

การพัฒนาการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอสำหรับอุปกรณ์การแพทย์ที่มีคุณสมบัติรักษาด้วยความเย็น

DEVELOPMENT OF THERMOELECTRIC COOLER USING VAPOUR COMPRESSION SYSTEM FOR CRYOSURGERY DEVICE APPLICATION



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอสำหรับอุปกรณ์การแพทย์ที่มีคุณสมบัติรักษาด้วยความร้อน

DEVELOPMENT OF THERMOELECTRIC COOLER USING VAPOUR COMPRESSION SYSTEM FOR CRYOSURGERY DEVICE APPLICATION



กชณหทัย ครุทวงษ์  
คณาจารย์ โฉมเวียง  
ชุมนุมชาญ ชุมชื่น

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 149488  
วันเดือนปี - 8 ส.ค. 2561

b. 12884315  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในชั้นเรียน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THERMOELECTRIC COOLER USING  
VAPOUR COMPRESSION SYSTEM FOR CRYOSURGERY  
DEVICE APPLICATION



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

ACADEMIC YEAR 2016

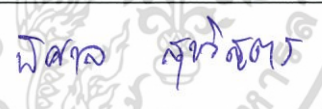

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อโครงการพิเศษ**      การพัฒนาการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ระบบอัดไอเพื่อประยุกต์ใช้กับการรักษาด้วยอุปกรณ์ทำความเย็น  
 Development of Thermoelectric Cooler Using Vapour Compression System for Cryosurgery Device Application

**ชื่อนักศึกษา**            นางสาวกชนหทัย    ครุฑวงษ์            รหัสนักศึกษา    56051109  
                                   นายคณาธร    โฉมเวียง            รหัสนักศึกษา    56051118  
                                   นายชুমชาญ    ชุ่มชื่น              รหัสนักศึกษา    56051130

**ปริญญา**                    วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
**ภาควิชา**                    ฟิสิกส์  
**ปีการศึกษา**                2559  
**อาจารย์ที่ปรึกษา**        ผศ.ดร.อาภาภรณ์    สุกุลการะเวก

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ราชศักดิ์    ศักดานุภาพ ประธานกรรมการ	
ดร.พิศาล    สุขวิสูตร กรรมการ	
ดร.กมลปัญญา    สุวรรณสุข กรรมการ	
ผศ.ดร.อาภาภรณ์    สุกุลการะเวก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

**ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์**

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกโดยใช้ระบบอัดไอเพื่อประยุกต์ใช้กับการรักษาด้วยอุปกรณ์ทำความเย็น		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกชนนหทัย ครุทวงษ์	รหัสนักศึกษา	56051109
	นายคนาธร โฉมเวียง	รหัสนักศึกษา	56051118
	นายชুমชาญ ชุ่มชื่น	รหัสนักศึกษา	56051130
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)		
ภาควิชา	ฟิสิกส์		
คณะ	วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อาภาภรณ์ สุกุลการะเวก		

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ระบบทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกได้ถูกออกแบบเพื่อประยุกต์ใช้ในการรักษาด้วยความเย็น ทางด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะถูกระบายความร้อนด้วยระบบทำความเย็นแบบอัดไอ เทอร์โมอิเล็กทริกชนิด K (ความแม่นยำ  $\pm 0.05$  องศาเซลเซียส) นำมาใช้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิ NI9211 (0.05%) ถูกนำมาใช้เป็นตัวเก็บอุณหภูมิแบบอัดโนมีติ ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกเป็น -10, -7.8, -10.8 และ -20.4 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับอุณหภูมิเทอร์โมเทอร์โมสแตสที่ 20, 15, 10 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่าเทอร์โมอิเล็กทริกมีประสิทธิภาพเป็นแหล่งทำความเย็นได้สำหรับรักษาด้วยความเย็น ต้นแบบได้แสดงให้เห็นศักยภาพในการใช้ทางการแพทย์ได้

