

การศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ระบบทำความเย็นระดับต่ำกว่า
ศูนย์องศาเซลเซียสโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

FEASIBILITY STUDY OF THE FABRICATION OF BELOW
ZERO DEGREE CELSIUS COOLING SYSTEM BY
THERMOELECTRIC MODULE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ระบบทำความเย็นระดับต่ำกว่า
ศูนย์องศาเซลเซียสโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

FEASIBILITY STUDY OF THE FABRICATION OF BELOW
ZERO DEGREE CELSIUS COOLING SYSTEM BY
THERMOELECTRIC MODULE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FEASIBILITY STUDY OF THE FABRICATION OF BELOW
ZERO DEGREE CELSIUS COOLING SYSTEM BY
THERMOELECTRIC MODULE**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BECHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LAKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ระบบทำความเย็นระดับต่ำกว่า ศูนย์องศาเซลเซียสโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล
Feasibility study of the fabrication of below zero degree Celsius cooling system by thermoelectric module

ชื่อนักศึกษา นาย กฤติน อุ่นที
นาย สรายุทธ ทาหนองบัว

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต





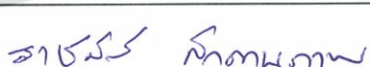
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2555

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ราชศักดิ์ สักदानุภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์
ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ. กางปัญญา สุวรรณสุขโข	
ดร. ประธาน บุรณศิริ	
ดร. ณัฐพร พรหมรส	
ดร. อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก	
ดร. ราชศักดิ์ สักदानุภาพ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ระบบทำความเย็นระดับต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล
ชื่อนักศึกษา	นาย กฤติน อุ่นที นาย สราวุธ ทาหนองบัว
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อาภาภรณ์ สกฤตการะเวก
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. ราชศักดิ์ สักदानุภาพ

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการประดิษฐ์ระบบทำความเย็นในระดับต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล เพื่อทำการวิเคราะห์เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลชนิดต่างๆ ซึ่งทางฝั่งด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลถูกวางไว้บนทองแดงที่มีอุณหภูมิ 1-2°C และทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลตั้งแต่ 2-6 V อุณหภูมิที่ได้ทางฝั่งด้านร้อนและด้านเย็นถูกวัดและเก็บบันทึกข้อมูลด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ทุกๆ 30 วินาที ผลที่ได้แสดงถึงคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล คือ ความต้านทานภายใน, ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง ทำการศึกษาวิเคราะห์เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจำนวน 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนกรมและการต่อกัน 2 ชั้นของโมดูล แยกจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่โมดูลแต่ละตัว สำหรับการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะให้อุณหภูมิทางด้านเย็นมีอุณหภูมิต่ำที่สุดแต่อุณหภูมิที่ได้ไม่เป็นไปตามอุดมคติ สุดท้ายนี้ในโครงพิเศษมีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจำนวน 2 ชั้นแบบสำเร็จรูปใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลอุณหภูมิมากกว่าการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นแบบแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Feasibility study of the fabrication of below zero degree Celsius cooling system by thermoelectric module
Students	Mr. Kittin Ountee Mr. Sarayut Thanongbua
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Applied Physics
Academic Year	2555
Advisor	Dr. Apaporn Sakulkalavek
Co-Advisor	Dr. Rachasak Sakdanupap

ABSTRACT

In this work, a feasibility study of the fabrication of below zero degree Celsius cooling system by thermoelectric module (TE). The various types of TE module were investigated. The hot side of TE module was attached with Cu block that was cooled at 1-2 °C. The DC voltage applied to TE module in the range 2-6 V. The hot and cool side were measured by type-K thermocouple and collected data every 30 sec. The result show that thermoelectric properties of TE module i.e. internal resistance, Seebeck coefficient decrease with decreasing temperature. The investigation of two – stage TE modules was studied by using a commercial module and a two – stack module. The supply voltage was applied independently in each module. For the two – stack module, minimum temperature of cool side is higher than ideal case Finally commercial 2 – stage module were investigated with the same condition.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. อภาภรณ์ สกุลกระเวก อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดและเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้โครงการพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดระยะเวลาการศึกษา จนผู้วิจัยสามารถนำความรู้มาใช้ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จ

ขอขอบคุณเพื่อน นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอน้อมรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ทำให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษา จนสามารถทำวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
คำย่อและสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนของงานวิจัยและวิธีดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัย	
2.1 ปรัชญาการณัฑ์เทอร์โมอิเล็กทริก	4
2.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก	6
2.3 ความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุที่อุณหภูมิต่ำ	8
2.3.1 ตัวนำ	8
2.3.2 สารกึ่งตัวนำ	9
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	11
3.2 วิธีการทดลอง	14
3.2.1 หาสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของโมดูลแต่ละตัว	14
3.2.2 ทดสอบความสามารถในการพาความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแต่ละตัว	14
3.2.3 หาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่ำ	15
3.2.4 ทดสอบความสามารถในการทำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก	16

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.5 โมดูลโดยการต่อแบบ 2 ชั้น	17
3.2.5 ทดสอบความสามารถในการทำ ความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแบบ 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรม	17
3.3 สรุปผลการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล	18
4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค TE A, TE B, และ TEC	18
4.1.2 ค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล A B และ C	20
4.2 ความสามารถในการทำความเย็นของ TE A, TE B, TE C	21
4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นโดยการนำเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลมาต่อกันจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายกำลังไฟฟ้าและแบบสำเร็จรูปเพื่อให้ได้อุณหภูมิ ต่ำที่สุด	27
4.3.1 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล 2 ชั้นแบบแยกจ่าย	27
4.3.2 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรม	32
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แนวทางการดำเนินการ	3
2	ความสามารถในการทำความเย็นของ TE A, TE B, และ TE C	24
3	ความสามารถในการทำความเย็นโดย TE A และ TE C ที่ต่อกันจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง	31



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	เทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล	1
2	การผลิตความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้า	2
3	การผลิตกระแสไฟฟ้า	2
4	ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)	5
5	ปรากฏการณ์เพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิก	6
6	ภาพตัดขวางของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล	8
7	ไดอะแกรมการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก (Refrigerator)	9
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของวัสดุต่างๆ	10
9	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและอุณหภูมิค่าของ ตัวนำจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
10	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและอุณหภูมิค่าของ สารกึ่งตัวนำจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
11	เทอร์โมอิเล็กทริก 9500/12 7/085(A)	12
12	เทอร์โมอิเล็กทริก 1-12706 (B)	12
13	เทอร์โมอิเล็กทริก DT6-6L 82VDC 46W(C)	12
14	เทอร์โมอิเล็กทริก TEC2-71-31-04	13
15	แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงรุ่น GWINSTEK GPS3303 และ MCP S303E	13
16	เครื่องบันทึกอุณหภูมิ LUTRON TM - 9475D และเทอร์โมคัปเปิ้ล TYPE-K	13
17	ทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นฮีตซิงค์	14
18	แผ่นทองแดงที่ประกบติดเทอร์โมอิเล็กทริกชั้นบนสุด	14
19	มัลติมิเตอร์ FULKE รุ่น 115	14
20	ตัวต้านทานปรับค่าได้และชุดวัดคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล	15
21	การทดสอบความสามารถการพาความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละตัว	15
22	การวัดหาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิค่า	16
23	การทดสอบความสามารถเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น โดยการต่อแบบ ชั้น	17
24	ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ	18

TE A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ TE B	19
26	ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ TE C	20
27	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทาน ภายนอก (R_{load}) ของ TE A	20
28	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทาน ภายนอก (R_{load}) ของ TE B	21
29	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทาน ภายนอก (R_{load}) ของ TE C	21
30	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE A	22
31	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE B	23
32	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE C	23
33	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ T(K) ของ TE A	24
34	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ T(K) ของ TE B	25
35	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ T(K) ของ TE C	25
35	สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE A	25
36	สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE B	26
37	สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE C	27
38	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง	27
39	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง	28
40	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง	29

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
41	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง	29
42	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง	30
43	ค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง	30
44	ไดอะแกรมอัตราการดูดและคายพลังงานความร้อนของ TE แต่ละชั้น	31
45	สัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรมที่ความต่างศักย์ 2, 3, 4, 5, 6 V	32
46	ไดอะแกรมอัตราการดูดและคายพลังงานความร้อนของ TE แต่ละชั้น	32
47	สัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรมที่ความต่างศักย์ 1, 2, 3, 4, 5, 6 V	33

คำย่อและสัญลักษณ์

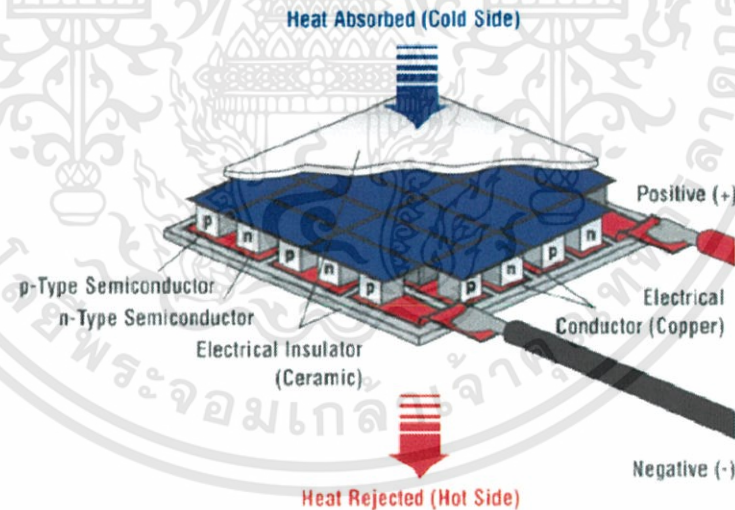
คำย่อ	ความหมาย
TE	เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล
Q_C	อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อน
Q_H	อัตราการคายพลังงานความร้อน
Q_{C2}	อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนในชั้นที่ 2
Q_{H1}	อัตราการคายพลังงานความร้อนในชั้นที่ 1
α	ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค
T_C	อุณหภูมิค้ำเย็น
T_H	อุณหภูมิค้ำร้อน
K	สภาพความนำความร้อน
r	ความต้านทานภายใน
I	กระแสไฟฟ้า
I_{\max}	กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการดึงความร้อน
E	แรงเคลื่อนไฟฟ้า
P	กำลังไฟฟ้า

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

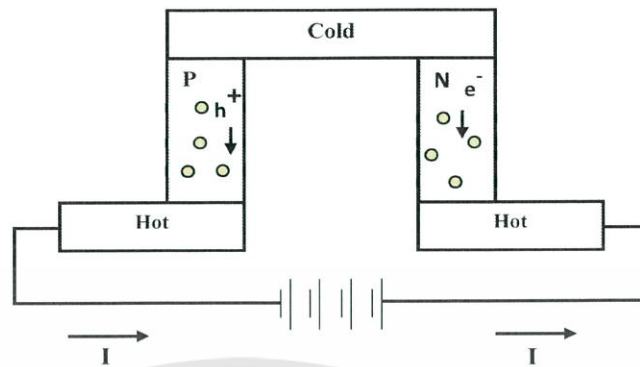
ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการใช้พลังงานมากขึ้น ส่งผลทำให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงขยับตัวสูง นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาภัยธรรมชาติ ซึ่งมีสาเหตุมาจากมนุษย์ใช้สารที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน ดังนั้น เพื่อลดปัญหานี้จึงควรมีการหันมาใช้พลังงานสะอาดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และอื่นๆ แต่ก็ยังมีอุปสรรค บางชนิดที่ใช้แล้วไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นั่นคือ “เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล” ซึ่งได้รับความสนใจและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากข้อดีของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล คือ มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สามารถผลิตความเย็นและผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ส่งเสียงดัง มีอายุการใช้งานนานและไม่ต้องดูแลมากก็ได้ เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นสารกึ่งตัวนำ P-N นำมาต่อเป็นคู่ๆ เรียก P-N junction และนำมาประกอบเป็นโมดูล แต่การนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้งานนั้นยังประสบปัญหาสำคัญ คือ ประสิทธิภาพในการทำงานยังต่ำ จึงต้องมีการค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้น



รูปที่ 1 เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริก มีโหมคการทำงาน 2 โหมค คือ โหมคผลิตกระแสไฟฟ้า และโหมคผลิตความเย็นโดยมีหลักการดังนี้

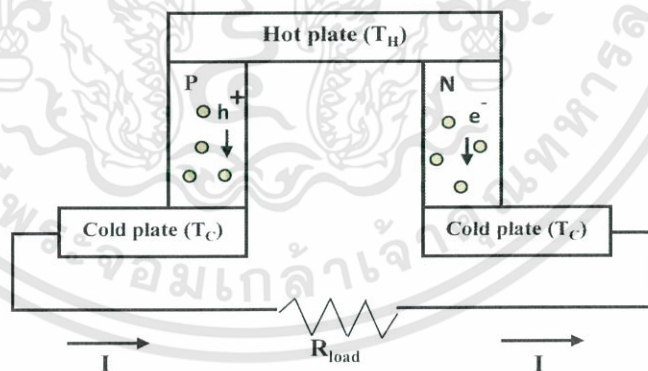
1. โหมดการทำความร้อนด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก



รูปที่ 2 การผลิตความร้อน

โหมดการผลิตความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าจากรูปที่ 2 มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวเทอร์โมอิเล็กทริกโดยส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกมีสารกึ่งตัวนำ P-Type และ N-Type ซึ่งเมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิดนี้จะเกิดการเคลื่อนที่ของพาหะ โดยพาหะข้างมากของ P-Type คือ โฮล (Hole) และของ N-Type คือ อิเล็กตรอน (e^-) โดยโฮลจะมีการเคลื่อนที่ทิศทางเดียวกับกระแสไฟฟ้าส่วนอิเล็กตรอนจะมีการเคลื่อนที่ทิศสวนทางกับกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทั้ง 2 ฝั่ง

2. โหมดการผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3 การผลิตกระแสไฟฟ้า

โหมดการผลิตกระแสไฟฟ้าจากรูปที่ 3 เมื่อทำให้เทอร์โมอิเล็กทริกเกิดผลต่างของอุณหภูมิระหว่าง N-Type และ P-Type พาหะข้างมากของ P-Type (Hole) จะเกิดการเคลื่อนที่จากอุณหภูมิด้านร้อน เคลื่อนที่สู่อุณหภูมิด้านเย็น ส่วนที่ N-Type พาหะข้างมาก (e^-) จะเคลื่อนที่เช่นเดียวกันกับโฮลใน P-Type เมื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริกไปต่อกับโหลดภายนอกจึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

ในงานวิจัยนี้ สนใจโหมดของการผลิตความเย็น โดยการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกเป็น 2 ชั้น ให้ได้อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดและนำไปประยุกต์ใช้ในงานการทดสอบประสิทธิภาพของสารกึ่งตัวนำต่างๆ และอื่นๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น
2. เพื่อนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้งานด้านระบบทำความเย็น
3. เพื่อศึกษาการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกแบบ 2 ชั้น
4. เพื่อออกแบบระบบระบายความร้อนที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาการต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 2 ชั้น แบบแยกจ่าย โดยการเปลี่ยนแปลง แรงดันและ กระแส ไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แนวทางการดำเนินการ

แผนการดำเนินการ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล										
2. เก็บข้อมูล										
3. วิเคราะห์ผลการทดลอง										
4. สรุป										

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทดลอง

1. เข้าถึงทฤษฎีสมการและความเป็นมาของเทอร์โมอิเล็กทริก
2. สามารถออกแบบระบบระบายความร้อนสำหรับการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 ชั้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงสุด
3. รู้จักการนำเอาเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล ไปประยุกต์ใช้ในงานในชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

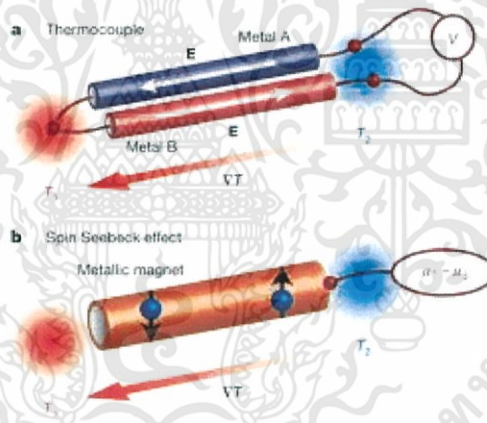
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Effect)

เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือในทางตรงกันข้าม พลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน โดยปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกสามารถอธิบายได้ตามหลักการทำงานโดย 2 ปรากฏการณ์สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect) และปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

ในปี ค.ศ. 1821 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน โทมัส ซีเบค (Thomas Seebeck) ได้ค้นพบว่า เมื่อปลายทั้งสองที่เชื่อมต่อกันของขดลวดโลหะ ซึ่งทำมาจากโลหะ 2 ชนิดที่ต่างกัน ถูกรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4 จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Open Circuit Electromotive Force, E) ขึ้นในวงจร หรือเรียกว่า ซีเบค โวลต์เทจ (Seebeck Voltage) และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)



รูปที่ 4 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

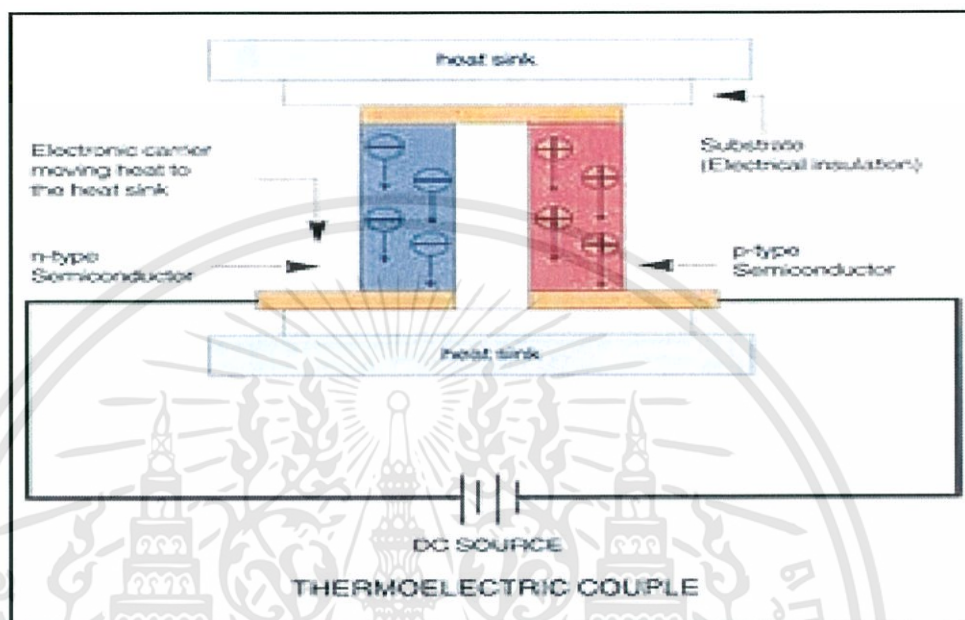
โดยค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ΔT ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1)

$$E = \alpha \cdot \Delta T \quad (1)$$

โดย α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) มีหน่วยเป็น โวลต์/เคลวิน (V/K) ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck Coefficient) บอกถึงความต่างศักย์ที่โลหะเหนี่ยวนำเมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของขดลวดต่างชนิดกันในวงจรแบบเปิด ณ อุณหภูมิที่กำหนด เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคมีค่าสูงขึ้นค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean Charles Athanase Peltier พบว่า เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกันกับที่ซีเบคสร้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5 จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ปลายขั้วทั้งสอง โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะร้อนและปลายอีกข้างหนึ่งจะเย็น และได้เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)



รูปที่ 5 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ทางเทอร์โมไดนามิก

โดยค่าการทำความเย็นที่ปลายขั้วด้านเย็น (Q_c) จะแปรผันโดยตรงกับกระแสไฟฟ้า (I) ที่จ่ายเข้าไปในวงจรดังสมการที่ (2)

$$Q_c = \pi \cdot I \quad (2)$$

โดยที่ π คือ ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ (Peltier Coefficient) มีหน่วย วัตต์/แอมแปร์ (W/A) หรือ วัตต์/โวลต์ (W/V)

ในปี ค.ศ. 1854 William Thomson หรือต่อมารู้จักกันในนาม Lord Kelvin เขาได้ศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ โดยพบว่า สัมประสิทธิ์เพลเทียร์คือผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบค และอุณหภูมิสัมบูรณ์ที่ปลายขั้วของขดลวดโลหะ (T) ดังสมการที่ (3)

$$\pi = \alpha \cdot T \quad (3)$$

และอธิบายสมการอัตราการดูดและคายพลังงานความร้อนได้ดังนี้

อัตราการดูดพลังงานความร้อน

$$Q_C = \alpha T_C I - K(T_H - T_C) - 0.5I^2 r \quad (4)$$

อัตราการคายพลังงานความร้อน

$$Q_H = \alpha T_H I - K(T_H - T_C) + 0.5I^2 r \quad (5)$$

$\alpha T_x I$ คือ ปรากฏการณ์เพลเทียร์, $K(T_H - T_C)$ คือ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล, $0.5I^2 r$ คือ ความร้อนที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

ประสิทธิภาพในการทำความเย็น

$$COP = \frac{Q_C}{P_m} \text{ และ } COP_{\max} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \quad (6)$$

กระแสไฟฟ้าสูงสุดในการดึงความร้อน

$$I_{\max} = 0.5 \frac{T}{r} \quad (7)$$

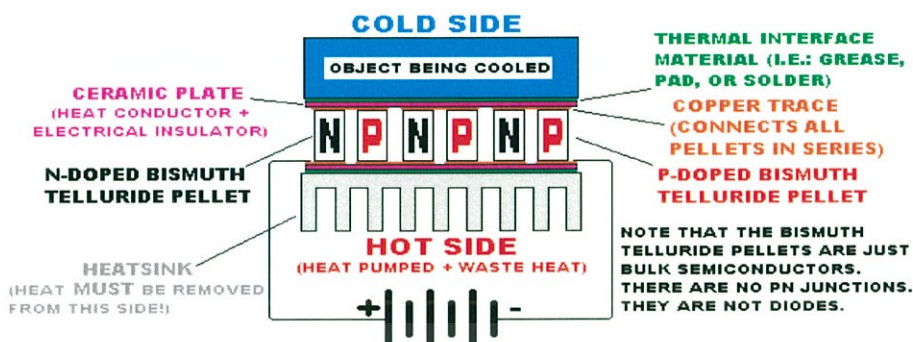
สมการการต่อเทอร์โมอิเล็กทริก 2 ชั้น

$$Q_{C2} = \alpha_2 T_{C2} I_2 - K_2 (T_{H2} - T_{C2}) - 0.5I_2^2 r_2 \quad (8)$$

$$Q_{H1} = \alpha_1 T_{H1} I_1 - K_1 (T_{H1} - T_{C1}) + 0.5I_1^2 r_1 \quad (9)$$

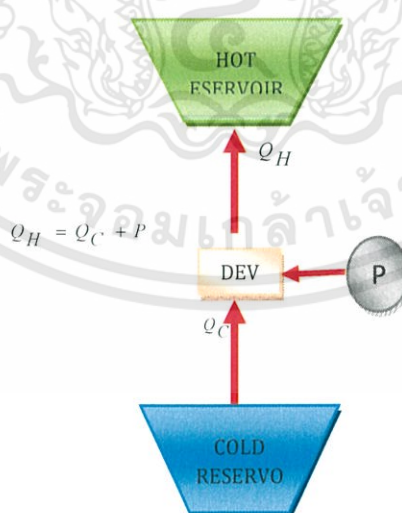
2.2 หลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นอุปกรณ์ในสถานะของแข็ง (Solid-State) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลทำงานโดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และสามารถเรียกได้อีกชื่อว่า เพลเทียร์โมดูล (Peltier Module) เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลที่ขายตามท้องตลาดจะถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำ Bismuth Telluride แบบพี-เอ็น (P-N Type) จำนวนมากที่เรียงต่อกันทางไฟฟ้าแบบอนุกรม และทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแบบขนานระหว่างแผ่นเซรามิกทั้งสอง ซึ่งแผ่นเซรามิกทั้งสองนี้ไม่เพียงแต่ทำหน้าที่เป็นตัวยึดของชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นระหว่างสารกึ่งตัวนำและตัวระบายความร้อนหรือฮีตซิงค์ (Heat Sink) ซึ่งติดตั้งไว้ทั้งทางด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล อีกด้วย รูปที่ 6 แสดงภาพตัดขวางของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล



รูปที่ 6 ภาพตัดขวางของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลตัวหนึ่งอาจประกอบไปด้วยเทอร์โมคัปเปิลจำนวนมากที่ถูกจัดวางเป็นแบบเมตริกซ์ซึ่งโดยทั่วไปเป็นไปเป็นสารกึ่งตัวนำแบบพี - เอ็น (P-N Type) ตั้งแต่ 3 ถึง 127 คู่ ลักษณะของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเป็นดังแสดงในรูปที่ 1 เทอร์โมอิเล็กทริก 1 โมดูล สามารถทำงานที่อุณหภูมิแตกต่างกันได้มากถึง 70 องศาเซลเซียส และสามารถถ่ายเทความร้อนได้อัตรามากถึง 125 วัตต์ นอกจากนี้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลยังสามารถนำมาติดตั้งซ้อนกันเป็นชั้นทรงปิรามิด เพื่อเพิ่มความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและเย็นการทำเช่นนี้จะสามารถให้เกิดอุณหภูมิแตกต่างระหว่างกันได้สูงถึง 130 องศาเซลเซียสโดยสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นมากกว่า 70 องศาเซลเซียส



