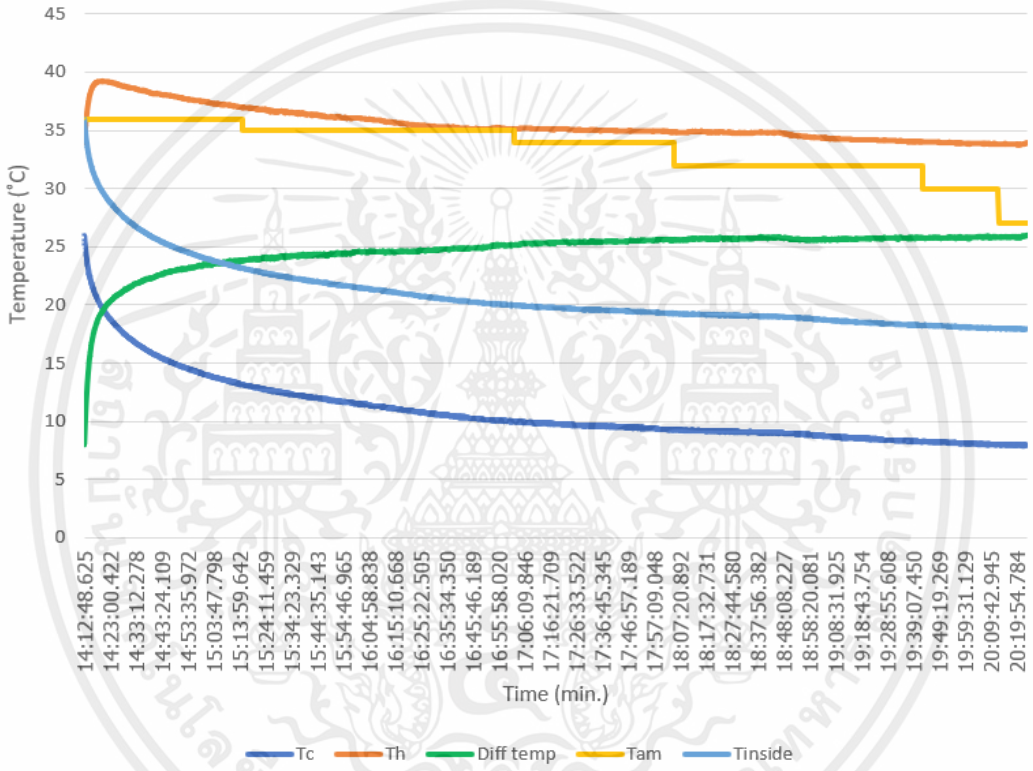
รูปที่ 4.2 ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ΔT_t) กับสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น (COP) และกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (P)



รูปที่ 4.3 ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (ΔT_t) กับสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น (COP) และอัตราส่วนของอัตราการทำความเย็นต่ออัตราระบายความร้อน (q_c / q_h)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าหากต้องการ q_c เพิ่มขึ้นและต้องการอุณหภูมิในตู้แช่เย็นที่ต่ำจะต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อสร้างความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างด้านร้อนและเย็น (ΔT_t) ให้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ q_h มากกว่า q_c แต่หากอุณหภูมิที่ด้านร้อนสูงเกินไปและไม่สามารถระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้อย่างเพียงพอก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อนไปยังด้านเย็น ส่งผลให้ด้านเย็นไม่สามารถรักษาอุณหภูมิในการทำความเย็นให้ต่ำได้ ซึ่งในการทดลองนี้ความสามารถในการระบายความร้อนโดยใช้บล็อคน้ำและหม้อน้ำที่ด้านร้อนที่ตรวจวัดได้มีค่า 375 W ที่กำลังไฟฟ้าป้อนให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก 74.1 W ซึ่งเป็นไปตามอัตราการระบายความร้อนที่ได้ออกแบบไว้



COP_{max} (COP=0.53 (max), P=19.3 W, q_c=8.16 W)

$q_{c(max)}$ (COP=0.32 (max), P=74.1 W, q_c=18.69 W (max))