**คำสำคัญ:** เทอร์โมอิเล็กทริก ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ เทอร์โมสแตท

<b>Title</b>	Development of Thermoelectric Cooler Using Vapour Compression System for Cryosurgery Device Application		
<b>Students</b>	MissKochanahathai Krutwong	Student ID	56061109
	Mr. Khanathorn Chomwieng	Student ID	56051118
	Mr. Chumchan Chumchuen	Student ID	56051130
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)		
<b>Department</b>	Physics		
<b>Faculty</b>	Science		
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
<b>Academic Year</b>	2016		
<b>Advisor</b>	Asst Prof.Dr.Aparporn Sakulkaravek		

### Abstract

In this work, the thermoelectric cooling system was designed to cryosurgery application. The hot side of the thermoelectric was cooled by vapor compression system. K type thermocouples (accuracy  $\pm 0.5$  °C) were used to monitor the temperatures. NI 9211 (accuracy  $\pm 0.5$  %) was used as automatic data collectors for temperature. The results show that the cold size temperature of thermoelectric was -10, -7.8, -10.8 and -20.4 °C, corresponding. These results indicate that the thermoelectric at 20, 15, 10 and 5 °C, respectively. These results indicate that the thermoelectric module can be an effective cooling source for cryosurgery. The prototype has shown potential for clinical trials.

**Keywords:** thermoelectric, vapor compression system, thermostat

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ ที่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความสนับสนุนจาก ผศ.ดร.อาภาภรณ์ สุกุลการะเวก ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในหัวข้อโครงการพิเศษนี้ ซึ่งท่านอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ทั้งคำปรึกษา คำแนะนำในเรื่องต่างๆในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้ทั้งในด้านวิชาการและด้านงานปฏิบัติงานซึ่งทำให้ผู้ศึกษาโครงการพิเศษนี้ได้นำความรู้นี้มาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการทำโครงการพิเศษนี้และอาจารย์ที่ปรึกษายังได้ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของโครงการพิเศษนี้ตลอดจนช่วยปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในโครงการนี้ทั้งหมด และจากความเอาใจใส่ของอาจารย์ที่ปรึกษาและความทุ่มเทในการสอนและให้คำแนะนำต่างๆเหล่านี้ พวกเราขอขอบพระคุณอย่างสูงที่มีส่วนช่วยเหลือพวกเราให้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชาตรี เทวิง ครู คศ.1 โรงเรียนฝึกออาซีพกรุงเทพมหานคร(ดินแดง1) ซึ่งได้ช่วยให้คำปรึกษาในส่วนของขั้นตอนงานด้านการปฏิบัติ ซึ่งคอยให้คำปรึกษาในเรื่องของขั้นตอนการประกอบส่วนการอัดไอคอยให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำต่างๆ คอยเอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือต่างๆให้เราได้ใช้งาน ทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จบรรลุตามเป้าหมายได้อย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆและพี่ๆในภาคฟิสิกส์ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและคอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสอนโปรแกรม คำแนะนำในการเขียนเล่ม และคอยให้กำลังใจในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และท่านอาจารย์ท่านอื่นๆที่ช่วยเหลือและสนับสนุน พวกเรามาตลอดการศึกษา พวกเราหวังว่าโครงการพิเศษนี้จะเป็นประโยชน์ต่อไปให้กับผู้ที่สนใจจะศึกษาในเรื่องนี้