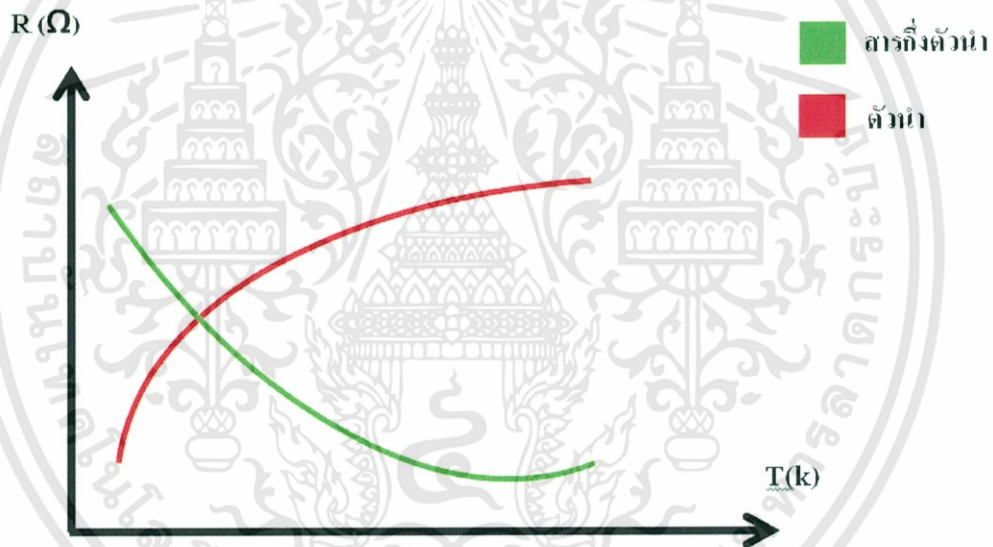
รูปที่ 7 ไดอะแกรมการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริก (Refrigerator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 แสดงการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลในโหมดการผลิตความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้า โดยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลจะดูดพลังงานความร้อน Q_C ที่อุณหภูมิด้านเย็น T_C แล้วผ่านเข้าไปในเทอร์โมอิเล็กทริกและจะคายพลังงานความร้อน Q_H ออกไปทางอุณหภูมิด้านร้อน T_H แต่การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกได้จะต้องถ่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าไปด้วยและจากกฎอนุรักษ์พลังงานจะได้ $Q_H = Q_C + P$ อัตราคายพลังงาน ความร้อนจะเท่ากับอัตราการดูดพลังงาน ความร้อนรวมกับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไป

2.3 ความต้านทานไฟฟ้าของวัสดุต่างๆ

เราสามารถแบ่งวัสดุตามความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ 3 แบบคือ ตัวนำไฟฟ้า สารกึ่งตัวนำ และฉนวนไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงของวัสดุแต่ละประเภทจะแตกต่างกันดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิของวัสดุต่างๆ

2.3.1 ตัวนำ

ตัวนำ (Conductor) ภายในตัวนำมีพาหะอิสระจำนวนมากและมีจำนวนคงที่และเคลื่อนที่ชนกันอยู่ภายใน เมื่อให้อุณหภูมิที่สูงขึ้นแก่ตัวนำที่สูงขึ้นจะเกิดการกระตุ้นพาหะอิสระให้เคลื่อนที่ชนกันมากยิ่งขึ้นภายในตัวนำ ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของพาหะอิสระลดลงและความต้านทานภายในเพิ่มขึ้น

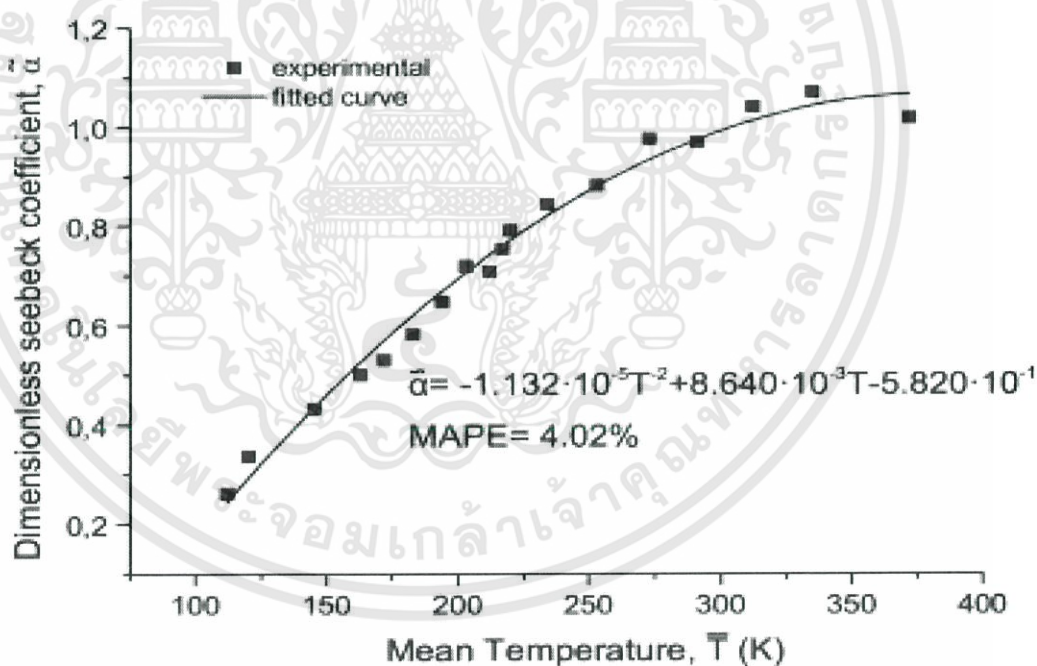
2.3.2 สารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เป็นวัสดุทางไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน

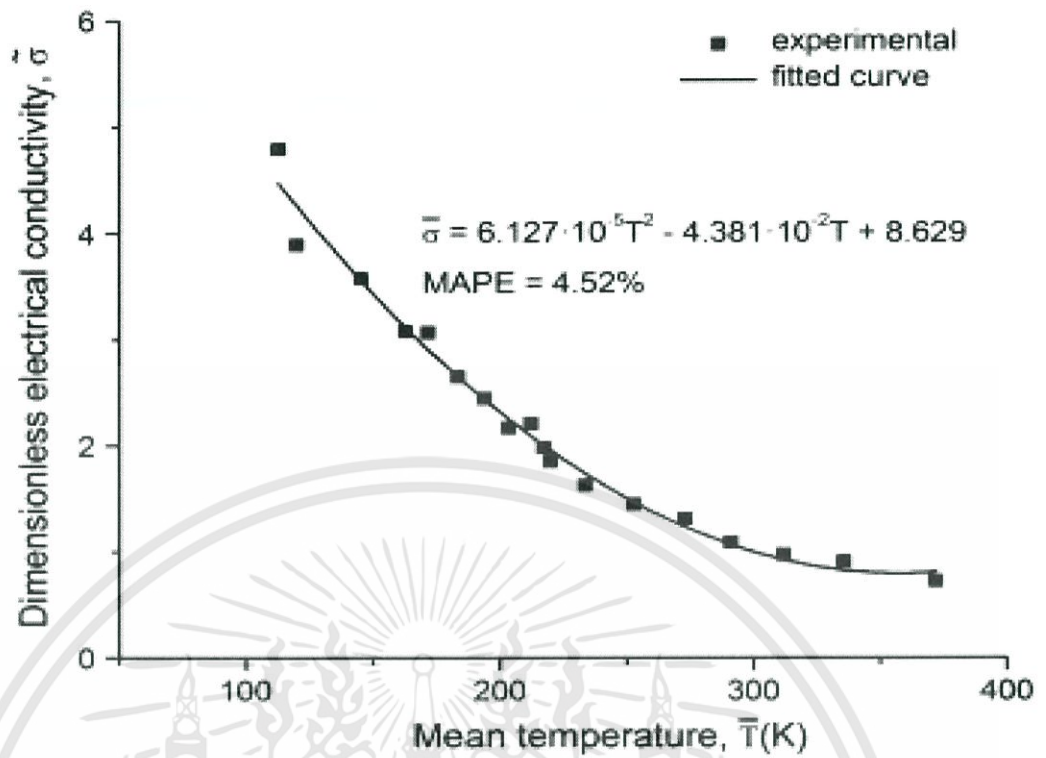
สมบัติของสารกึ่งตัวนำเป็นวัสดุทางไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำ และฉนวน สารกึ่งตัวนำมีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างจากตัวนำและฉนวน คือ การนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำจะเปลี่ยนแปลงได้ตาม

- อุณหภูมิ
- แสงที่ตกกระทบ
- ปริมาณสารเจือ
- ปริมาณจุดบกพร่องในเนื้อสาร

จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังรูปที่ 9 และ 10 พบว่านอกจากความต้านทานภายใน (r) ของ TE จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคยังขึ้นกับอุณหภูมิแบบ $S \propto T^2$



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและอุณหภูมิค่าของตัวนำจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง



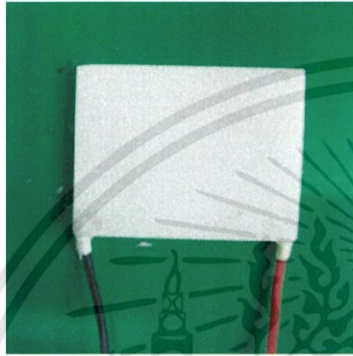
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคและอุณหภูมิต่ำของสารกึ่งตัวนำจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

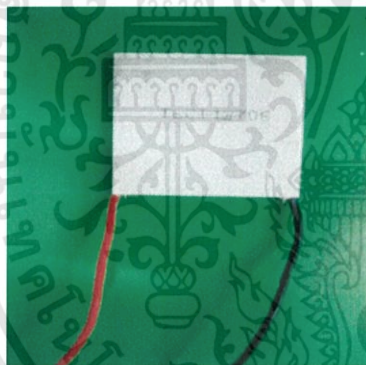
ในงานวิจัยนี้ นำเทอร์โมอิเล็กทริกและอุปกรณ์อื่นๆ มาใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 11 เทอร์โมอิเล็กทริก 9500/127/085(A)

TEC 9500/127/085 Size: 3.97 x 3.97 x 3.94	
Imax (Amps)	8.5
Vmax (Volts)	17.5
Delta T(°C)	72



รูปที่ 12 เทอร์โมอิเล็กทริก 1-12706 (B)

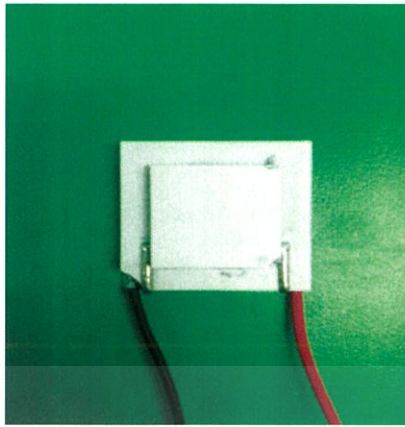
TEC1-12706 Size: 4.0 x 4.0 x 4.0		
hot Side Temperature (°C)	25	50
Pmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
Imax (Amps)	6.4	6.4



รูปที่ 13 เทอร์โมอิเล็กทริก DT6-6L 82VDC 46W(C)

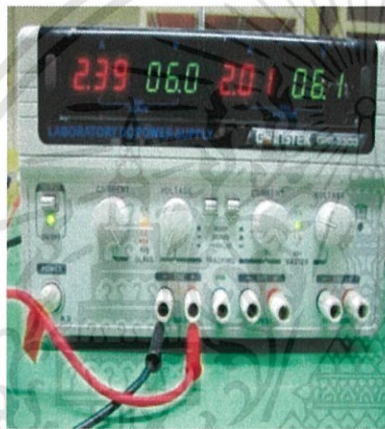
DT6-6L Size : 3 x 3 x 4		
Hot Side Temperature (°C)	27	74
TMax (C-dry N2)	66	73
Qmax (watts)	30	33
Imax (amps)	5.6	5.6
Vmax (vdc)	8.2	9.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

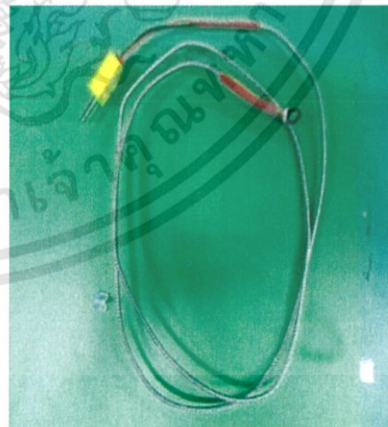
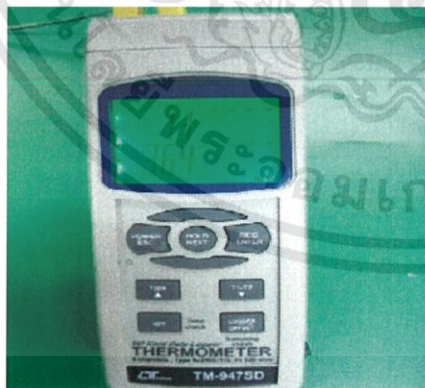


TEC2-71-31-04		
20mm×20mm (top)/30mm×30mm (bottom).		
Hot Side Temperature (°C)	27	50
TMax (C-dry N2)	92	103
Qmax (watts)	13.6	14.9
I _{max} (amps)	4.6	4.6
V _{max} (vdc)	8.2	9.2

รูปที่ 14 เทอร์โมอิเล็กทริก TEC2-71-31-04

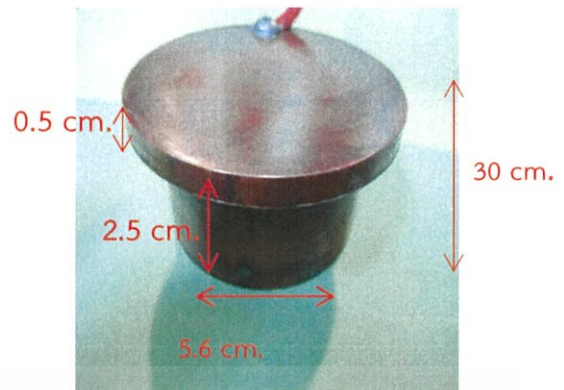
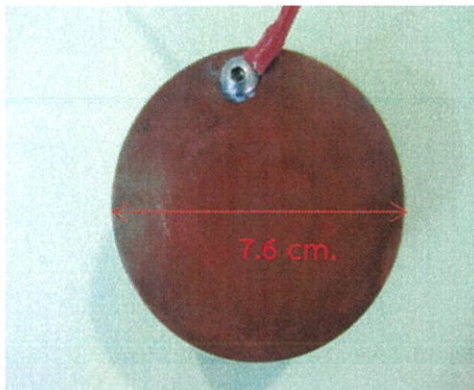


