แบบจำลองโรงไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขนาดเล็ก
SMALL MODEL OF POWER PLANTS BASED ON THERMOELECTRICS EFFECTS

สุทธิพงษ์ น้ำเจริญ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

แบบจำลองโรงไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขนาดเล็ก
SMALL MODEL OF POWER PLANTS BASED ON THERMOELECTRICS EFFECTS

สุทธิพงษ์ น้าเจริญ

b.0026588 6
i.
TB00208

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMALL MODEL OF POWER PLANTS BASED ON THERMOELECTRICS EFFECTS

SUTTHIPONG NACHAROEN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIRMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	แบบจำลองโรงไฟฟ้าอิเล็กทริกส์ขนาดเล็ก
	Small model of power plants based on thermoelectrics effects
ชื่อนักศึกษา	นายสุทธิพงษ์ น้ำเจริญ รหัสนักศึกษา 55051645
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.เชรษฐา รัตนพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา2558

คณะกรรมการสอบ	**ลายมือชื่อ**
ดร.ประธาน บุรณศิริ ประธานกรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ กรรมการ	
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ผศ.ดร.เชรษฐา รัตนพันธ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ แบบจำลองโรงไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกส์ขนาดเล็ก
ชื่อนักศึกษา นายสุทธิพงษ์ น้าเจริญ รหัสนักศึกษา 55051645
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา ฟิสิกส์
คณะ วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา 2558
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข
ผศ.ดร.เชรษฐา รัตนพันธ์

บทคัดย่อ

เทอร์โมอิเล็กทริกส์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) โดยใช้ความต่างอุณหภูมิของจุดสองจุดเนื่องจากอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่อุณหภูมิสูงไปหาที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์จึงทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การที่จะแสดงให้เห็นได้ว่าวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์นั้นสามารถผลิตไฟฟ้าจากอุณหภูมิของน้ำสองอุณหภูมิได้นั้น จะทำการทดลองจากการออกแบบชุดลองและทำการทดลองกับวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้งการต่อแบบอนุกรมและขนาน และมีการทดลองโดยการเพิ่มความต่างอุณหภูมิของน้ำทั้งสองจุดที่ความต่างอุณหภูมิ 24.1°C, 28.8°C , 37.5°C และ 44°C

คำสำคัญ : เทอร์โมอิเล็กทริกส์ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Small model of power plants based on thermoelectrics effects
Students	Mr.Sutthipong Nacharoen Student ID 55051645
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Dr. Witoon Yindeesuk
Co-Advisor	Asst.Prof.Dr.Chesta Ruttanapun

Abstract

Thermoelectric is a device that can produces electricity due to the Seebeck Effect by the temperature difference of two points. Because electrons are moving from a high temperature to a lower temperature of the thermoelectric as a result voltage and current.

This experiment can show the thermoelectric material that can produce electricity from the temperature of the water temperature was two. The experiment was designed to setup and experiment with thermoelectric both in series and parallel.Finally the experiment by increasing the temperature of the water at a temperature of 24.1 ° C, 28.8 ° C, 37.5 ° C and 44 ° C.

Keywords : Thermoelectric, Seebeck Effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุขและผศ.ดร.เชรษฐา รัตนพันธ์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆในการทำโครงงานพิเศษและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานพิเศษนี้จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ ดร.ประธาน บุรณศิริ,อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้งและอ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์ ที่เป็นกรรมการในการสอบโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณนักศึกษาปริญญาโทภาควิชาฟิสิกส์ที่ให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาตรีที่ให้คำแนะนำต่างๆในการทำโครงงานพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดในการทำโครงงานพิเศษ

สุทธิพงษ์ น้าเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อ/สัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา	1
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์	3
2.1.1 ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์	5
2.1.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์	6
2.1.3 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์	8
2.1.4 การทำความเย็นและการผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์	10
2.1.5 แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง	11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	13
3.1 ศึกษาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้	13
3.2 ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์จากการต่อแบบอนุกรมและขนาน	17
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	21
4.1 ผลการทดลองที่นำมาใช้ในการทดลอง	21
4.2 ผลการทดลองที่ไม่ได้นำมาใช้	25
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	29
5.2 อุปสรรคการดำเนินงาน	29
5.3 ข้อเสนอแนะ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	2
4.1 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัวที่ความต่างอุณหภูมิเซลเซียส 37.9 องศาเซลเซียส	21
4.2 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่อแบบอนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 37.9 องศาเซลเซียส	21
4.3 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่อแบบอนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 37.9 องศาเซลเซียส	22
4.4 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัวที่ความต่างอุณหภูมิ 24.1 องศาเซลเซียส	25
4.5 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่ออนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 24.1 องศาเซลเซียส	26
4.6 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่ออนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 24.1 องศาเซลเซียส	26
4.7 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัวที่ความต่างอุณหภูมิ 28.8 องศาเซลเซียส	27
4.8 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่ออนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 28.8 องศาเซลเซียส	27
4.9 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่ออนุกรมที่ความต่างอุณหภูมิ 28.8 องศาเซลเซียส	28
4.10 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่อขนานที่ความต่างอุณหภูมิ 44 องศาเซลเซียส	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทดลองของ Thomas Seebeck	3
2.2 ปรากฏการณ์ Peltier effect จากการเคลื่อนที่ของประจุในโลหะต่างชนิด	4
2.3 การเกิดไฟฟ้าจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)	4
2.4 การทำความเย็นจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)	5
2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ power factor และ Seebeck coefficient	6
2.6 Thermoelectric generation (Heat engine)	7
2.7 Thermoelectric cooling (Heat pump)	8
2.8 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส์	9
2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	9
2.10 โครงสร้างบริเวณรอยต่อที่ผนังด้านร้อนและผนังด้านเย็น	9
2.11 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์13รูปที่ 2.12 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	10
2.12 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์	11
2.13 ความร้อนเหลือทิ้งจากการใช้พลังงานแหล่งต่างๆ	12
3.1 มัลติมิเตอร์	14
3.2 เทอร์โมอิเล็กทริกส์	14
3.3 ถังเก็บน้ำอุ่น	15
3.4 ถังน้ำเย็น	15
3.5 เทอร์โมมิเตอร์	16
3.6 LEDสีต่างๆ	16
3.7 วางถังเก็บน้ำอุ่นที่ที่จะทำการทดลอง	17
3.8 เติมน้ำอุ่นที่ใช้ทำการทดลองและวัดอุณหภูมิ	18
3.9 วางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่ด้านบนของถังเก็บน้ำอุ่น	18
3.10 วางถังเก็บน้ำเย็นที่ด้านบน	19
3.11 วัดอุณหภูมิที่ด้านน้ำเย็น	19
3.12 ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าที่ได้ออกมา	20
4.1 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีขาว	23
4.2 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีเหลือง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	เมื่อทำการต่อไฟLEDสีฟ้า	24
4.4	เมื่อทำการต่อไฟLEDสีเขียว	24
4.5	เมื่อทำการต่อไฟLEDสีแดง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	ความหมาย
K	องศาเคลวิน
V	โวลท์
W	วัตต์
A	แอมป์
℃	องศาเซลเซียส
mm	มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ความต้องการด้านพลังงานถือเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ และนับวันจะมีผลกระทบรุนแรงต่อการพัฒนาของประเทศไทยมากขึ้น เชื้อเพลิงต่างๆที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น นับวันจะมีปริมาณน้อยลงทุกที และจะต้องหมดไปในอนาคต “พลังงานทางเลือก” จึงมีบทบาทสำคัญที่จะเข้ามาทดแทน และเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectrics) เป็นหนึ่งคุณสมบัติของสารที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในพลังงานทางเลือกได้ วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ (Thermoelectrics material) คือ วัสดุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของจุดสองจุด โดยอิเล็กตรอนจะเดินทางจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าบนวัสดุ ทำให้เกิดขั้วไฟฟ้าและความต่างศักย์ ซึ่งสามารถนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ได้ ปัจจุบันวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีการประยุกต์ใช้ในวงแคบๆ เนื่องจากยังขาดความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของวัสดุชิ้นนี้ หากเราศึกษาจนสามารถปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์นี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย อันนำไปสู่การเพิ่มแหล่งพลังงานทางเลือกในอนาคตโครงงานพิเศษนี้จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบจำลองโรงไฟฟ้าอิเล็กทริกส์ขนาดเล็กเพื่อสร้างแบบจำลองการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในน้ำทะเลอีกทั้งจะทดลองกำลังไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกส์แต่ละตัว เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่ว่าแบบจำลองนี้จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอทั้งระบบและมีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1.2 ขอบเขตของงานวิจัย

สร้างแบบจำลองในการผลิตไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์และทดสอบการนำไปใช้งาน

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากค่ากระแสและแรงดันที่วัดออกมาได้

ขั้นตอนที่ 3 ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ให้เพียงพอในการเลี้ยงระบบและทำให้สามารถสำรองจ่ายนอกระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 จำลองการใช้งานของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาและทดลองจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ให้ใช้งานได้จริง

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ระบบและหาประสิทธิภาพในการทำงานที่ได้จากแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลของการทดลอง

ขั้นตอนที่ 7 ทำรูปเล่มและเตรียมการนำเสนอ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงาน	ระยาเวลาปีการศึกษา 2558									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
ขั้นตอนที่1										
ขั้นตอนที่2										
ขั้นตอนที่3										
ขั้นตอนที่4										
ขั้นตอนที่5										
ขั้นตอนที่6										
ขั้นตอนที่7										

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจถึงหลักการทำงานและวิธีการนำไปใช้งานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์

2) จำลองการผลิตไฟฟ้าจากน้ำทะเลในแบบจำลองขนาดเล็กให้เห็นได้จริง

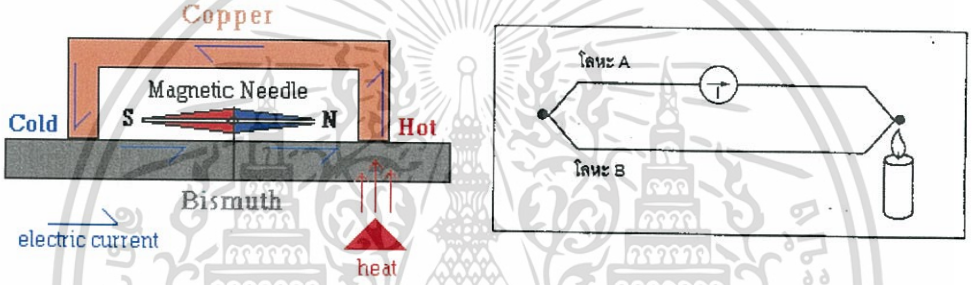
3) แบบจำลองที่ทำการวิจัยสามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดเป็นการผลิตไฟฟ้าในระบบที่ใหญ่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ในปี ค.ศ. 1821 นักฟิสิกส์ชาวเอสโทเนีย ชื่อ Thomas Johann Seebeck ได้ค้นพบโดยบังเอิญว่า ถ้าให้ความร้อนที่รอยต่อของโลหะ 2 ชนิด จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายโลหะทั้งสอง ดังรูปที่ 2.1 เนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในโลหะด้านร้อนจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าโลหะด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่า จึงทำให้เกิดความแตกต่างปริมาณของอิเล็กตรอนที่ปลายโลหะดังกล่าว Seebeck ได้สรุปว่าความแตกต่างอุณหภูมิมีผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในโลหะ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Seebeck effect

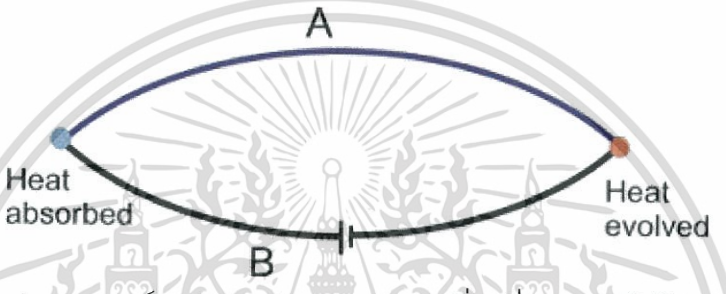


รูปที่ 2.1 การทดลองของ Thomas Seebeck (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

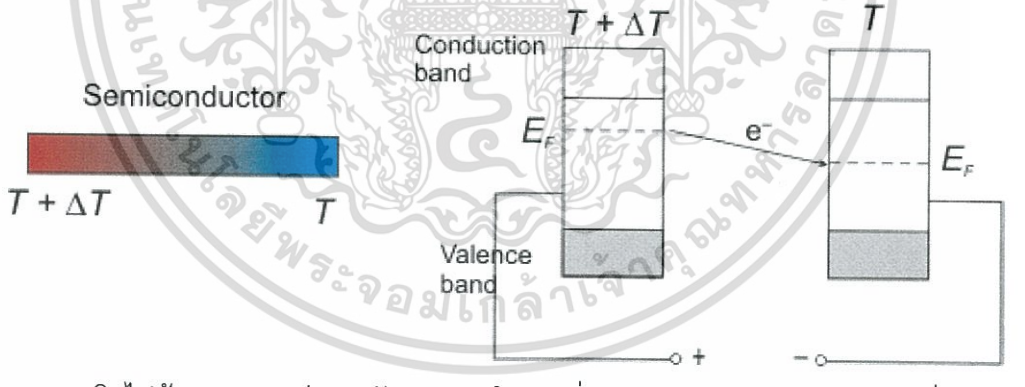
ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean Peltierได้ทำการทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในโลหะทองแดงและบิสมัทที่เชื่อมต่อกัน ผลที่เกิดขึ้น คือ รอยต่อระหว่างทองแดงและบิสมัทข้างหนึ่งจะร้อนขึ้น ส่วนอีกข้างหนึ่งจะเย็นลง อันเป็นผลจากคุณสมบัติของโลหะแต่ละชนิดกลุ่มอิเล็กตรอนเคลื่อนผ่านโลหะด้านหนึ่งจะปลดปล่อยความร้อน (Heat evolved) แต่อีกด้านหนึ่งจะดูดกลืนความร้อน (Heat absorbed) ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ ดังรูปที่ 2.2 เรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ว่า Peltier effect และ Peltier ยังได้ใช้รอยต่อของทองแดงและบิสมัททำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งจากกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์ จะเห็นได้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็นกระบวนการที่สามารถกำเนิดอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานย้อนกลับกระบวนการ (Reverse operation) กันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปรากฏการณ์ Seebeck effect เนื่องจากมีการใช้โลหะต่างชนิดมาเชื่อมต่อกันจึงเรียกอุปกรณ์นี้ว่า เทอร์โมคับเปิล (Thermocouple) สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพเพียง 1% และในการทำงานกลับกันตามปรากฏการณ์ Peltier effect นั้นโลหะต่างชนิดมีการระบายความร้อนได้ไม่ดีพอจึงมีการคิดค้นหาวัสดุใหม่ จนกระทั่งปี ค.ศ.1929 Abram FedorovichLoffe จึงได้ผลออกมาประสบความสำเร็จในการพัฒนาวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Seebeck effect และ Peltier effect โดยใช้สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) แทน ดังแผนภาพรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ พบว่าโครงสร้างใหม่ให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงถึง 4%