$T_{c(min)}$ (COP=0.36, P=43.3 W, q_c=12.14 W, T_c=2.0±0.5 °C)

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เฉลี่ย) ในตู้แช่เย็นตามเวลาในช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ที่เงื่อนไข $COP_{(max)}$ $q_{c(max)}$ และ $T_{c(max)}$

จากผลการทดลองที่กำลังไฟฟ้าป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในช่วง 19.3 ถึง 74.1 W จะเห็นว่าไม่จำ เป็นต้องป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกสูงสุดเพื่อให้ได้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นสูงสุดหรือเพื่อให้ได้อุณหภูมิการทำความเย็นต่ำสุดแต่สามารถป้อนกำลังไฟฟ้าเพียง 74.1 W ประมาณ 1 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 ของกำลังไฟฟ้าสูงสุด (395 W) ก็สามารถรักษาอุณหภูมิในกล่องขนาด 27x27x35 cm. ให้ต่ำกว่า 20°C ได้ ดังในรูปที่ 4.4 และยังพบว่าสภาวะการทำงานที่ทำให้ได้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) สูงสุดไม่ได้เกิดขึ้นที่ค่าที่สูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทดลองนี้เช่นกัน แต่เกิดขึ้นที่กำลังไฟฟ้า 19.3 W ดังในรูปที่ 4.1 ซึ่งให้ค่าอัตราการทำความเย็นที่ต่ำ ส่วนความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าสูงขึ้นไม่ได้ทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของเทอร์โมอิเล็กทริกสูงตามไปด้วย หากไม่สามารถระบายความร้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกได้อย่างเพียงพอ ซึ่งจะทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อนไปยังด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็น (q_c) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นลดลง และหากพิจารณาอัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของอัตราการทำความเย็นต่อการเปลี่ยนแปลงของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก ($\Delta q_c / \Delta P$) หรือความชันของเส้นกราฟ ดังในรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าค่า q_c ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ P ที่เพิ่มขึ้นในช่วง 43.3 ถึง 58.8 W จะมีอัตราส่วนที่สูงกว่าช่วงอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้ค่า COP ของเทอร์โมอิเล็กทริกจะไม่สูงที่สุดแต่จะให้อัตราการทำความเย็นที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งจะเป็นเงื่อนไขที่ใช้พลังงานในการทำความเย็นต่ำกว่าโดยยังคงรักษาอุณหภูมิการทำความเย็นไว้ได้ต่ำกว่า 20°C (2.0±0.5 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ช่วงเวลา	อุณหภูมิด้านเย็น	อุณหภูมิด้านร้อน	ผลต่างของอุณหภูมิ
14:15	21.56	38.69	17.13
14:16	21.50	38.75	17.25
14:16	21.37	38.88	17.51
14:16	21.31	38.88	17.57
14:16	21.19	38.94	17.75
14:16	21.06	39.00	17.94
14:20	19.69	39.19	19.50
14:20	19.62	39.19	19.57
14:20	19.56	39.19	19.63
14:20	19.50	39.19	19.69
14:20	19.44	39.19	19.75
14:21	19.37	39.19	19.82
14:21	19.31	39.19	19.88
14:21	19.25	39.19	19.94
14:21	19.19	39.19	20.00

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

จากตารางข้างต้นแสดงให้เห็นถึงค่าอุณหภูมิด้านเย็น ด้านร้อน และผลต่างของอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงเวลาและเมื่อเวลาผ่านไปหลังจากที่เครื่องทำงาน อุณหภูมิด้านร้อนจะเพิ่มขึ้น ส่วนอุณหภูมิด้านเย็นจะลดลงเรื่อยๆ จนเข้าสู่สภาวะอุณหภูมิคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

หลังจากที่คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการวิจัยตามทฤษฎีที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามลำดับทำให้ได้ข้อสรุปของการวิจัยได้ดังนี้