กชนหทัย ครุทวงษ์  
คณาธร โฉมเวียง  
ชুমชาญ ชุมชื่น

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ขั้นตอนของงานวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	3
2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	3
2.1.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	3
2.1.2 ลักษณะการทำงานของวงจรทำความเย็น	5
2.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเอนทาลปี	6
2.1.4 สารทำความเย็น	7
2.2 ปฏิกิริยาเทอร์โมอิเล็กทริก	7
2.2.1 ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริก	9
2.2.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก	10
2.3 โรคมะเร็ง	13
2.3.1 สาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง	14
2.3.2 การบำบัดโรคมะเร็ง	14
2.3.3 การรักษาโรคมะเร็งด้วยความเย็น	15
2.4 ทบทวนวรรณกรรม	17
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	18
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 เทอร์โมอิเล็กทริก	18
3.1.2 แผ่นทองแดง	19
3.1.3 ระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติ	20
3.1.4 ดอกกัท	20
3.1.5 คอมเพรสเซอร์	20
3.1.6 เทอร์โมคัปเปิล	21
3.1.7 เทอร์โมสตัท	21
3.1.8 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	22
3.1.9 ปีม	22
3.1.10 คัดเตอร์สำหรับตัดท่อ	23
3.1.11 ริมเมอร์	23
3.1.12 เบนเดอร์ตัดท่อ	23
3.1.13 ชุดบานท่อ	24
3.1.14 ลวดทองแดง	24
3.1.15 ชุดเชื่อมแก๊ส	24
3.1.16 น้ำยา 134a	25
3.1.17 ไตเออร์	25
3.1.18 เกจแมนนิโฟลด์	26
3.1.19 เครื่องแวคคัม	26
3.1.20 ดอกสว่าน	26
3.1.21 ท่อทองแดงขนาด1/4 นิ้ว	27
3.1.22 Capillary tube	27
3.1.23 ชุดคอยล์ร้อน	28
3.1.24 อะคริลิก	28
3.1.25 น้ำยาผสมอะคริลิก	28
3.1.26 ตัวตอกบาน	29
3.1.27 Magnetic contactor	29
3.1.28 ถังไนโตรเจน	29
3.1.29 ไม้อัด	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.30 เลื่อยมือ	30
3.1.31 ค้อน	31
3.1.32 ปากกาจับ	31
3.2 วิธีการดำเนินงาน	31
3.2.1 การออกแบบกล่องสำหรับใช้ในงานวิจัย	31
3.2.2 การประกอบเครื่อง	35
3.2.3 การประกอบกล่อง	41
3.3 การเก็บข้อมูลผลการทดลอง	43
3.3.1 ตอนที่ 1 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 °C เก็บ 1 ชั่วโมง	43
3.3.2 ตอนที่ 2 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 °C เก็บ 1 ชั่วโมง	43
3.3.3 ตอนที่ 3 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 °C เก็บ 1 ชั่วโมง	43
3.3.4 ตอนที่ 4 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 °C เก็บ 1 ชั่วโมง	43
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	44
4.1 การทดสอบการทำงานของระบบอัตโนมัติ	44
4.1.1 ช่วงที่ 1 เติมน้ำยาและเดินเครื่อง	44
4.1.2 ช่วงที่ 2 พบปัญหาหลังจากการเดินเครื่อง	44
4.2 การเก็บผลการทดลอง	44
4.2.1 ตอนที่ 1 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 °C	45
4.2.2 ตอนที่ 2 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 °C	47
4.2.3 ตอนที่ 3 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 °C	49
4.2.4 ตอนที่ 4 อุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 °C	52
<b>บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	55
5.1 สรุปผลงานวิจัย	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงแนวทางการดำเนินข้างต้น	2
2.1 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของระบบทำความเย็นชนิดต่างๆ	12
3.1 คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC 5-127-71-31-17-08-03	19
3.2 คุณสมบัติของคอมเพรสเซอร์รุ่น AE 1390Y	21
3.3 ตารางตัวอย่างแสดงการเก็บผลข้อมูลที่เราต้องการ	43
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส	45
4.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส	47
4.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส	50
4.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส	52