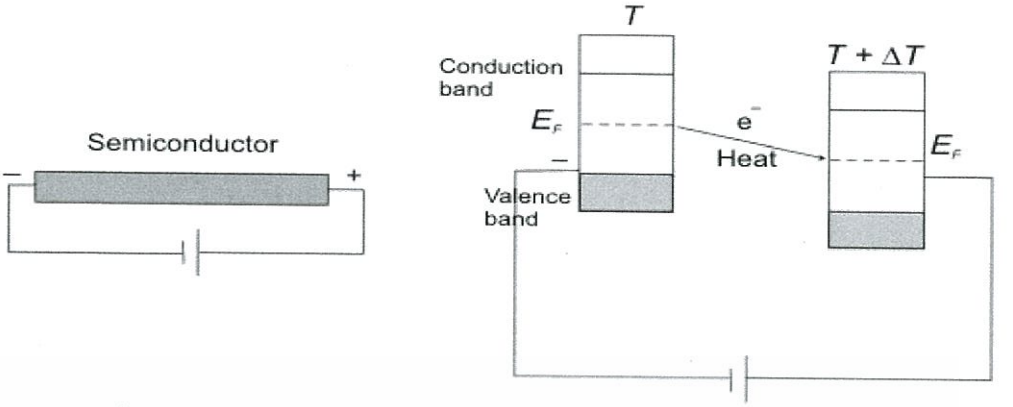


รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์ Peltier effect จากการเคลื่อนที่ของประจุในโลหะต่างชนิด (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)



รูปที่ 2.3 การเกิดไฟฟ้าจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi) (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การทำความเย็นจากภาวะต่างระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำ (Cu-Bi)
(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

2.1.1 ประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก

จากผลการวิจัยและพัฒนาด้านวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกประเภทสารกึ่งตัวนำ มีการพบว่าประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

สามารถให้สภาพนำไฟฟ้าสูงแต่เกิดความร้อนเพียงเล็กน้อย (ความร้อนเกิดจากความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า)

สามารถแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้มาก มีสภาพนำความร้อนต่ำ เพื่อป้องกันการนำความร้อนผ่านวัสดุ

คุณสมบัติทั้ง 3 ประการ มีความสัมพันธ์กันด้วยหลักการทางฟิสิกส์ตามสมการที่ 2.1 สำหรับใช้บ่งชี้คุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุ (Z)

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\gamma}$$ 2.1(ทศวรรษ สีตะวัน,2556)

โดยที่ α คือสัมประสิทธ์ซีเบ็ค (Volt/Kelvin)

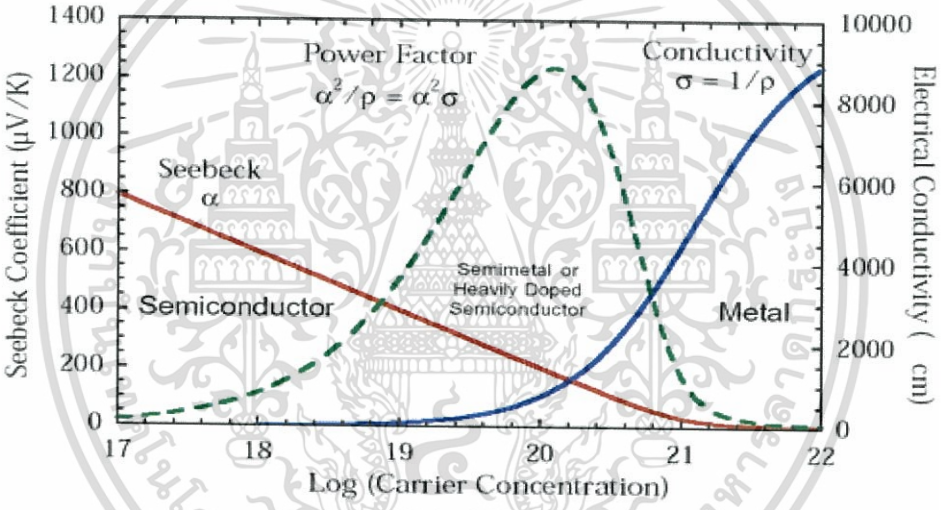
σ คือสภาพนำไฟฟ้าของวัสดุ (Ampere/Volt*meter)

และ γ คือสภาพนำความร้อนของวัสดุ (Watt/meter*Kelvin)

เนื่องจาก Z มีหน่วยต่ออุณหภูมิ แต่ในทางปฏิบัติค่าบ่งชี้ที่เปรียบเทียบกันได้ง่ายควรจะไม่มีหน่วย เรียกว่าค่า figure-of-merit ดังนั้นจึงมีการคูณสมการ 2.1 ด้วย T ได้สมการใหม่เป็น ZT โดยที่ T คืออุณหภูมิเฉลี่ยขณะทำงาน ค่า ZT จึงเป็นค่า figure-of-merit ที่ใช้บ่งบอกถึงคุณสมบัติการเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และคุณสมบัติการทำความเย็นสูงสุดของวัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนองค์ประกอบ (Thermo- element) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในยุคแรกช่วงปี ค.ศ. 1950 ถึง 1960 งานวิจัยวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมุ่งไปที่โลหะผสมกลุ่ม bismuth telluride (Bi2Te3), leadtelluride (PbTe) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

silicongermanium (SiGe) ซึ่งเป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ให้ค่า figure-of-merit ดีที่สุดขณะนั้นอย่างเด่นชัด ในช่วงอุณหภูมิใช้งาน 3 ช่วง โดยโลหะผสม Bi2Te3 เหมาะกับการนำมาใช้ในระบบทำความเย็นและระบบผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานระหว่าง 180K (-93°C) ถึง 450 K (177°C) ส่วนวัสดุ PbTe และ SiGe เหมาะกับการนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแหล่งความร้อนเหลือทิ้งเกรดสูงและในยานอวกาศซึ่งมีช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 500 K (227°C) ถึง 900 K (627°C) และตั้งแต่ 800 K (527°C) ถึง 1300 K (1027°C) ตามลำดับในรูปที่ 2.5 เป็นเส้นกราฟเปรียบเทียบค่า power factor และสัมประสิทธิ์ซีเบ็คระหว่างโลหะกับสารกึ่งตัวนำ จะเห็นว่าสารกึ่งตัวนำ ให้ค่า power factor สูงกว่าโลหะ (metal) โดยสารกึ่งตัวนำส่วนใหญ่ที่ใช้ ได้แก่ Bi-Te, Bi-Sb, Pb-Teและ Si-Ge เป็นต้นค่า power factor จะสูงที่สุดถ้าวัสดุเป็น Semimetal (Metal alloys) หรือ Heavily doped semiconductor