รูปที่ 15 แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงรุ่น GWINSTEK GPS3303 และ MCP S303E

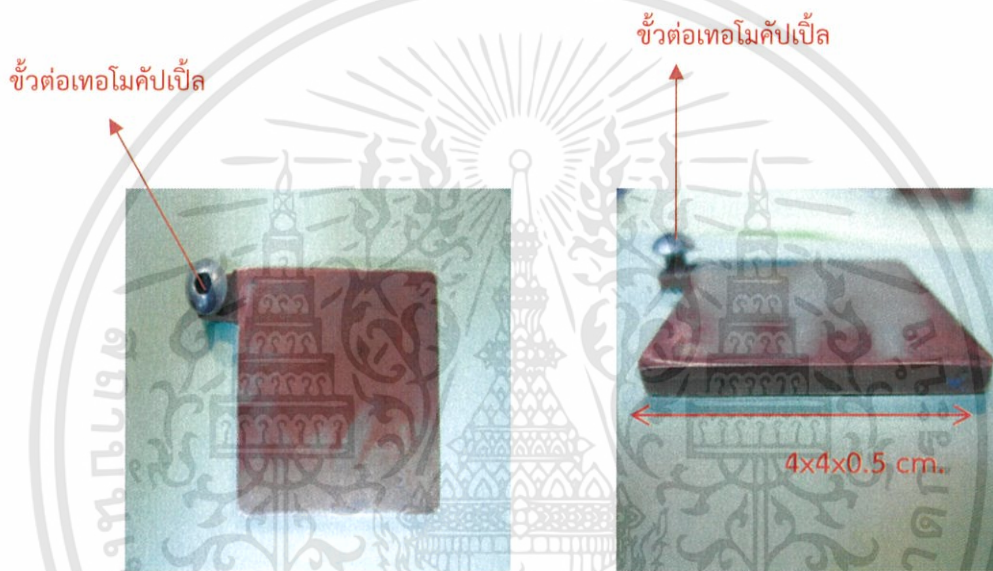


รูปที่ 16 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ LUTRON TM - 9475D และ เทอร์โมคัปเปิ้ล TYPE-K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 ทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นฮีตซิงค์

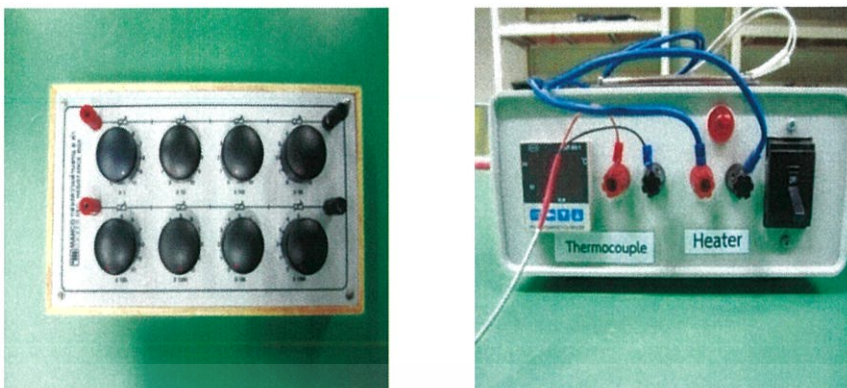


รูปที่ 18 แผ่นทองแดงที่ประกบติดเทอร์โมอิเล็กทริกชั้นบนสุด



รูปที่ 19 มัลติมิเตอร์ FULKE รุ่น 115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 ตัวต้านทานปรับค่าได้และชุดวัดคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

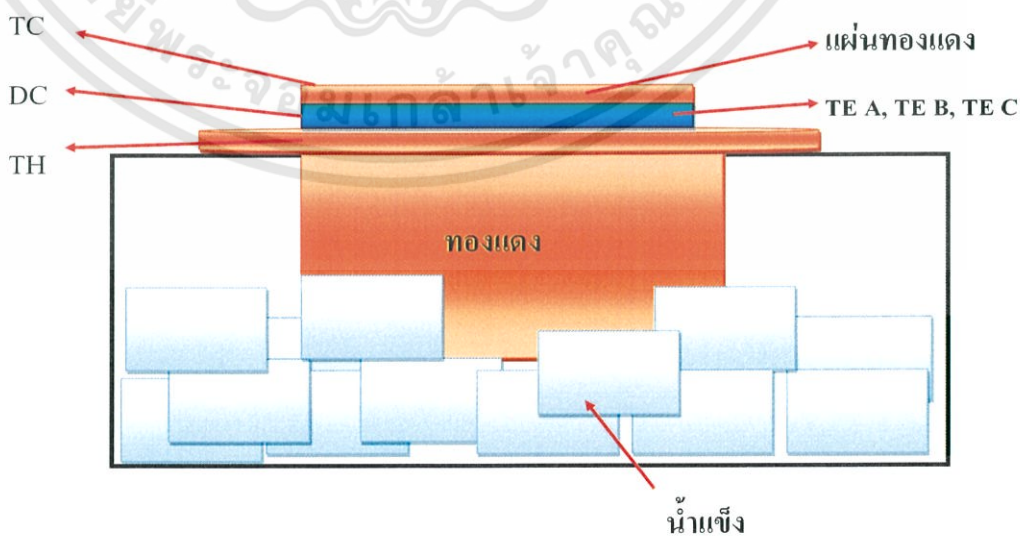
3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 หาสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของโมดูลแต่ละตัว

- ให้ความร้อนกับเทอร์โมอิเล็กทริกโดยกำหนดอุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เป็น 30, 31, 32, ..., 40 °C วัดอุณหภูมิด้านเย็น (T_C) และความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc})
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (V_{oc}) และ ΔT โดยที่ความชันของกราฟจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค
- กำหนดอุณหภูมิทางด้านร้อน (T_H) = 30, 35, 40 °C แล้วนำ TE ต่อกับความต้านทานภายนอก (Rload) ตั้งแต่ 1-10 Ω วัดกระแสและความต่างศักย์ตกคร่อม Rload
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Power และ Rload วิเคราะห์กราฟเพื่อหาความต้านทานภายในโมดูล

3.2.2 ทดสอบความสามารถในการพาความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลแต่ละตัว

- จัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 21



รูปที่ 21 การทดสอบความสามารถในการพาความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

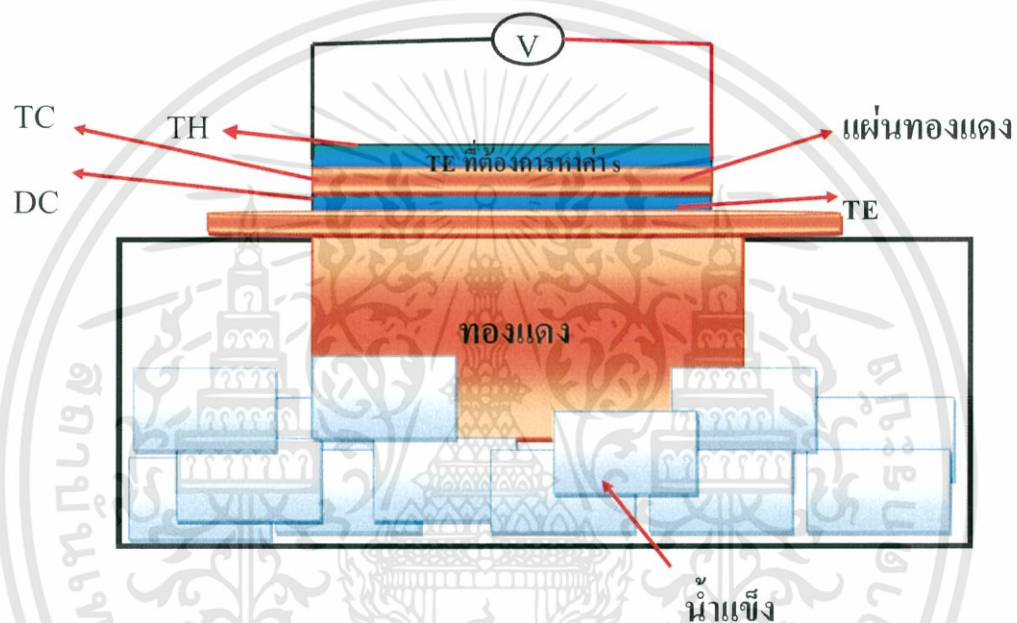
-จ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าให้กับโมดูล บันทึกลำค่า T_C และ T_H โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นเวลา 15 นาที

-นำเทอร์โมอิเล็กทริกมาต่อเป็นชุดรูปที่ 21 จ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้า บันทึกลำค่า T_C และ T_H

-ประเมินความสามารถในการทำความเย็น

3.2.3 หาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่ำ

- จัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 การวัดหาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่ำ

ชั้นที่ 1 TE เพื่อวัดค่าความต่างศักย์นำไปหาค่าซีเบคที่อุณหภูมิต่ำ

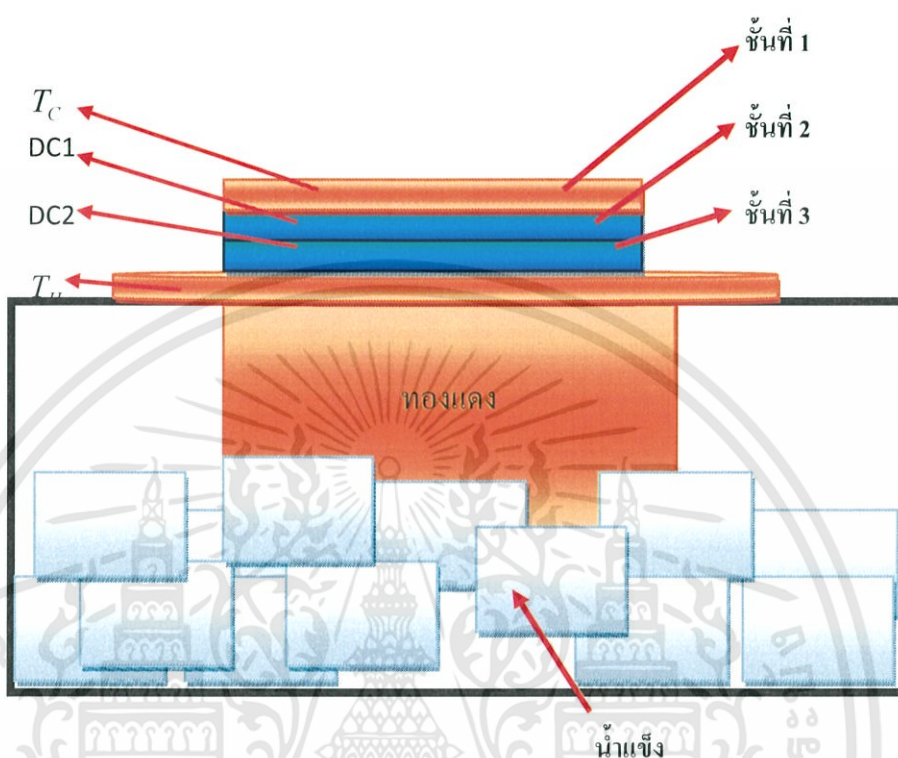
ชั้นที่ 2 แผ่นทองแดงตัวนำความเย็นให้ชั้นที่ 1

ชั้นที่ 3 TE ตัวทำความเย็นโดยจ่ายค่าความต่างศักย์ 2, 2.5, 3, 3.5, 4 V โดยระบบระบายความร้อนออกแบบคือใช้ทองแดงแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0-2.5 °C

การทดลองนี้เมื่อจ่ายค่าความต่างศักย์ให้กับ TE ในชั้นที่ 3 ตั้งแต่ 2, 2.5, 3, 3.5, 4 V ตามลำดับจนพบว่าอุณหภูมิ T_C มีค่าคงที่ ทำการบันทึกความต่างศักย์ที่ได้ในชั้นที่ 1 เพื่อเขียนกราฟระหว่าง S กับ T_C

3.2.4 ทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล โดยการต่อแบบ 2 ชั้น

- จัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 การทดสอบความสามารถเทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็นโดยการต่อแบบ 2 ชั้น