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ	4
2.2 วงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ	5
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเอนทาลปี	6
2.4 แสดงกระแสไหลในวงจรปิด	7
2.5 แสดงการเกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า	8
2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกแบบธรรมดา	9
2.7 แสดงกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะทองแดงกับบิสมัท	9
2.8 Thermoelectric Generator	11
2.9 Thermoelectric cooling	11
2.10 เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก	12
2.11 เซลล์มะเร็ง	13
2.12 ภาพแสดงโรคมะเร็งในผู้หญิงและผู้ชาย	13
2.13 ภาพแสดงขั้นตอนของการรักษา	15
2.14 ภาพแสดงการรักษามะเร็งด้วยวิธี Cryosurgery Therapy	16
2.15 ภาพแสดงการทำลายเซลล์มะเร็ง	16
2.16 ภาพแสดงการรักษาเซลล์มะเร็งก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด	17
3.1 แผนผังวงจรทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ	18
3.2 เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC 5-127-71-31-17-08-03	19
3.3 แผ่นทองแดง	20
3.4 End Mill	20
3.5 คอมเพรสเซอร์รุ่น AE 1390 Y	21
3.6 เทอร์โมคัปเปิล	21
3.7 เทอร์โมสแตท	22
3.8 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	22
3.9 ปีม	22
3.10 คัตเตอร์สำหรับตัดท่อ	23
3.11 ริมเมอร์	23
3.12 เครื่องมือเบนเดอร์	23
3.13 ชุดบานท่อ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 ลวดทองแดง	24
3.15 ชุดเชื่อมแก๊ส	24
3.16 น้ำยาR134a	25
3.17 ไตเออร์	25
3.18 เกจแมนนิโฟลด์	26
3.19 เครื่องแวกคัม	26
3.20 ดอกว่าน	27
3.21 ท่อทองแดงขนาด1/4 นิ้ว	27
3.22 capillary tube	27
3.23 ชุดคอยล์ร้อน	28
3.24 อะคริลิค	28
3.25 น้ำยาผสมอะคริลิค	28
3.26 ตัวตอกบาน	29
3.27 magnetic contactor	29
3.28 ถังไนโตรเจน	30
3.29 ไม้อัด	30
3.30 เลื่อยมือ	30
3.31 ค้อน	31
3.32 ปากกาจับชิ้นงาน	31
3.33 แสดงสเกลในการออกแบบ	32
3.34 แสดงสเกลในการออกแบบ	33
3.35 แสดงสเกลในการออกแบบ	34
3.36 แสดงสเกลในการออกแบบ	35
3.37 แสดงชุดคอยล์ร้อนกับชุดพัดลมระบายความร้อน	35
3.38 แสดงการประกอบพัดลมระบายความร้อน คอยล์ร้อน และชุดคอมเพรสเซอร์	36
3.39 แสดงการตัดท่อทองแดง	36
3.40 แสดงการตัดท่อทองแดง	37
3.41 แสดงการเชื่อมส่วนท่อทองแดง	37
3.42 แสดงการประกอบของคอยล์เย็น	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.43 แสดงการประกอบเครื่อง	38
3.44 แสดงการอัดไนโตรเจนเหลว	39
3.45 แสดงการทดสอบการหารอยร้าวโดยการทาฟองสบู่	39
3.46 แสดงการทดสอบหารอยร้าว	40
3.47 magnetic contactor	40
3.48 แสดงขั้นตอนการกัดผิวหน้าของแผ่นทองแดง	41
3.49 แสดงการติดตั้งตัวเทอร์โมอิเล็กทริก	41
3.50 แสดงการติดตั้งขั้วไฟฟ้า	42
3.51 แสดงการประกอบตัวกล่อง	42
3.52 นำกล่องประกอบเข้ากับเครื่องทั้งหมด	42
4.1 แสดงการทดสอบระบบอัดไอ	44
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์	45
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์	46
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์	46
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์	47
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์	48
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์	48
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์	49
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์	49
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์	50
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์	51
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์	51
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์	52
4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์	53
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์	53
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์	54
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
$T_{tms}$	อุณหภูมิของเทอร์โมสตัท หน่วย องศาเซลเซียส
$I$	กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย แอมแปร์
$V$	โวลต์ไฟฟ้าที่วัดได้ หน่วย โวลต์
$T_{cu}$	อุณหภูมิของแผ่นทองแดง หน่วย องศาเซลเซียส
$T_{TE}$	อุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย องศาเซลเซียส
$Z$	คุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุ
$\alpha$	สัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (Volt/Kelvin)
$\sigma$	สภาพนำไฟฟ้าของวัสดุ (Ampere/Voltxmeter)
$\gamma$	สภาพนำความร้อนของวัสดุ (Watt/meterxKelvin)
$We$	งานสุทธิทางไฟฟ้า
$Q_H$	ปริมาณความร้อนอุณหภูมิสูง
$Q_L$	ปริมาณความร้อนอุณหภูมิต่ำ
$T_H$	อุณหภูมิสูง
$T_L$	อุณหภูมิต่ำ
TEC	เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคมะเร็งเป็นปัญหาทางสาธารณสุขของโลก จากสถิติพบว่าผู้ที่ป่วยเป็นมะเร็งประมาณร้อยละ 60 ที่จะเสียชีวิตจากผู้ที่เป็มะเร็งซึ่งคิดเป็นจำนวนมากกว่า 8.2 ล้านราย ในปีพ.ศ. 2555 มีจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 30 ในทุกๆ ปี และองค์การอนามัยโลกได้คาดการณ์ไว้ว่าในปี 2563 ทั่วโลก จะมีคนตายด้วยโรคมะเร็งมากกว่า 11 ล้านราย และจะเกิดขึ้นในประเทศที่กำลังพัฒนามากกว่าประเทศที่พัฒนามากกว่า 7 ล้านราย