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ power factor และ Seebeck coefficient (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

2.1.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ปัจจุบันวิวัฒนาการของปรากฏการณ์ Seebeck effect และ Peltier effect ได้รับการพัฒนาเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานตามกระบวนการอุณหพลศาสตร์ใน 2 รูปแบบ คือ จักรกลความร้อน (Heat engine) และจักรกลสูบความร้อน (Heat pump) โดยมีการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์แยกชนิดตามหน้าที่ในการทำงานดังนี้

ก. อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อน (ตามปรากฏการณ์ Seebeck effect) เรียกว่า Thermoelectric Generator (TEG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

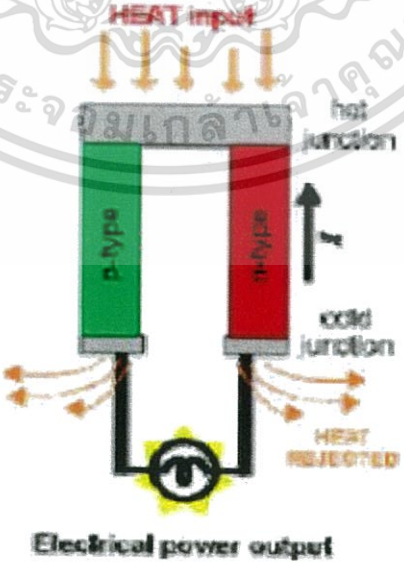
ข. อุปกรณ์ทำความเย็น (ตามปรากฏการณ์ Peltier effect) เรียกว่า Thermoelectric-Cooler (TEC) หรือ Peltier cooler

ก. เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ (Thermoelectric Generator)

การกำเนิดไฟฟ้าด้วยความร้อนจากพฤติกรรมรอยต่อโอห์มมิก (Ohmic junction) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ อาศัยความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างรอยต่อด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิลิเมนต์ มีผลให้กลุ่มอิเล็กตรอนในวัสดุด้านร้อนมีพลังงานจลน์สูงกว่าวัสดุด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่า เกิดความต่างปริมาณของประจุไฟฟ้าและกำเนิดไฟฟ้าขึ้นที่ปลายขั้วต่อของอุปกรณ์ พร้อมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลด (Load) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และเนื่องจากเทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อนบางครั้งจึงเรียกว่า เซลล์ความร้อน (Thermoelectric cell)

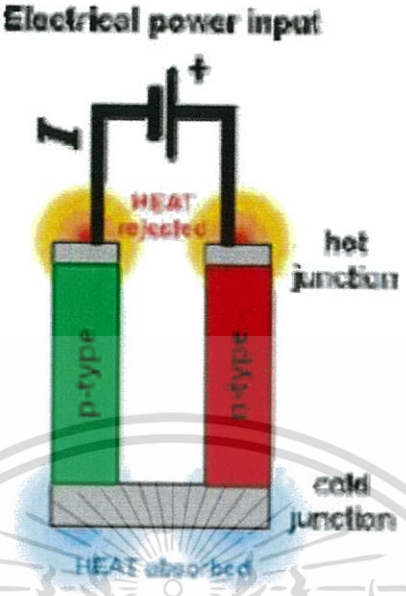
ข. เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (Thermoelectric Cooler)

การทำความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านบริเวณรอยต่อโอห์มมิกของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (TEC) อาศัยผลการดูดกลืนความร้อนของกลุ่มอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่จากรอยต่อด้านเย็นผ่านเทอร์โมอิลิเมนต์ และนำไปปลดปล่อยที่รอยต่อด้านร้อน ทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิ โดยมีผลให้รอยต่อด้านเย็นมีอุณหภูมิลดต่ำลง ขึ้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้าและการระบายความร้อนที่รอยต่อด้านร้อนออก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจนเนอร์เรเตอร์และอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริคูลเลอร์นั้นมีลักษณะของโครงสร้างคล้ายคลึงกัน จึงสามารถทำงานย้อนกระบวนการกันได้แต่สภาวะกทนอุณหภูมิของอุปกรณ์และค่า ZT ของเทอร์โมอิลิเมนต์ที่เลือกใช้จะแตกต่างกันขึ้นกับความต้องการประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2.6 Thermoelectric generation (Heat engine) (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

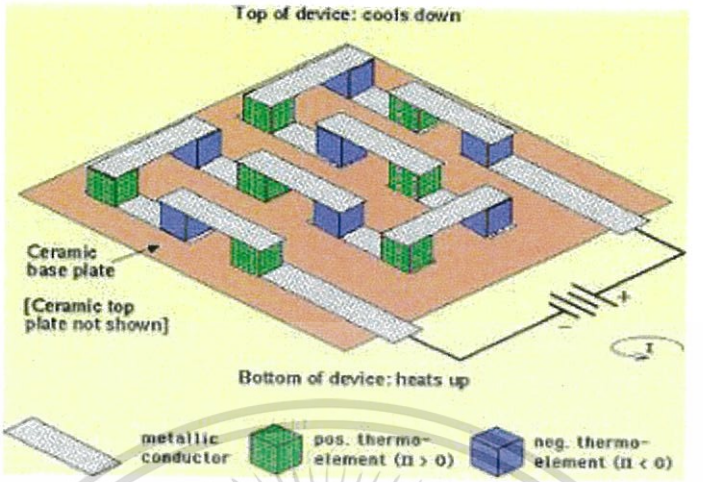


รูปที่ 2.7 Thermoelectric cooling (Heat pump) (โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

2.1.3 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตกันในเชิงพาณิชย์ จะมีมาตรฐานการกำหนดข้อมูลเฉพาะ (Specification) ทั้งขนาดพื้นที่ รูปร่าง และกำลังไฟฟ้าของเซลล์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ โดยในการผลิตทางอุตสาหกรรมเทอร์โมอิลิเมนต์ชนิดสารกึ่งตัวนำแบบพีและเอ็น(P type - N type) จะถูกนำมาจัดเรียงบนแผ่นฉนวนไฟฟ้าต่อสลับอันดับกันทางวงจรไฟฟ้า และต่อขนานกันในเชิงวงจรความร้อนบนพื้นที่กว้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีทิศทางการเคลื่อนที่ของพาหะไฟฟ้าที่สอดคล้องกับการเกิดปรากฏการณ์ Peltier effect เป็นการสร้างรอยต่อโอห์มมิกที่ผนังอุปกรณ์ด้านร้อนและด้านเย็น ดังโครงสร้างในรูปที่ 2.8 และภาพถ่ายส่วนประกอบในรูปที่ 2.9 ก็จะทำให้ได้พื้นที่ที่ทำความเย็นและการระบายความร้อนเพิ่มขึ้นในส่วนกรณีของชุดเทอร์โมอิเล็กชุดเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (TEC) และ ขณะเดียวกันก็ได้พื้นที่ในการรับพลังงานความร้อนและระบายความร้อนในการสร้างกระบวนการย้อนกลับให้ทำงานเป็นความร้อนและระบายความร้อนในการสร้างกระบวนการย้อนกลับให้ทำงานเป็นเทอร์โมอิเล็กเจนเนอร์เรเตอร์ (TEG) ในรูปที่ 2.10 แสดงสภาพของโครงสร้างรอยต่อโอห์มมิกที่ผนังอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนและด้านเย็นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการนำความร้อนบริเวณรอยต่อ