ชั้นที่ 1 แผ่นทองแดงนำความเย็น

ชั้นที่ 2 TE1 กำหนดให้เป็น TE C

ชั้นที่ 3 TE2 กำหนดให้เป็น TE A และ TE B

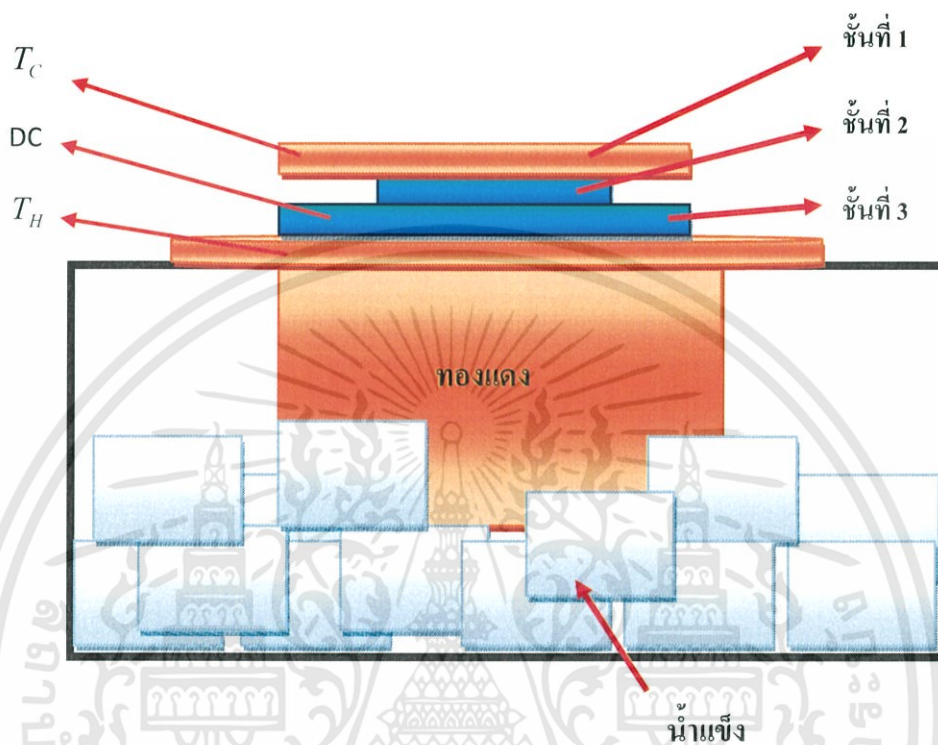
โดยระบบระบายความร้อนออกแบบคือใช้ทองแดงแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 0 - 2.5

°C

การทดลองนี้จ่ายความต่างศักย์ให้กับ TE C ในชั้นที่ 2 6V และชั้นที่ 3 TE A, TE B ตั้งแต่ 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, ตามลำดับ ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้ในชั้นที่ 1 (T_c) เพื่อเขียนกราฟระหว่าง เวลา กับ อุณหภูมิ (T_c) และนำมาเปรียบเทียบกับ การต่อ TE แบบ 1 ชั้น

3.2.5 ทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแบบ 2 ชั้น สำเร็จรูปแบบอนุกรม

-จัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 ทดสอบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแบบ 2 ชั้น สำเร็จรูปแบบอนุกรม

ชั้นที่ 1 แผ่นทองแดงนำความร้อน

ชั้นที่ 2 และ 3 เป็นเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแบบ 2 ชั้น สำเร็จรูปแบบอนุกรม

โดยระบบระบายความร้อนออกแบบคือใช้ทองแดงแช่ในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ $0 - 2.5^{\circ}\text{C}$

การทดลองนี้จ่ายความต่างศักย์ให้กับ TE 2 ชั้น สำเร็จรูป ตั้งแต่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, ตามลำดับ ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่ได้ในชั้นที่ 1 (T_c) เพื่อเขียนกราฟระหว่างเวลากับอุณหภูมิ (T_c) และนำมาเปรียบเทียบกับกรณีต่อ TE 2 ชั้นแบบแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้า

3.3 สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยเนื้อหาจะแบ่งออกเป็นสามส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลของการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล TE A, TE B และ TE C ได้แก่ สัมประสิทธิ์ซีเบคและค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูล

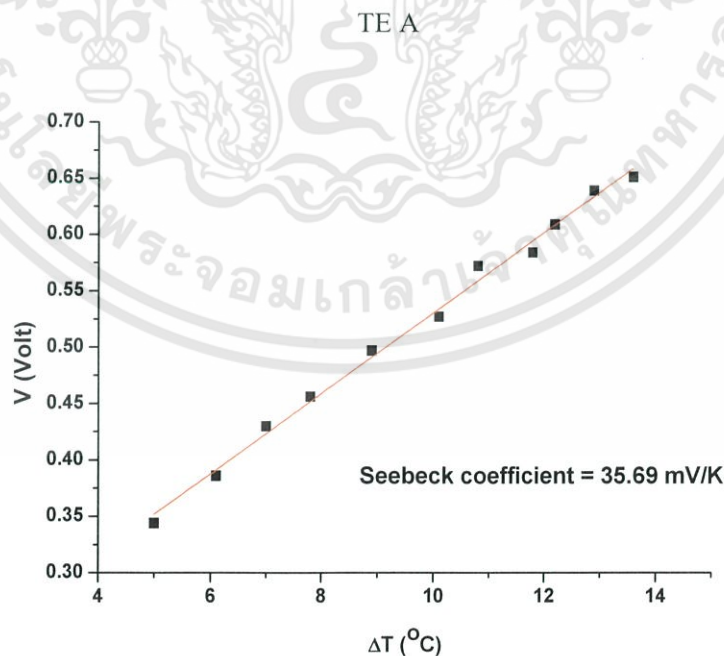
ส่วนที่ 2 ความสามารถในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแต่ละตัว

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นโดยการนำเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลมาต่อกันจำนวน 2 ชั้น เพื่อให้ได้อุณหภูมิต่ำที่สุด

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล

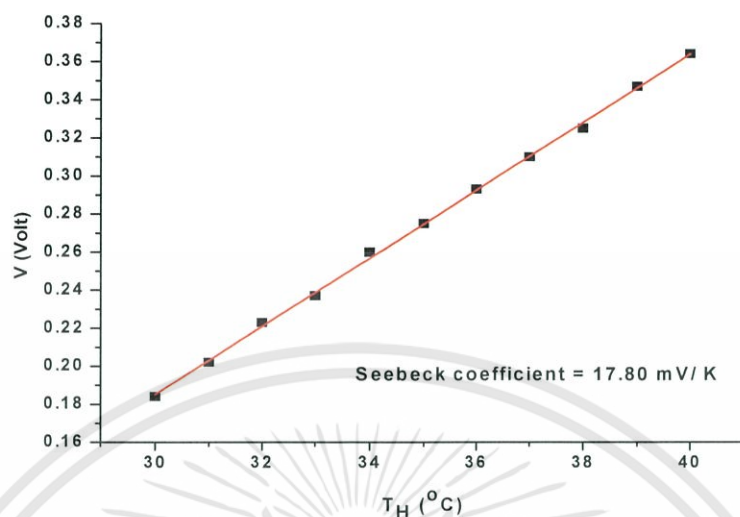
4.1.1 สัมประสิทธิ์ซีเบค TE A, TE B, และ TE C

ในการทดลองนี้ให้อุณหภูมิด้านร้อนสูง 35°C และอุณหภูมิด้านเย็น 25°C เมื่อเกิดผลต่างระหว่างอุณหภูมิจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น โดยแรงเคลื่อนไฟฟ้างกล่าวนี้ เรียกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิด เมื่อวัดค่าของผลต่างระหว่างอุณหภูมิและค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าวงจรเปิดที่เกิดขึ้นและนำมาเขียนกราฟจะสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคได้จากความชันของกราฟดังรูปที่ 25, 26, และ 27



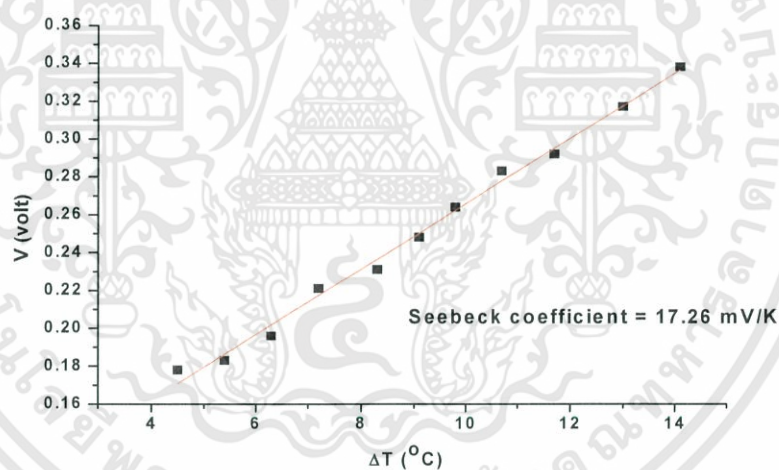
รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ TE A

TE B



รูปที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ TE B

TE C

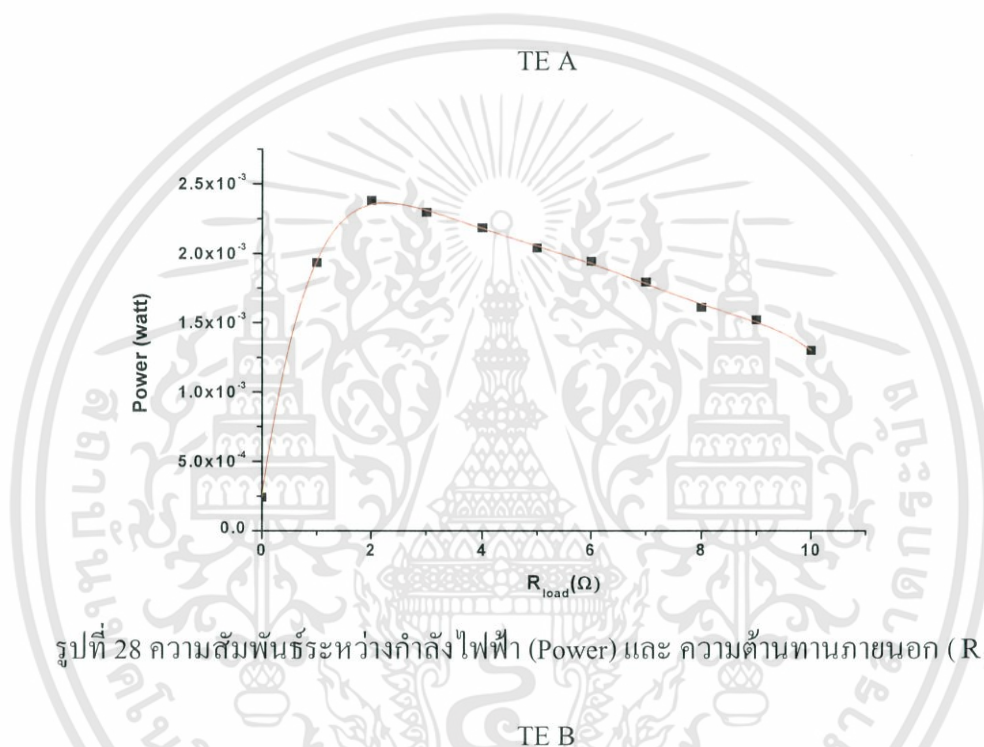


รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลต่างของอุณหภูมิและความต่างศักย์ของ TE C

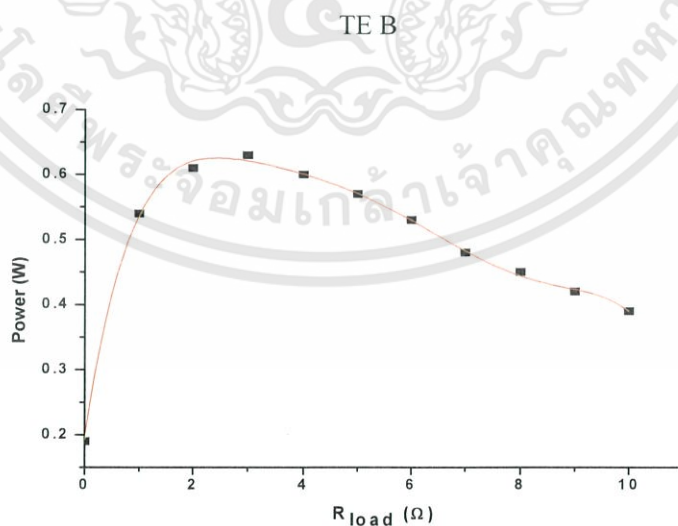
จากกราฟที่ 25, 26, และ 27 พบว่า TE A, TE B และ TE C จะมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิเท่ากับ 35.69, 17.80 และ 17.26 mV/K ตามลำดับ

4.1.2 ค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล A, B และ C

การทดลองนี้กำหนดให้อุณหภูมิทางฝั่งด้านร้อนของ TE A, TE B, และ TE C เท่ากับ 45°C ทำการต่อแอมมิเตอร์แบบอนุกรมเข้ากับเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเคลื่อนผ่านตัวต้านทานภายนอกปรับค่าได้ขนาด $0 - 10\ \Omega$ วัดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานและกระแส จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า และนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (P) กับค่าความต้านทานภายนอก (R_{load}) ได้ผลแสดงดังรูปที่ 28, 29, และ 30

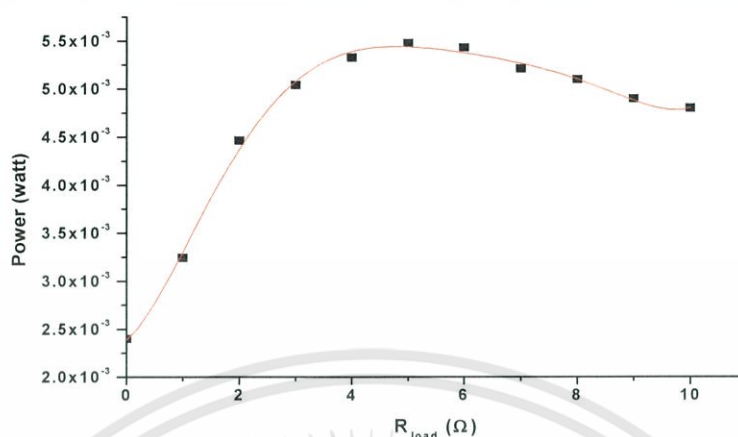


รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load})