การรักษาโรคมะเร็งถือเป็นงานท้าทายวงการแพทย์มากที่สุดโรคหนึ่ง เนื่องจากมะเร็งเป็นโรคที่รักษายากหลักการรักษามะเร็งประกอบด้วย การผ่าตัดรักษามะเร็ง การฉายแสงรักษามะเร็ง เคมีบำบัด การรักษาด้วยความร้อน และการรักษาด้วยความเย็น เป็นต้น การรักษาด้วยความเย็น สามารถรักษาโรคมะเร็งให้หายได้ในอัตราที่สูงถึง 80% การรักษาด้วยความเย็นไม่ต้องผ่าตัด มีบาดแผลน้อยมาก เหมาะกับผู้ป่วยโรคมะเร็งทุกเพศทุกวัย โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ และเด็กหรือแม้แต่กระทั่งผู้ป่วยที่สุขภาพอ่อนแอ ภูมิคุ้มกันต่ำ เนื่องจากการรักษาด้วยความเย็นที่อุณหภูมิตั้งแต่ -170 ถึง -150 องศาเซลเซียส จะทำให้เซลล์มะเร็งแข็งตัวเนื่องจากขาดเลือดและออกซิเจนจากนั้นเซลล์มะเร็งจะค่อยๆ ฝ่อและสลายตัวไปเอง ระบบต่างๆ ของร่างกายจะทำการซ่อมแซมบริเวณที่เคยเป็นเซลล์มะเร็งให้คืนสู่สภาวะปกติ

จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้นำเทอร์โมอิเล็กทริก 5-6 ชั้นมาใช้ในการศึกษาร่วมกับระบบระบายความร้อนโดยใช้น้ำและพาราฟิน ซึ่งมีข้อบกพร่องตรงที่ระบายความร้อนได้สูงสุดที่ 0.40 องศาเซลเซียส ทำให้ด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกทำความเย็นได้ไม่ถึงจุดที่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้ ดังนั้นเราจึงนำข้อบกพร่องของงานชิ้นนี้มาพัฒนาต่อโดยชิ้นงานของเราได้ออกแบบระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 5 ชั้นร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอซึ่งระบบทำความเย็นแบบอัดไมีความสามารถในการทำความเย็นได้สูงสุดประมาณ -18 องศาเซลเซียส ดังนั้นเพื่อทดสอบหาความเป็นไปได้ที่จะใช้ระบบทำความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอเพื่อลดอุณหภูมิของของการทำความด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกให้ต่ำลงจนสามารถนำไปประยุกต์เพื่อรักษามะเร็งได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาระบบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกและระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
- 2) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกประยุกต์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอว่ามีศักยภาพในการทำความเย็นจนถึงจุดที่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ออกแบบระบบทำความเย็นที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกประยุกต์ร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
- 2) วิเคราะห์อุณหภูมิของระบบทำความเย็นแบบอัดไอในช่วงที่ใช้ในการการระบายความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