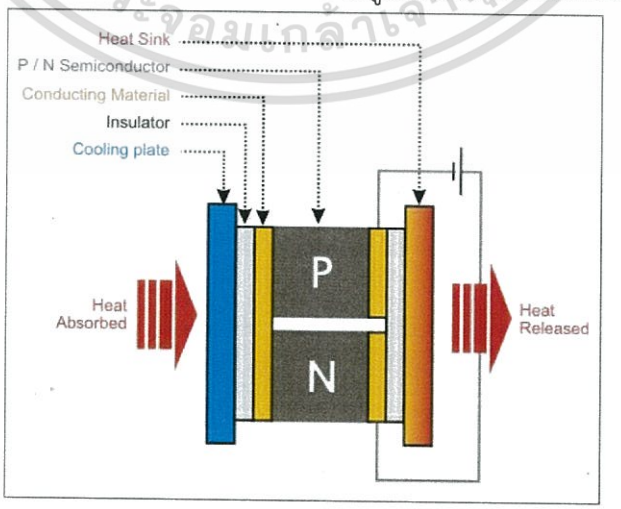
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

ก.แผ่นฉนวนที่จัดเรียงเทอร์โมอิลิเมนต์ ข.ภาพขยายส่วนฐานและเทอร์โมอิลิเมนต์

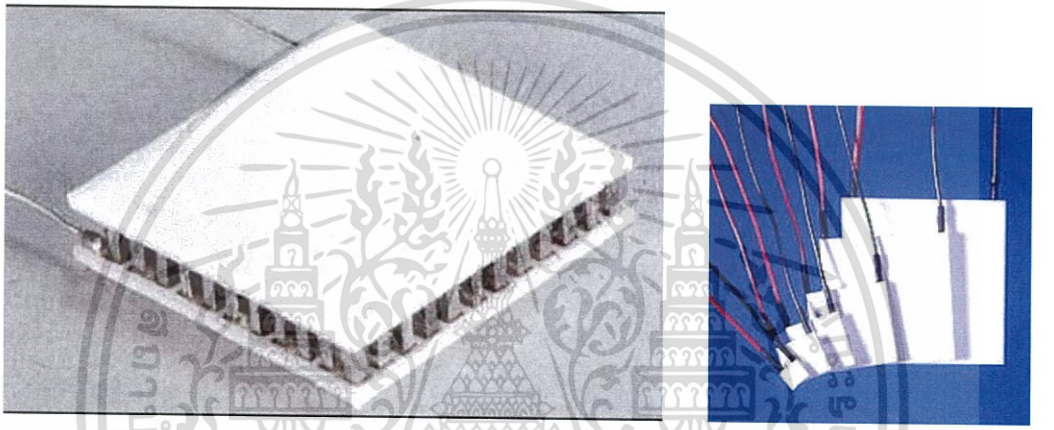
รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)



รูปที่ 2.10 โครงสร้างบริเวณรอยต่อที่ผนังด้านร้อนและผนังด้านเย็น(IJETAE,2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



ก. รูปร่างของเพลเทียร์คูลเลอร์ ข. ขนาดของเซลล์ที่ต่างกัน

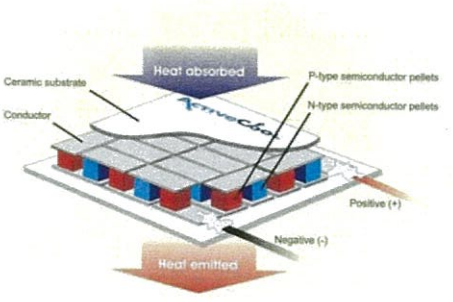
รูปที่ 2.11 เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

2.1.4 การทำความเย็นและการผลิตไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

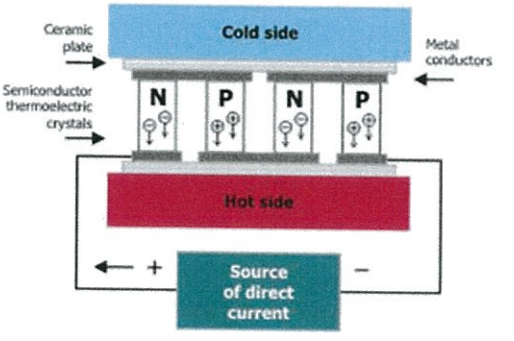
2.1.4.1 การทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ระบบทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์แตกต่างจากระบบทำความเย็นแบบอัดไอเคมี (Compression) ที่ใช้กันทั่วไป เนื่องจากไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวไม่ต้องการสารทำความเย็น ไม่มีเสียงรบกวน การทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ต้องการเพียงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันและกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งระบบระบายความร้อนด้วยพัดลมหรือน้ำ ที่เหมาะสมกับการสูบปริมาณความร้อนของเซลล์ออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นโดยจัดวงจรตามแผนภาพรูปที่ 2.12 การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเทอร์โมอิลิเมนต์ก่อให้เกิดกลุ่มพาหะประจุรับความร้อนจากผนังด้านเย็นเคลื่อนไปปล่อยที่ผนังด้านร้อนที่อยู่ตรงกันข้าม ทำให้ผนังด้านเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงต่อเนื่องจนมีเกล็ดน้ำแข็งซึ่งเกิดจากความชื้นในอากาศจับตราบเท่าที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าป้อนให้ระบบและระบายความร้อนออกจากผนังด้านร้อนของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. การทำความเย็นด้วยแผ่น TEC



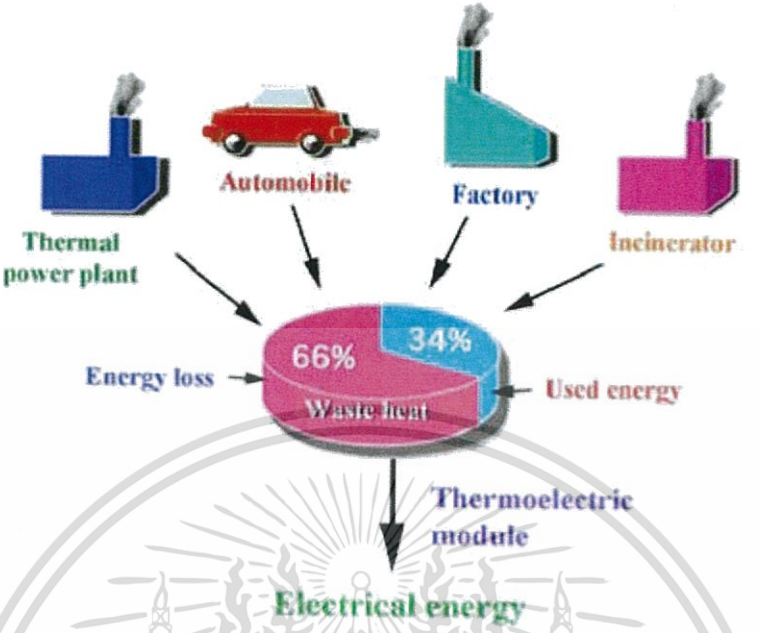
ข. การทำงานของ TEC 2 รอยต่อ

รูปที่ 2.12 การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

2.1.5 แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง

การเปลี่ยนรูปพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ได้แก่เชื้อเพลิงฟอสซิล เชื้อเพลิงชีวะมวล หรือ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นต้น ไปเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและงานด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่นการใช้ความร้อนสำหรับจักรกลไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ความร้อนเพื่อแปรรูปโลหะ การสันดาปเครื่องยนต์ การเผาขยะในระบบปิด และการทำความเย็นแบบ absorption เป็นต้น พบว่า ประสิทธิภาพของการนำความร้อนจากแหล่งพลังงานดังกล่าวไปใช้ประโยชน์นั้นทำได้เพียง 30%-40% เท่านั้นความร้อนส่วนเกินต้องทิ้งไปกับระบบระบายความร้อนในระบบแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อน ซึ่งต้องสูญเสียพลังงานไป 60%-70% เนื่องจากข้อจำกัดของประสิทธิภาพคาร์โนต์ในการแปรผันพลังงานตามวัฏจักรคาร์โนต์ เรียกความร้อนที่ไม่ก่อประโยชน์นี้ว่า ความร้อนเหลือทิ้ง กระบวนการแปรรูปพลังงานความร้อนและเกิดความร้อนเหลือทิ้งแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ความร้อนเหลือทิ้งจากการใช้พลังงานแหล่งต่าง ๆ(โรงเรียนทหารสื่อสาร,2015)

ตามกฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ความร้อนเป็นรูปแบบของพลังงานสามารถแปลงเป็นพลังงานที่สามารถใช้งานได้เฉพาะในกรณีที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสองแหล่งความร้อน ประสิทธิภาพ ของการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมจะหาค่าประสิทธิภาพคาร์โนต์ได้ คือ

$$\eta_{carnot} = \frac{T_h - T_c}{T_h}$$ (ทศวรรษ สีตะวัน,2556)

โดยที่ Th และ Tc เป็นอุณหภูมิสูงและต่ำตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาการหาค่ากระแส ศึกษาหาค่าแรงดันไฟฟ้าและรวมถึงการศึกษาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยการศึกษานั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการจำลองแบบจำลองเพื่อวัดค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า และส่วนที่สองจะเป็นการคำนวณเพื่อหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และนำไปพิจารณาเพื่อหาจำนวนของเทอร์โมอิเล็กทริกส์เพื่อใช้ในชุดทดลอง

3.1 ศึกษาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

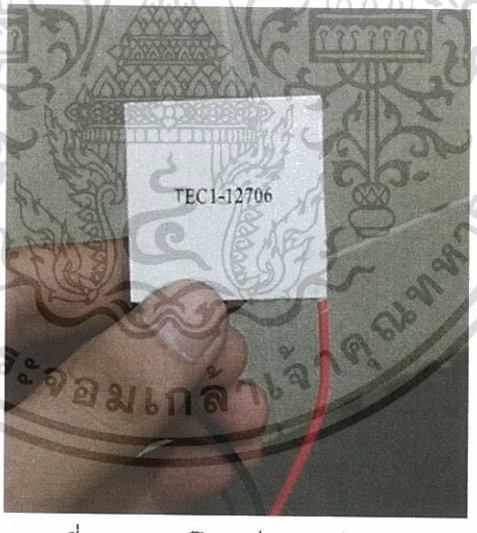
จากการศึกษาทฤษฎี ทำให้ทราบว่าวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกมีการผลิตไฟฟ้าจากความต่างของอุณหภูมิ ดังนั้นในการศึกษาเราจำเป็นต้องวัดค่ากระแสและแรงดันเพื่อทำการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการศึกษามีดังนี้

1) มัลติมิเตอร์
2) เทอร์โมอิเล็กทริกส์
3) ถังเก็บน้ำอุ่น
4) ถังน้ำเย็น
5) เทอร์โมมิเตอร์
6) LEDสีต่างๆ

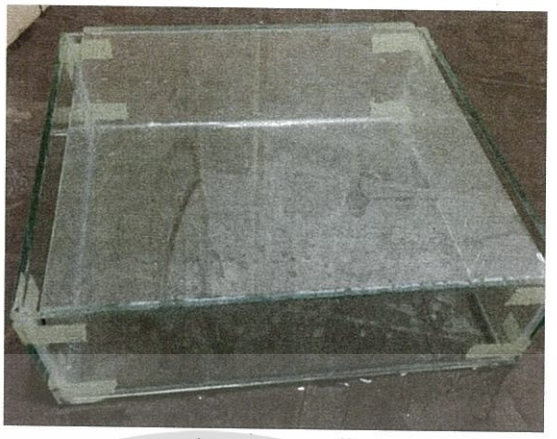
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 มัลติมิเตอร์



รูปที่ 3.2 เทอร์โมอิเล็กทริกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ถังเก็บน้ำอุ่น

รูปที่ 3.4 ถังน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 เทอร์โมมิเตอร์

รูปที่ 3.6 LEDสีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์จากการต่อแบบอนุกรม

จากการทดลองในเบื้องต้นจากการนำวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 4 ชิ้นมาทำการทดลองโดยนำมาต่อแบบอนุกรมจากการทดลองพบว่า แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่า 3.025 V และค่ากระแสที่ได้มีค่า 0.06 A

และเมื่อนำมาทำการทดลองโดยการต่อLEDพบว่าแรงดันไฟสามารถทำให้ไฟติดได้ทุกสีและสามารถนำไปทำการทดลองได้โดยเพิ่มจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็กอื่นๆ ได้อีก

3.3 วิธีการทดลอง

1) วางถังเก็บน้ำอุ่นที่ที่จะทำการทดลอง

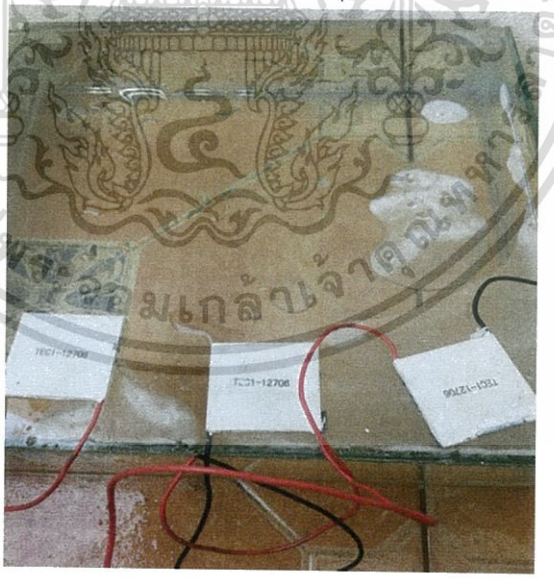
รูปที่ 3.7 วางถังเก็บน้ำอุ่นที่ที่จะทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เติมน้ำอุ่นที่ใช้ทำการทดลองและวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.8 เติมน้ำอุ่นที่ใช้ทำการทดลองและวัดอุณหภูมิ