รูปที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load})

TE C

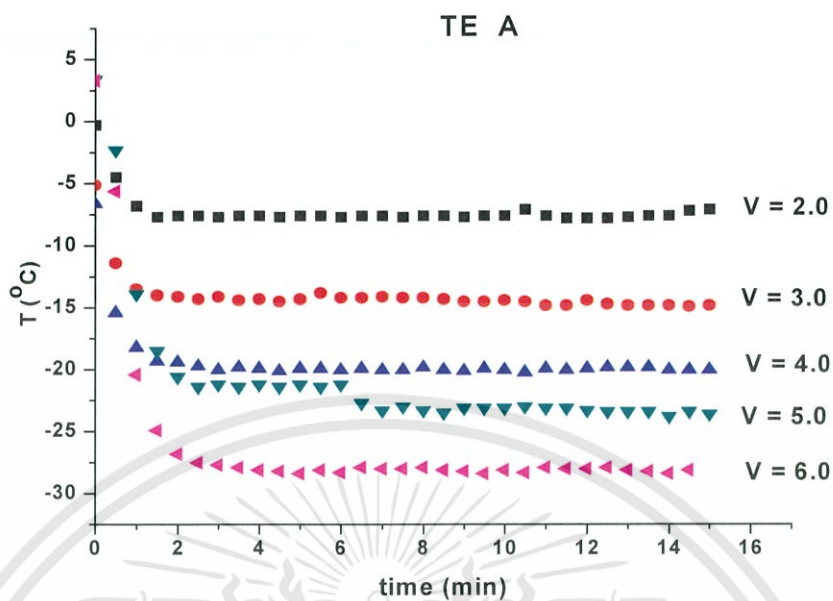


รูปที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Power) และ ความต้านทานภายนอก (R_{load})

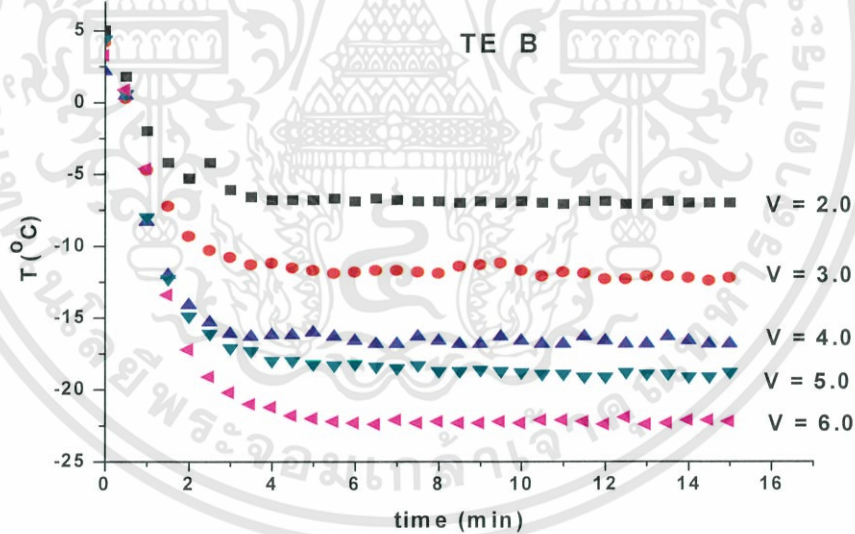
จากกราฟที่ 28, 29 และ 30 แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ TE A, TE B, TE C แต่ละตัวสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายนอกที่นำมาต่อโดยที่ค่านั้นมีขนาดใกล้เคียงกันกับค่าความต้านทานภายในของเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลแต่ละตัวซึ่งมีค่า 2, 3, และ 5 Ω ตามลำดับ

4.2 ความสามารถในการทำความเย็นของ TE A, TE B, TE C

การทดสอบนี้จะนำ TE A, TE B, TE C มาต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยกำหนดให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าตั้งแต่ 2, 3, 4, 5 และ 6 V ซึ่งในการทดลองนี้มีระบบระบายความร้อนที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของ TE แต่ละตัวถูกออกแบบโดยให้ด้านร้อนของ TE วางอยู่บนก้อนทองแดงที่ถูกแช่อยู่ในน้ำแข็ง แล้วทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ด้านเย็นเทียบกับเวลา โดยที่ทางด้านร้อนซึ่งติดอยู่กับแผ่นทองแดงกำหนดให้อุณหภูมิมีค่าประมาณ 0 - 2.5 $^{\circ}\text{C}$ มีผลดังรูปต่อไปนี้

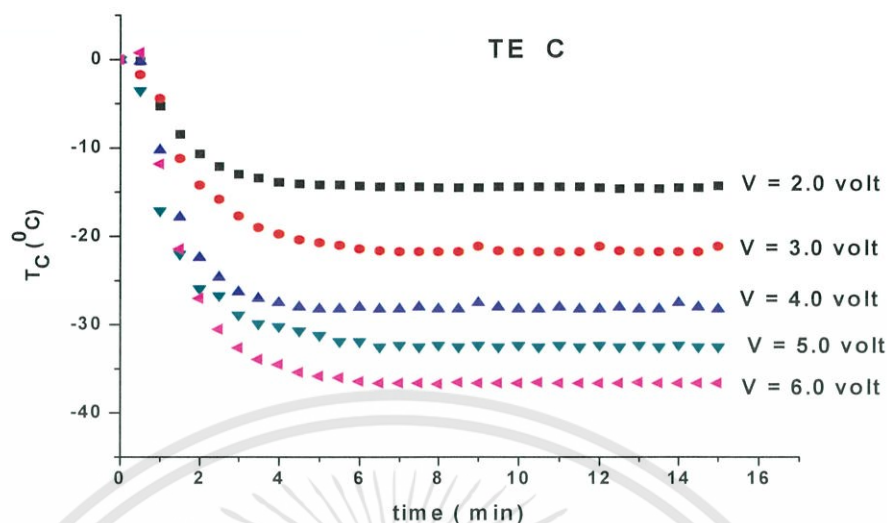


รูปที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE A



รูปที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และเวลาของ TE C

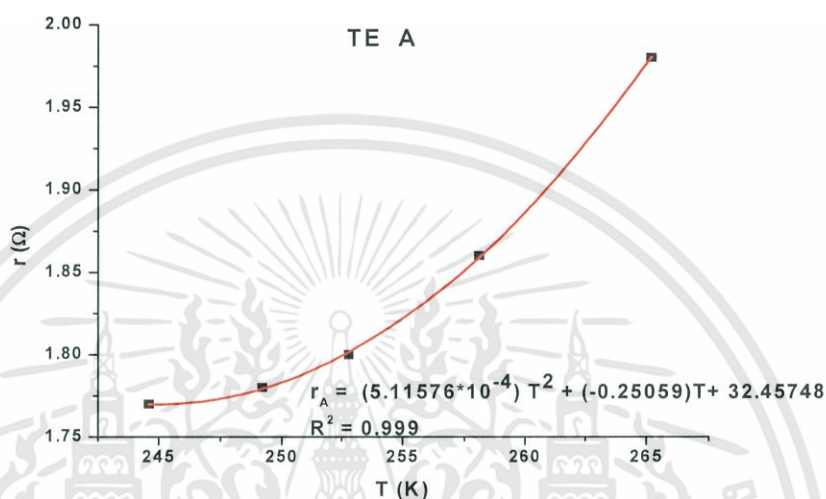
จากกราฟที่ 31, 32, และ 33 พบว่า เมื่อจ่ายความต่างศักย์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิทางด้านเย็นมีค่าลดต่ำลง ในการทดลองนี้เมื่อจ่ายความต่างศักย์ 6 V ให้กับ TE แต่ละตัวจะได้ อุณหภูมิด้านเย็นที่ต่ำที่สุดสำหรับ TE A, TE B, และ TE C คือ -28.4 , -22.4 และ -36.6 °C ตามลำดับ และจากกราฟ พบว่า อุณหภูมิจะลดลงเมื่อมีการจ่ายความต่างศักย์ให้ TE A, TE B, TE C ทำให้อุณหภูมิลดลงและจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 2, 3, 4 นาที ตามลำดับ

ข้อมูลของความสามารถในการทำความเย็นเมื่อมีการจ่ายความต่างศักย์และกระแสของ TE แต่ละตัวสามารถสรุปได้ดังตาราง 2

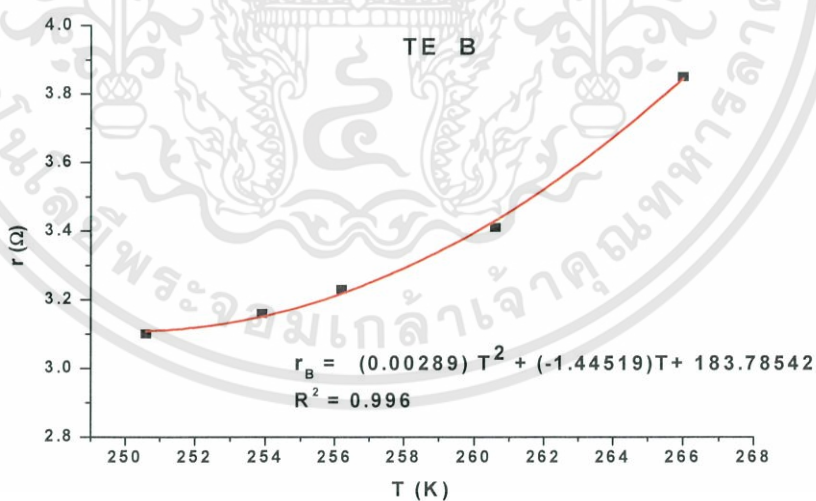
ตารางที่ 2 ความสามารถในการทำความเย็นของ TE A, TE B, และ TE C

V (Volt)	TE A		TE B		TE C	
	I(A)	T_{Cmin} (°C)	I(A)	T_{Cmin} (°C)	I(A)	T_{Cmin} (°C)
2.0	1.01	-7.8	0.52	-7.0	1.35	-14.6
3.0	1.61	-14.9	0.88	-12.4	2.09	-21.7
4.0	2.22	-20.2	1.24	-16.8	2.87	-28.2
5.0	2.80	-23.8	1.58	-19.1	3.62	-32.5
6.0	3.34	-28.4	1.93	-22.4	4.36	-36.6

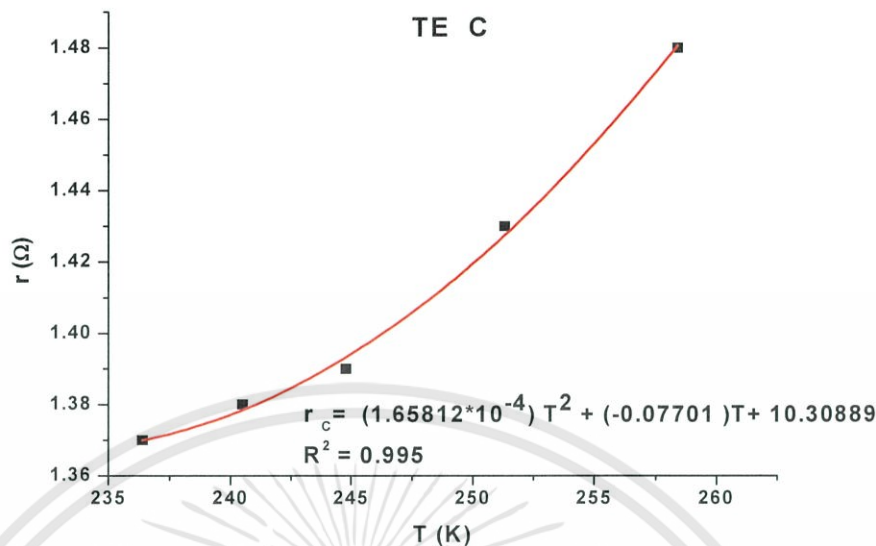
ตารางที่ 2 สรุปความสามารถในการทำความเย็นของ TE แต่ละตัวเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2, 3, ..., 6 โวลต์ จากตารางพบว่า TE C มีความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด รองลงมาคือ TE A และ TE B ตามลำดับ นอกจากนี้ขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองสังเกตเห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าเมื่อจ่ายแรงดันค่าต่างๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความต้านทานภายในของ TE มีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ แสดงได้ดังรูปที่ 34, 35, และ 36



รูปที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ $T(K)$ ของ TE A



รูปที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับอุณหภูมิ $T(K)$ ของ TE B



รูปที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานภายใน $r(\Omega)$ กับ อุณหภูมิ $T(K)$ ของ TE C

จากกราฟที่ 34, 35 และ 36 แสดงค่าความต้านทานภายในที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของ TE A, TE B, TE C ตามลำดับจากการสืบค้นงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องพบว่า ค่าความต้านทานภายในของ TE ที่อุณหภูมิต่ำจะแปรผันอยู่กับอุณหภูมิกำลังสอง $r \propto T^2$ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้โปรแกรม Origin 8 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง r และ T ของ TE แต่ละตัวได้ผลดังนี้