ในงานวิจัย ได้นำเสนอตู้แช่ไวน์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น ผลของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต่อสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ละอัตราการทำความเย็นที่ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (q_c) ในตู้แช่เย็นขนาด 27x27x35 เซนติเมตร จากผลการศึกษาพบว่าเงื่อนไขที่ทำให้ได้ COP สูงสุดไม่ได้เกิดขึ้นที่ค่าสูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่ COP สูงสุดเท่ากับ 0.53 ได้ q_c เพียง 8.2 W โดยอัตราการระบายความร้อนที่ด้านร้อนของแผ่นเทอร์ดมอิเล็กทริก (q_h) เท่ากับ 7.1 W กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโดยที่ COP ยังมีค่าสูง พบว่าจะต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในช่วง 43.3 ถึง 58.8 W ของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ในการทดลองนี้ (74.1 W) ความแตกต่างอุณหภูมิด้านร้อนกับด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 31.3 ถึง 34.6°C ทำให้สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้แช่เย็นได้ การใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีกำลังไฟฟ้าสูง (TEC1-12715) ให้ได้อัตราการทำความเย็นที่ดีควรใช้ระบบระบายความร้อนที่ด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีประสิทธิภาพและไม่จำเป็นต้องป้อนกำลังไฟฟ้าสูงสุดก็สามารถเก็บรักษาความเย็นภายในตู้แช่เย็นให้มีค่าต่ำกว่า 20°C ได้ โดยตู้แช่ไวน์โดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นที่ผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมานั้นสามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดได้ที่อุณหภูมิ 17°C อีกทั้งยังมีขนาดที่กระทัดรัดสามารถพกพาหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวก

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตู้แช่ไวน์ที่ได้จากการหาค่าเหมาะสุดในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้แช่โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนั้นพบว่ายังไม่สามารถเทียบเท่ากับประสิทธิภาพของตู้แช่แบบใช้คอมเพรสเซอร์ อย่างไรก็ตามตู้แช่ไวน์ที่ใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ผู้จัดทำได้สร้างขึ้นมายังสามารถให้ความเย็นและรักษาคุณภาพของไวน์ที่บรรจุภายในตู้แช่ในระดับที่ยอมรับได้ ในส่วนข้อดีอีกอย่างของระบบการทำความเย็นของตู้แช่แบบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกคือมีขนาดเล็กและสะดวกต่อการพกพาและเคลื่อนย้ายในการนำออกไปใช้นอกสถานที่ต่างๆได้สะดวกกว่าตู้แช่แบบใช้คอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 ปัจจัยอื่นๆที่พบในช่วงที่ดำเนินการวิจัยและทดลอง

ในขณะที่เปิดการทำงานของตู้แช่พบว่าเกิดการรั่วของน้ำที่ใช้หมุนเวียนในระบบตรงบริเวณท่อสายยางซึ่งปัญหานี้มีสาเหตุจากความร้อนที่กัดเซาะผิวท่อสายยางที่ใช้หมุนเวียนน้ำในระบบซึ่งการใช้ท่อสายยางที่วัสดุทนความร้อนของน้ำได้ไม่มากนักทำให้ต้องเปลี่ยนขนาดของท่อพร้อมวางรูปแบบการติดตั้งท่อสายยางที่ใช้หมุนเวียนน้ำของระบบทำความเย็นด้านล่างใหม่อีกครั้ง

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงและพัฒนา

ในการออกแบบขนาดโครงสร้างของตู้แช่ควรเพิ่มพื้นที่ระบายความร้อนตรงบริเวณที่ติดตั้งระบบระบายความร้อนด้านล่างของตู้แช่ให้ดี เพื่อลดการสะสมความร้อนบริเวณนั้นอันส่งผลต่อประสิทธิภาพของตู้แช่ไวน์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่ติดตั้งภายในตู้แช่ หากเป็นไปได้ควรออกแบบตู้เย็นที่มีขนาดเทียบเท่ากันกับแบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์เพื่อความแม่นตรงต่อการวิเคราะห์ค่าตัวแปรเชิงอุณหพลศาสตร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] พัชรีพร พ่วงอ่อน, ธนวรรษ เมฆประเสริฐสุ, รัชกร กลิ่นประชุม (2558). การปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้เย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา

[2] วิรัช กองสิน (2557). ศึกษาและออกแบบกระติกเก็บวัคซีนด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กตริก, สุพรรณบุรี : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

[3] จิรายุสวัฒ ประสม, สิทธิโชค สืบแต่ตระกูล, ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ (2562). การศึกษาคุณลักษณะของการทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[4] สุวิทย์ จักษุจินดา, อาธรณ์ วรอัด, ทศวรรษ สีตะวัน (2553). การประดิษฐ์ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก, สกลนคร : มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

[5] อชนิษฐ เครืออนันต์ (2563). การทดลองสภาวะการทำงานของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทำความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิวัคซีนยา, ปราจีนบุรี : วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง

[6] Zdenek Slanina Martin Uhlik Vaclav Sladecek. (2018). Cooling Device with Peltier Element for Medical Applications.

[7] Xiangqi Meng, Yingxia Qi, Lei Sheng, Qingpu Li, Lin Su. (2023). Applied Thermal Engineering : Investigations on efficiency improvement of rolling piston type rotary compressor with a new-designed cylinder.

[8] Zuhair R. Abdulghani. (2022). Results in Engineering: A novel experimental case study on optimization of Peltier air cooler using Taguchi method.

[9] Asmaa Taha Hussein, Ayad S. Abedalh, Omar Rafae Alomar. (2022). Case Studies in Thermal Engineering: Enhancement performance of vapor compression system using nano copper oxide lubricant inside compressor and a fluidized bed for condenser cooling.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] James Tirtowijoyo Young. (2 0 1 6). A compressed air system model for analysis and design.

[11] N. Cerkovnik, V.A.F. Costa, A.M.G. Lopes. (2023). Applied Thermal Engineering: Modeling and parametric optimization of a liquid piston compressor with inner cooling tubes.

[12] Mainil, Afdhal Kurniawan. et al. Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling Load. Aceh International Journal of Science and Technology, 2018, 7 (2), pp. 85-92.

[13] Mirmanto, M. et al. Experimental performances of a thermoelectric cooler box with thermoelectric position variations. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2019, 22, pp. 177-184.

[14] Gökçek, Murat and Sahin, Fatih. Experimental Performance Investigation of Minichannel Water Cooled-Thermoelectric Refrigerator. Case Studies in Thermal Engineering, 2017, pp. 54-62.

[15] Khodegaonkar, Dilip, Ameya. and Patil, Madhav, Sudhir. Rapid Water Freezer Using Thermoelectric Module. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), 2019, 6 (5), pp. 422-428.

[16] Patel. et al. Fabrication and Analysis of Thermoelectric Cooling System. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), 2019, 6 (4), pp. 332-336.

[17] Kabeel, A.E. et al. Performance of the novel design thermoelectric cooling system. Heat Transfer, 2020, pp. 1-19

[18] โชคทวี สุริยวัฒนสิน, ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา, วรากร สุวรรณเรืองศรี, อุกฤษฎ์ รำจวนจร (2565). สมรรถนะการทำความเย็นของกล่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

[19] คณณัฏฐ์ อินต๊ะนิล, คณพศ ไชยมณีกร, คุณากร โอวาท, จตุรภัทร สว่างศรี (2565). การประดิษฐ์ตู้เย็นเพลเทียร์, กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] มลฤดี บุญยะศรี (2562). ระบบการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนเหลือทิ้งด้วยเธอร์โมอิเล็กทริกโดยวิธีการทำความเย็นแบบระเหย, ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[21] Ahmad K. Sleiti, Wahib A. Al-Ammari, Mohammed Al-Khawaja, Ahmad T. Saker. (2022). Applied Thermal Engineering: Experimental investigation on the performance of a novel thermo-mechanical refrigeration system driven by an expander-compressor unit.

[22] https://www.windsolargadget.com/article/2/thermoelectric-cooler-peltier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้