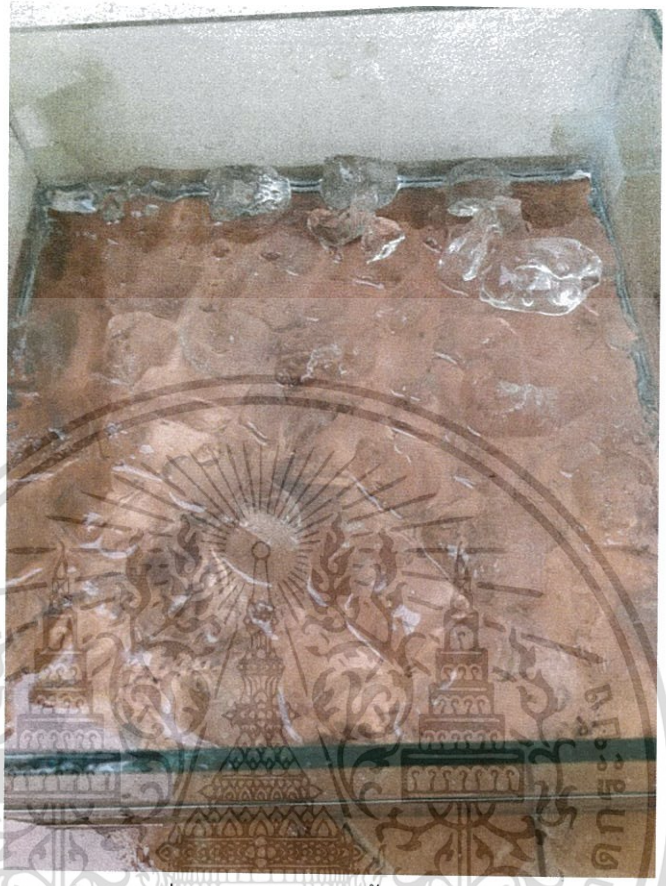
3) วางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่ด้านบนของถังเก็บน้ำอุ่น



รูปที่ 3.9 วางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่ด้านบนของถังเก็บน้ำอุ่น

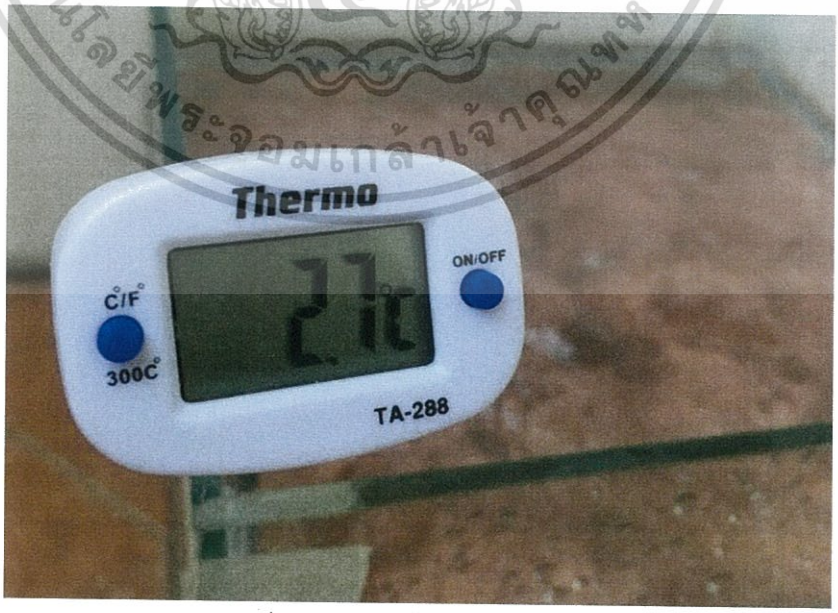
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) วางถังเก็บน้ำเย็นที่ด้านบน



รูปที่ 3.10 วางถังเก็บน้ำเย็นที่ด้านบน

5) วัดอุณหภูมิที่ด้านน้ำเย็น



รูปที่ 3.11 วัดอุณหภูมิที่ด้านน้ำเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าที่ได้ออกมา

รูปที่ 3.12 ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าที่ได้ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลองที่นำมาใช้ในการทดลอง

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 2 อุณหภูมิในการให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าโดยมีน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 40.6 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2.7 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.1 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์1ตัวได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.298	0.06
0.301	0.06
0.299	0.06
0.300	0.06
0.298	0.06
0.301	0.06
0.300	0.06
0.298	0.06
0.297	0.06
0.300	0.06

ตารางที่ 4.2 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่อแบบอนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.581	0.06
0.595	0.06
0.593	0.06
0.584	0.06
0.593	0.06
0.589	0.06
0.597	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่อแบบอนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
3.012	0.06
3.013	0.06
3.014	0.06
3.015	0.06
3.015	0.06
3.012	0.06
3.012	0.06
3.013	0.06
3.013	0.06
3.012	0.06

ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง

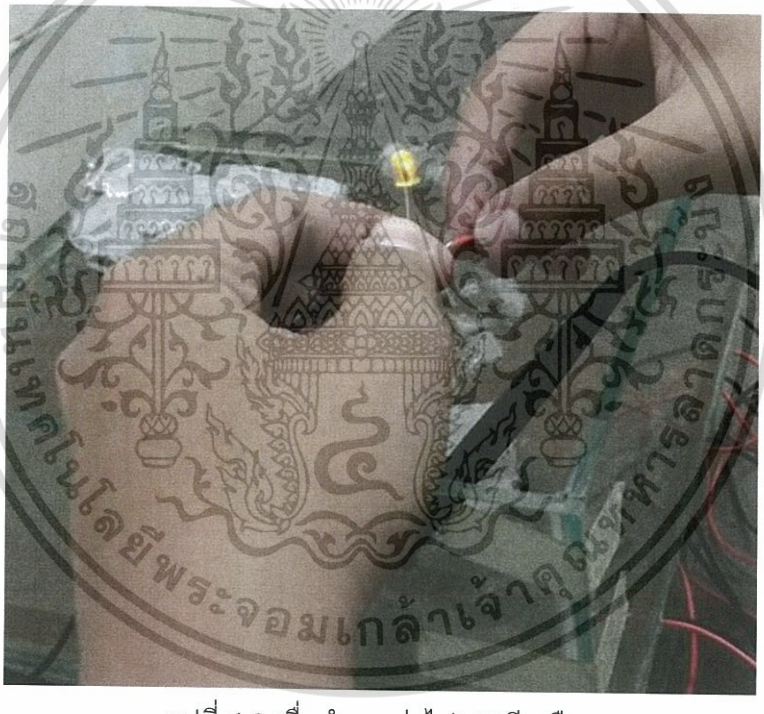
$$P = IV$$
$$= 0.06*3.013$$
$$= 0.18\ W$$

ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่สามารถคำนวณออกมาได้

$$S = V/T$$
$$= 0.3/37.9$$
$$= 0.007\ (V/K)$$

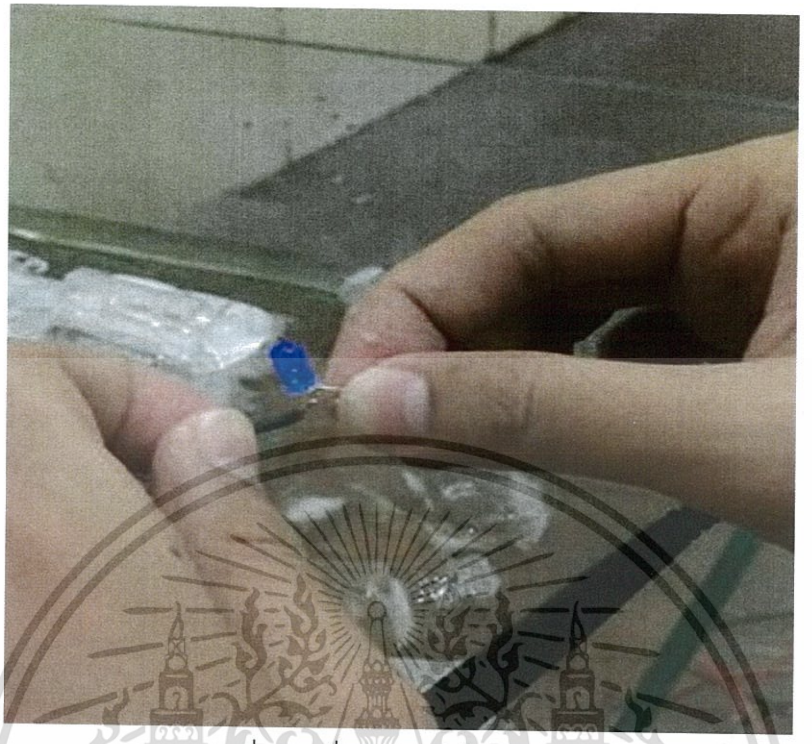
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีขา