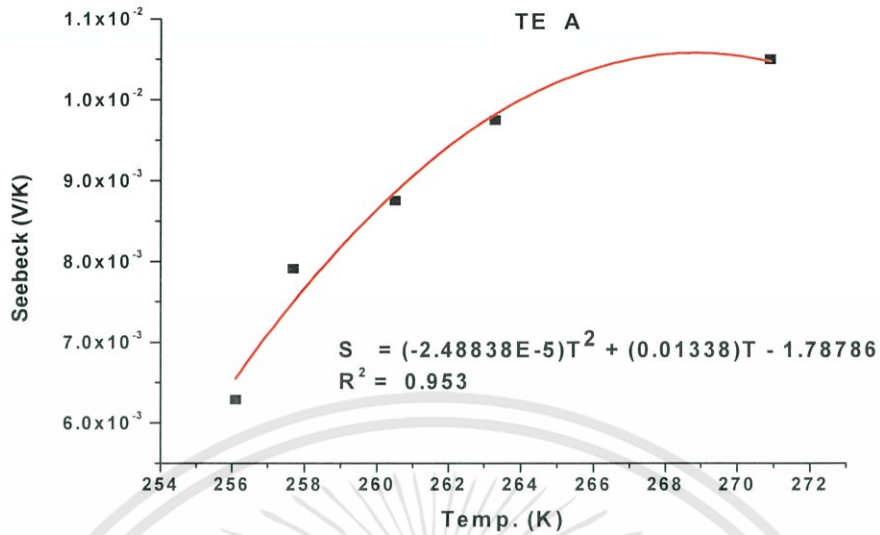
$$r_a = (5.11576 \times 10^{-4}) T^2 + (-0.25059) T + 32.45748$$

$$r_b = (0.00289) T^2 + (-1.44519) T + 183.78542$$

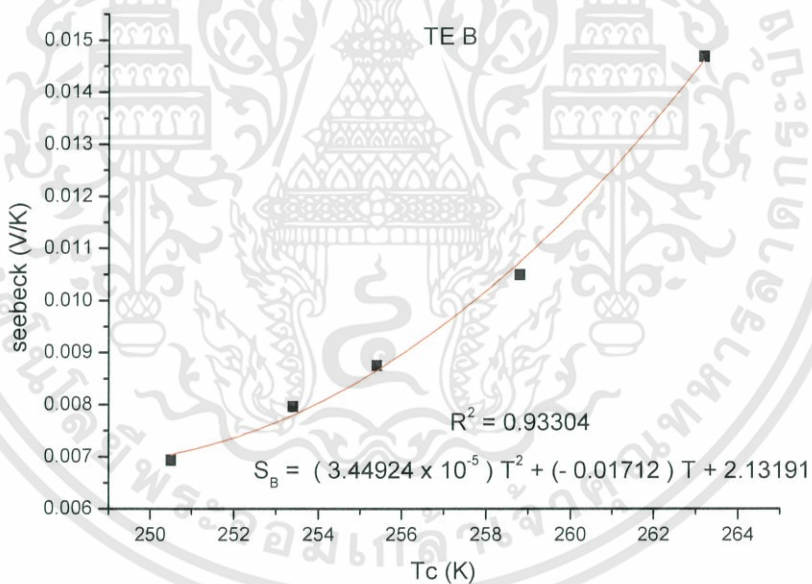
$$r_c = (1.65812 \times 10^{-4}) T^2 + (-0.07701) T + 10.30889$$

จากกราฟ r กับ T พบว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำค่าความต้านทานภายในจะลดลงซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวมีลักษณะคล้ายพฤติกรรมของโลหะ แม้ว่าวัสดุที่นำมาประยุกต์ใช้เป็น TE จะเป็นสารกึ่งตัวนำ แต่เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีความเข้มข้นของพาหะอยู่ในช่วงของ 10^{19} ตัว/ลบ.ซม. จึงทำให้ TE มีสมบัติใกล้เคียงกับโลหะมากกว่าสารกึ่งตัวนำ

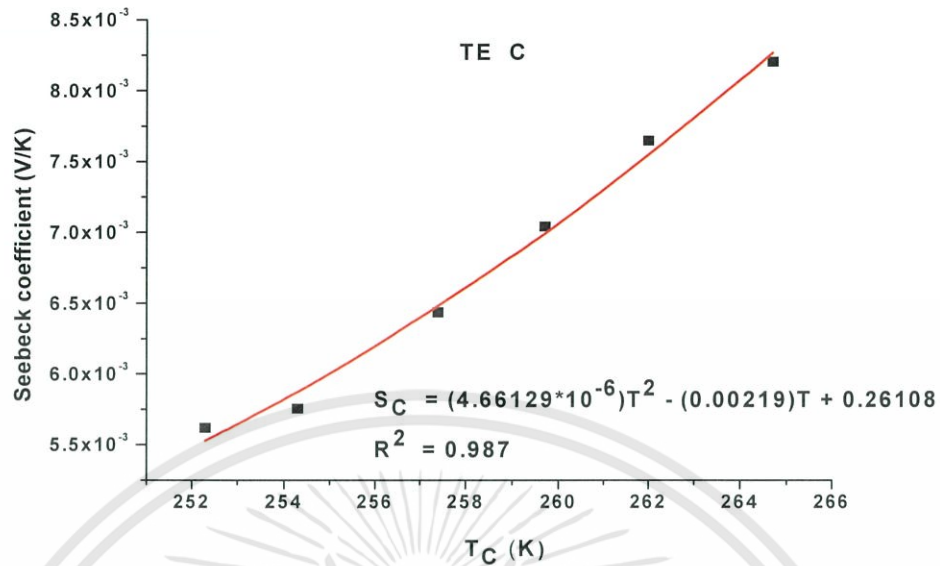
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคที่อุณหภูมิต่ำโดยดูผลจากกราฟต่อไปนี จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 9 และ 10 พบว่า นอกจากความต้านทานภายใน (r) ของ TE จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคยังขึ้นกับอุณหภูมิแบบ $S \propto T^2$ ด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อหาค่า S ที่อุณหภูมิต่ำของ TE แต่ละตัวได้ผลแสดงดังรูปที่ 37, 38, และ 39



รูปที่ 37 สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE A



รูปที่ 38 สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE B



รูปที่ 39 สัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ซีเบคกับอุณหภูมิของ TE C

ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบคมีดังนี้

$$S_a = (-2.48838 \times 10^{-5})T^2 + (0.01338)T - 1.78786$$

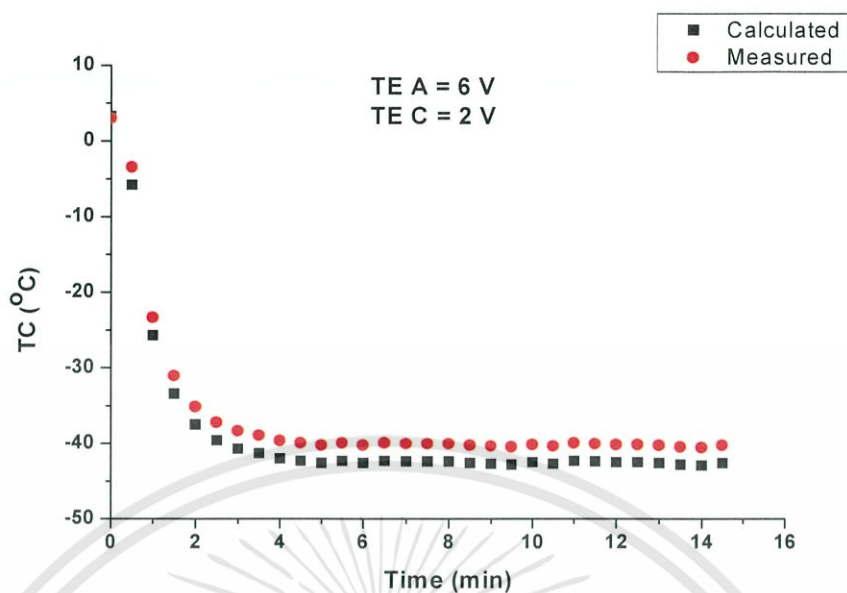
$$S_b = (3.44924 \times 10^{-5})T^2 + (-0.01712)T + 2.13191$$

$$S_c = (4.66129 \times 10^{-6})T^2 - (0.00219)T + 0.26108$$

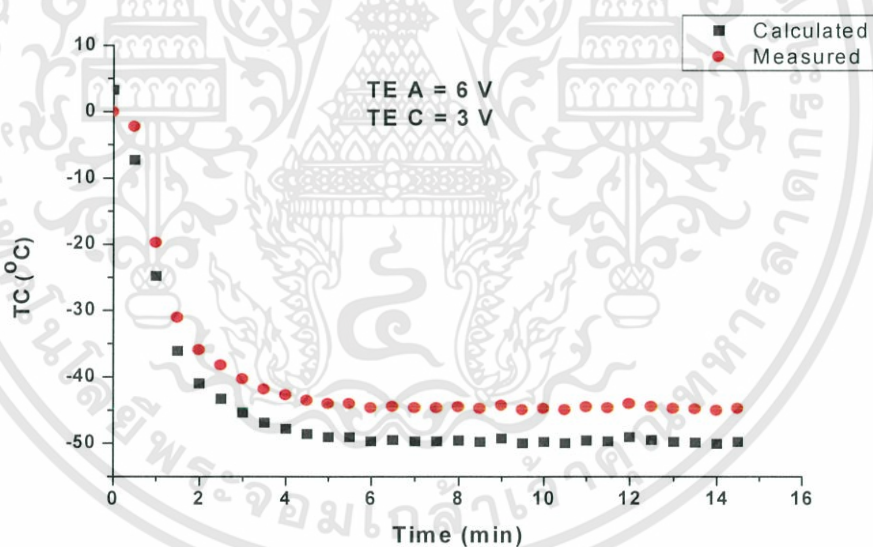
4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นโดยการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลมาต่อกันจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายกำลังไฟฟ้าและแบบสำเร็จรูป เพื่อให้ได้อุณหภูมิต่ำที่สุด

4.3.1 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นแบบแยกจ่าย

การทดสอบนี้จะนำ TE A, TE B, TE C มาต่อกันจำนวน 2 ชั้นโดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่ TE ทั้ง 2 ชั้น กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าในชั้นที่ 1 ของ TE A มีค่าคงที่ 6 V และชั้นที่ 2 TE C กำหนดให้แรงดันไฟฟ้ามีค่า 2, 3, 4, 5 และ 6 V ตามลำดับ และระบบระบายความร้อนเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 4.2 ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 40, 41, 42, 43 และ 44

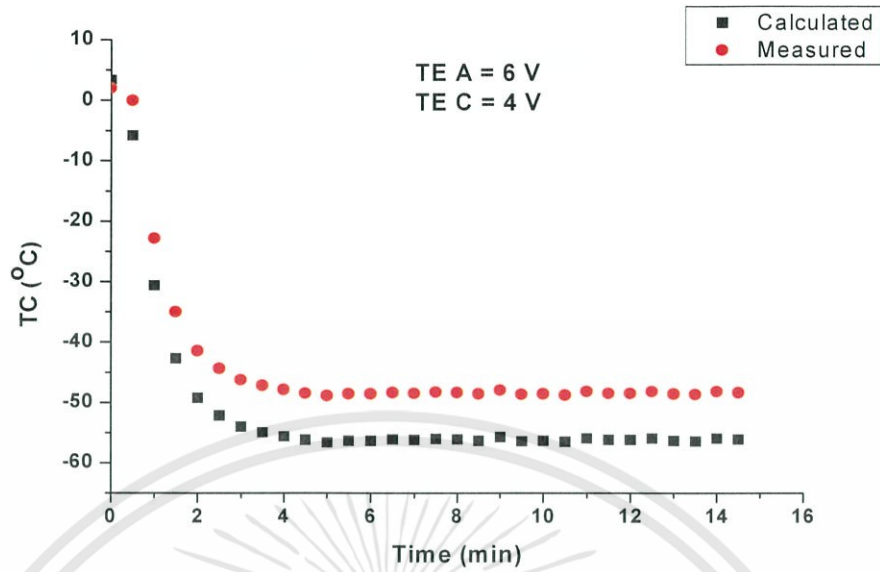


รูปที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง

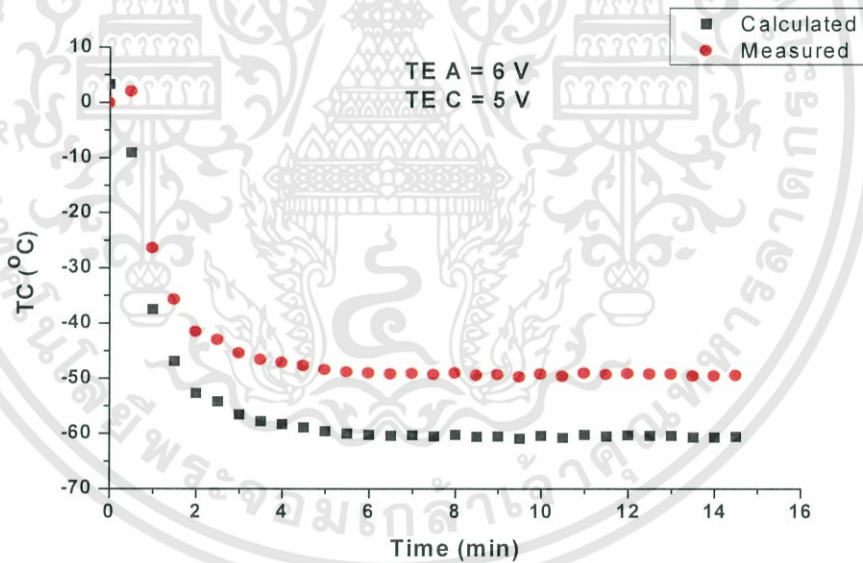


รูปที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

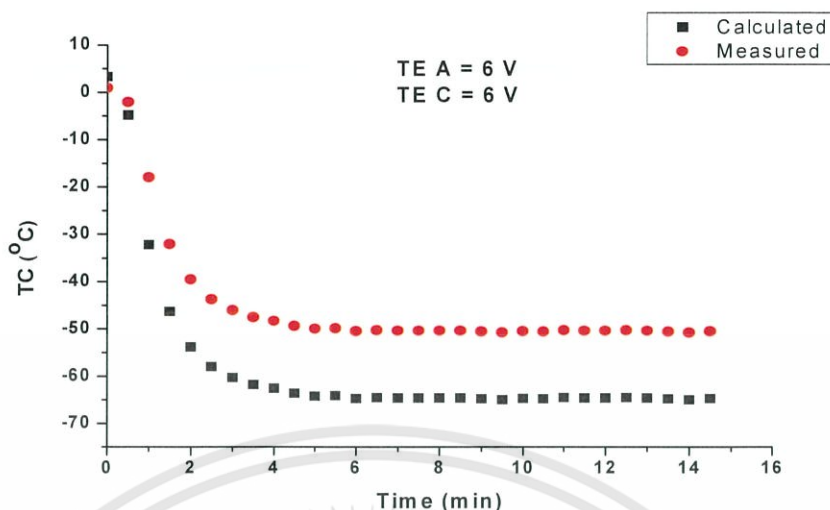


รูปที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง



รูปที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_c) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