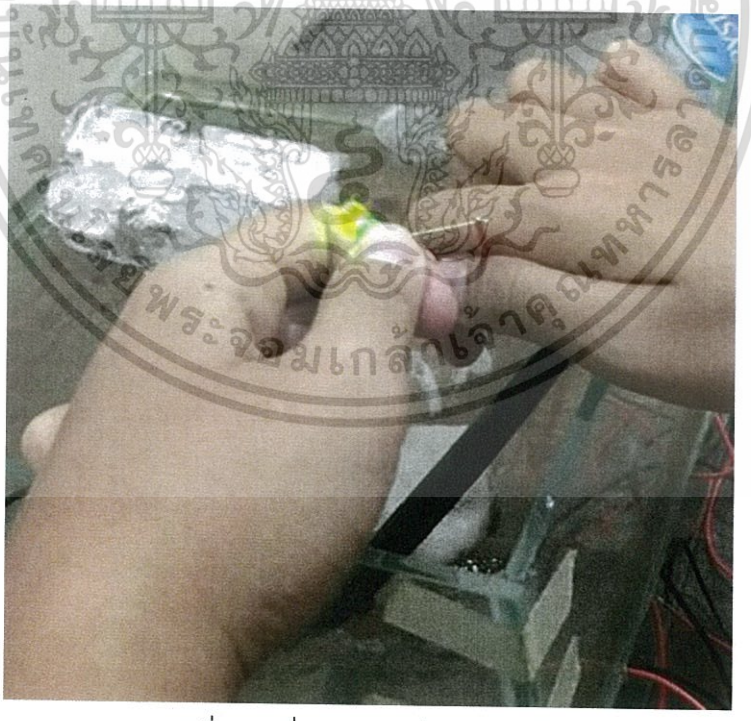


รูปที่ 4.2 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีฟ้า



รูปที่ 4.4 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 เมื่อทำการต่อไฟLEDสีแดง

4.2 ผลการทดลองที่ไม่ได้นำมาใช้

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 2 อุณหภูมิในการให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าโดยมีน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 28.0 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 3.9 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.4 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัวได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.245	0.06
0.245	0.06
0.246	0.06
0.244	0.06
0.245	0.06
0.245	0.06
0.245	0.06
0.246	0.06
0.244	0.06
0.245	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่ออนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.490	0.06
0.489	0.06
0.490	0.06
0.489	0.06
0.489	0.06
0.488	0.06
0.490	0.06
0.488	0.06
0.488	0.06
0.489	0.06

ตารางที่ 4.6 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่ออนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
2.488	0.06
2.489	0.06
2.489	0.06
2.489	0.06
2.490	0.06
2.488	0.06
2.487	0.06
2.488	0.06
2.487	0.06
2.488	0.06

จากการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 2 อุณหภูมิในการให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าโดยมีน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 31.7 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2.9 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 1 ตัวได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.252	0.06
0.252	0.06
0.252	0.06
0.251	0.06
0.251	0.06
0.251	0.06
0.252	0.06
0.252	0.06
0.251	0.06
0.252	0.06

ตารางที่ 4.8 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่ออนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.500	0.06
0.500	0.06
0.501	0.06
0.500	0.06
0.501	0.06
0.501	0.06
0.501	0.06
0.500	0.06
0.500	0.06
0.500	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวต่ออนุกรมได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
2.511	0.06
2.511	0.06
2.512	0.06
2.511	0.06
2.511	0.06
2.510	0.06
2.510	0.06
2.510	0.06
2.511	0.06
2.512	0.06

ทำการทดลองโดยใช้อุณหภูมิ 2 อุณหภูมิในการให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าโดยมีน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 46.6 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2.6 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.10 เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2 ตัวต่อขนานได้ผลการทดลองดังนี้

แรงดันไฟฟ้าที่ได้	กระแสที่ได้
0.324	0.15
0.325	0.15
0.326	0.15
0.324	0.15
0.324	0.15
0.326	0.15
0.326	0.15
0.325	0.15
0.324	0.15
0.325	0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานผู้จัดทำได้ผลการทดลองของการผลิตไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ซึ่งผลการทดลองที่นำมาใช้ได้เห็นผลชัดเจนที่สุดคือเมื่อมีอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิในการให้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ผลิตไฟฟ้าโดยมีน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 40.6 องศาเซลเซียส และน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2.7 องศาเซลเซียสและทำการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 10 ตัวแบบอนุกรม จะผลการทดลองคือมีความต่างศักย์ที่ 3.013 V และมีกระแสที่ 0.06 A ซึ่งเรานำมาทดสอบโดยการต่อLEDซึ่งสามารถทำให้LEDติดได้แต่เมื่อนำมาทดสอบกับมอเตอร์พบว่าไม่สามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้เนื่องจากมีกระแสที่น้อยเกินไป

5.2 อุปสรรคการดำเนินงาน

ในการทดลองนี้มีความล้มเหลวเกิดขึ้นเพราะการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ในการนำมาผลิตไฟฟ้าเพราะแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่ใช้นำมาทดลองมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการผลิตความเย็นมากกว่าที่จะนำมาผลิตไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากระแสที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยมาก ทำให้ทราบข้อผิดพลาดของการทดสอบด้วยมอเตอร์ว่ากระแสที่ได้จากการทดลองไม่สามารถทำให้มอเตอร์หมุนได้จึงข้อเสนอแนะดังนี้

1) ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ชนิดอื่นที่เหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้า

2) ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ตัวเดิม(TEC12706)ในจำนวนที่มากขึ้นเพื่อเพิ่มกระแสจะทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพิ่มเติมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] โรงเรียนทหารสื่อสาร. 2015. แผ่นทำความเย็น/ผลิตไฟฟ้าด้วย เทอร์โมอิเล็กทริค การจัดองค์ความรู้ โรงเรียนทหารสื่อสาร. [Online].

Available : http://km.signalschool.net/wp-content/uploads/2015/01/ch2.pdf

[2] ทศวรรษ สีตะวัน, เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริก, ตำรา, (Series: Graduate) มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2556, ISBN: 978-974-445-634-2

[3] IJETAE. 2013. **Review on Thermoelectric Devices.** [Online].

Available : http://www.ijetae.com/files/Volume3Issue10/IJETAE_1013_111.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แผ่นเพลเทียร์ที่ใช้ในการทดลอง

รุ่น TEC1-12706

ขนาด: 40mm x 40mm x 4mm

สามารถให้ไฟฟ้า 0-15.2 V กระแสตรงและ 0-6 A ถ้าได้แหล่งความร้อนที่ดีสามารถผลิตกระแสได้ 4.0 A

ทำงานที่อุณหภูมิ -30 ถึง 70 องศาเซลเซียส

ผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 60 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้