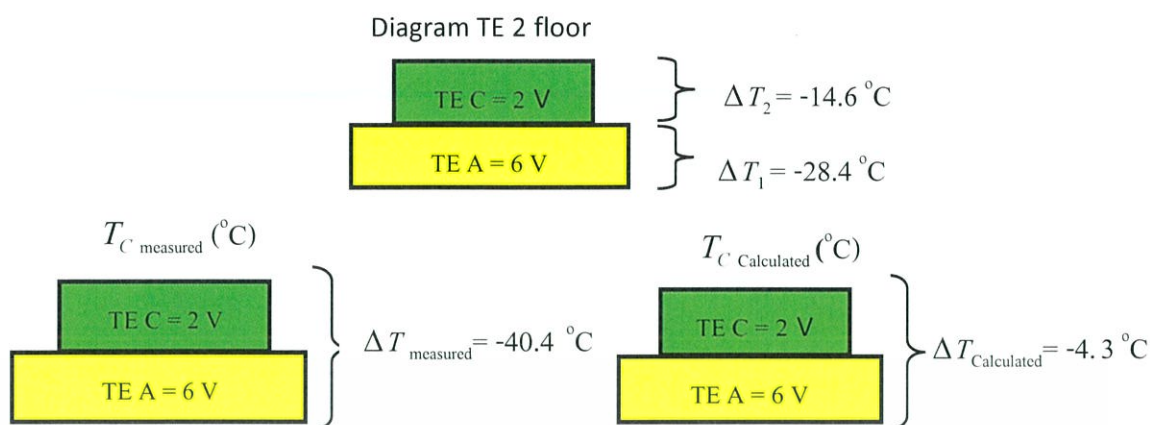
รูปที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_C) และเวลาที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง

จากกราฟพบว่า ช่วงของอุณหภูมิต่ำสุดที่ทดลองเทียบกับอุณหภูมิต่ำสุดที่คำนวณมีช่วงอุณหภูมิต่างกันเพิ่มขึ้นเมื่อทำการจ่ายความต่างศักย์สูงขึ้น และสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ของ TE C สูงขึ้นระยะห่างของกราฟจากการคำนวณและการทดลองจะมีช่วงที่ห่างกันมากขึ้น ผลดังกล่าวเกิดจากพลังงานความร้อนทางฝั่งด้านร้อนของ TE C เพิ่มขึ้นตามค่าแรงดันที่สูงขึ้น

ตารางที่ 3 ความสามารถในการทำความเย็น โดย TE A และ TE C ที่ต่อกันจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง

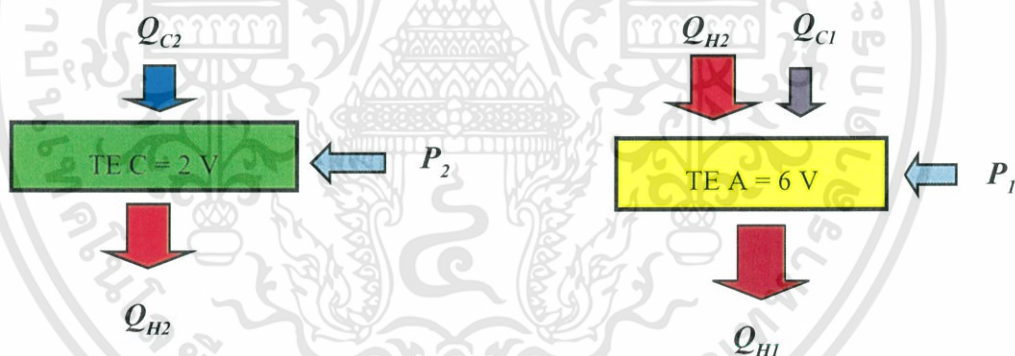
TE A	TE C	$T_{C, \text{Calculated}}$ (°C)	$T_{C, \text{measured}}$ (°C)
6.0 V	2.0 V	-43.0	-40.4
6.0 V	3.0 V	-50.1	-44.9
6.0 V	4.0 V	-56.6	-48.7
6.0 V	5.0 V	-60.9	-49.7
6.0 V	6.0 V	-65.0	-50.6

ตารางที่ 3 สรุปความสามารถในการทำความเย็นของ TE ที่ต่อกันจำนวน 2 ชั้นแบบแยกจ่ายเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2, 3, ..., 6 V ตามลำดับให้กับ TE C กำหนด TE A มีค่าแรงดันคงที่ที่ 6 V จากตารางพบว่าที่ TE C 6 V จะมีค่าอุณหภูมิจากการทดลองและจากการคำนวณต่ำที่สุดคือ -50.6°C และ -65.0°C ตามลำดับ มีความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงอุณหภูมิของการทดลองและการคำนวณมีค่าต่างกันมากขึ้นตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นผลดังกล่าวอธิบายได้ดังรูปที่ 45



รูปที่ 45 ค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณและการทดลอง

จากรูปที่ 45 ทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ TE A 6 V ได้ผลต่างอุณหภูมิ $\Delta T_1 = -28.4^\circ\text{C}$ และ TE C 2V ได้ผลต่างอุณหภูมิ $\Delta T_2 = -14.6^\circ\text{C}$ เมื่อนำ TE ทั้ง 2 ชนิดมาต่อกันเป็นจำนวน 2 ชั้นค่าผลต่างของอุณหภูมิของทั้งระบบจะมีค่า $\Delta T_{\text{Calculated}} = -4.3^\circ\text{C}$ คือค่าที่ได้จากการคำนวณ แต่การทดลองผลต่างของอุณหภูมิกลับมีค่า $\Delta T_{\text{measured}} = -40.4^\circ\text{C}$ ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ไม่เป็นไปตามที่ผู้ทดลองได้คาดหวังไว้ สาเหตุดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 46

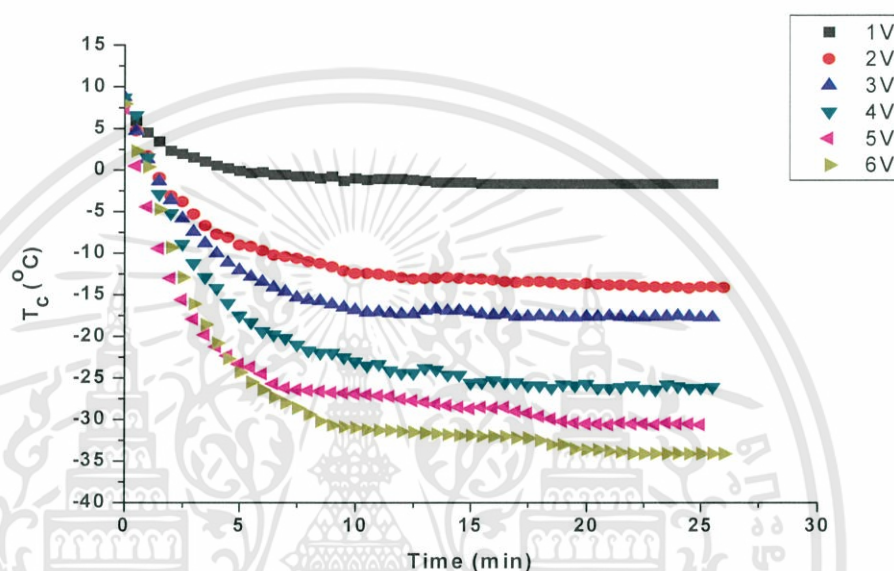


รูปที่ 46 โค้ดอะแกรมอัตราการดูดและคายพลังงานความร้อนของ TE แต่ละชั้น

การทดลองนี้ทำการจ่ายความต่างศักย์ให้ TE A 6V TE C 2V ผลของการต่อ TE จำนวนมากกว่า 1 ชั้นส่งผลให้ TE A มีภาระการดูดพลังงานความร้อน Q_{C1} ที่ได้จากการคายพลังงานความร้อน Q_{H2} ของ TE C มากขึ้น ลักษณะดังกล่าวอธิบายได้ดังรูปที่ 46 ส่งผลให้อัตราการดูดพลังงานความร้อน Q_{C1} ของ TE A มีประสิทธิภาพต่ำและอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองไม่เป็นไปตามค่าอุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณ ผลดังกล่าวเกิดจากพลังงานความร้อนทางฝั่งด้านร้อนของ TE C เพิ่มขึ้นตามค่าแรงดันที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้ภาระอัตราการดูดพลังงานความร้อน Q_{C1} ของ TE A มีประสิทธิภาพต่ำ ในกรณีการต่อ TE B และ TE C ที่นำมาต่อกันแบบ 2 ชั้นให้ผลเช่นเดียวกัน

4.3.2 การต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรม

ในงานวิจัยนี้ นำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้น มาทำการทดสอบ ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของการทำความเย็นระหว่างเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรมและการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นแบบแยกจ่ายกำลังไฟฟ้า ผลการทดลองเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรมเป็นดังรูปที่ 47



รูปที่ 47 สัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรมที่ความต่างศักย์ 1, 2, 3, 4, 5, 6 V

จากรูปที่ 47 สรุปความสามารถของการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 2 ชั้นสำเร็จรูปแบบอนุกรม อุณหภูมิต่ำสุดที่ผลิตได้คือ -36°C ที่ความต่างศักย์ 6V อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ที่เวลาประมาณ 8 นาที และอุณหภูมิสามารถลดลงได้อีกเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับ TE

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลวิจัย

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการนำเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลมาต่อเป็นชั้น เพื่อให้ได้ความเย็นที่ต่ำที่สุด การทดลองชี้ให้เห็นว่า คุณสมบัติพื้นฐานของ TE จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิโดยมีพฤติกรรมคล้ายโลหะ นอกจากนี้เมื่อนำ TE มาต่อเป็นชั้นและแยกจ่ายแรงดันไฟฟ้า พบว่าความสามารถในการทำความเย็นที่วัดได้จริงจะต่ำกว่าที่คาดหวังไว้เนื่องจากผลของการต่อ TE จำนวนมากกว่า 1 ชั้นส่งผลให้ TE A มีภาระการดูดพลังงานความร้อน Q_{CI} มากขึ้น ภาระของการดูดพลังงานความร้อนเกิดขึ้นจากการคายพลังงานความร้อน Q_{H2} ของ TE C จึงส่งผลให้อัตราการดูดพลังงานความร้อน Q_{CI} ของ TE A มีประสิทธิภาพต่ำทำให้อุณหภูมิที่ได้จากการทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดหวังไว้ สุดท้ายทำการศึกษา TE ที่ต่ออนุกรมกันทางไฟฟ้าจำนวน 2 ชั้น แบบสำเร็จรูป พบว่า เวลาที่ใช้เพื่อให้อุณหภูมิด้านเย็นเริ่มคงที่จะมากกว่าการต่อแบบชั้นแยกจ่าย เนื่องจาก การต่อ TE 2 ชั้นสำเร็จรูปเป็นการต่อแบบอนุกรมทางไฟฟ้า ความต้านทานภายในของ TE ในชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 อนุกรมกันอยู่ ดังนั้นจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ TE ถูกแบ่งแรงดันไปให้กับ TE ในแต่ละชั้นส่งผลทำให้ความสามารถของการทำความเย็นลดลง

ข้อเสนอแนะ

- ควบคุมอุณหภูมิทางด้านร้อนให้คงที่ที่ $1-2.5^{\circ}\text{C}$
- เพื่อไม่ให้เกิดน้ำแข็งเกาะบริเวณทางฝั่งด้านเย็นของ TE แนะนำให้ทดสอบในระบบสูญญากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็น
- ในระหว่างการทดลอง ที่ฝั่งด้านร้อนของ TE ควรยึดติดอย่างสนิทกับทองแดงระบายความร้อน

เอกสารอ้างอิง

1. Institute of refrigeration and Cryogenics Engineering, School of Energy Power Engineering , Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China Received 25 July 2006 ; received in revised form 5 September 2006 ; accepted 29 September 2006
2. Nandy Putra*, Ardiyansyash, William Sukyono, David Johansen, Ferdiansyash N. Iskandar Cryogenics 50 (2010) 759-764 ,Department of Mechanical Engineering, University of Indonesia, Kampus Baru UI, Depok 16424, Indonesia



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้