### 1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

โครงการมีระยะเวลาในการจัดทำรวมทั้งสิ้น 10 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2560 ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงแนวทางการดำเนินการข้างต้น

แผนการดำเนินการ	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล										
2. เตรียมอุปกรณ์										
3. ทำการทดลอง										
4. การเก็บข้อมูลผลการทดลอง										
5. การวิเคราะห์ข้อมูล										
6. สรุปผลการวิจัย										

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถออกแบบพัฒนาระบบทำความเย็นในการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
- 2) การวิจัยในครั้งนี้ช่วยกระตุ้นให้เรามองหามุมมองใหม่ๆ ในการออกแบบการประยุกต์ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลกับการรักษาทางการแพทย์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก และการใช้ความเย็นเพื่อทำลายเซลล์มะเร็ง รวมถึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

## 2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression System)

### 2.1.1 ส่วนประกอบของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นและ ปรับอากาศที่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การทำความเย็นแบบอัดไอนั้นจะใช้การอัดไอของสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์แล้วผ่านวงจรการทำความเย็นที่ส่วนต่างๆแล้วนำสารทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีกเป็นวัฏจักรวงจรทำความเย็นของระบบนี้ สารทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบไปด้วย อุปกรณ์หลัก คือ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) รีซีฟเวอร์หรือไดร์เออร์และอุปกรณ์ควบคุมการไหล เช่น ท่อแคปิลลารี (Capillary tube) เอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion valve) และตัวกรองสิ่งสกปรกภายในระบบ เช่น รีซีฟเวอร์หรือไดร์เออร์ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

2.1.1.1 อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ทำหน้าที่ดูดความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวสารทำความเย็น จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศรอบๆตัวอีวาโปเรเตอร์ลดต่ำลงแล้วใช้พัดลมช่วยในการระบายอากาศ ก่อนที่สารทำความเย็นจะกลับเข้าสู่ตัวคอมเพรสเซอร์แบ่งแบบตามโครงสร้าง (types of contraction) อาจแบ่งได้เป็นย่อยๆ ได้ 4 แบบคือ

1) อีวาโปเรเตอร์แบบท่อเปลือยแบบนี้มักจะสร้างจากท่อทองแดงหรือท่อเหล็ก ท่อเหล็กจะใช้กับสารทำความเย็นแบบแอมโมเนียเพราะทองแดงจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเหลวเกิดการสึกกร่อน และมักจะใช้กับสารทำความเย็นขนาดเล็กและสารทำความเย็นที่ไม่ใช่แอมโมเนีย อื่นๆ อีวาโปเรเตอร์แบบท่อเปลือยนี้มีหลายแบบหลายขนาด และมักจะใช้งานแต่ละอย่างแตกต่างกันไป

2) อีวาโปเรเตอร์แบบแผ่นแบบนี้สามารถแบ่งย่อยได้อีกหลายแบบ บางอย่างใช้โลหะ 2 แผ่น แผ่นหนึ่งกดขึ้นรูปเป็นลอนนูนอีกแผ่นหนึ่งเรียบ แล้วทำการเชื่อมติดกันและช่องมีเป็นลอนนูน จะทำเป็นท่อทางของสารทำความเย็น สำหรับอีวาโปเรเตอร์แบบนี้ ใช้กันอย่างกว้างขวางในตู้เย็นภายในบ้าน เพราะทำความสะอาดง่าย และผลิตขายเป็นส่วนมากนอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปได้อย่างตามต้องการ

3) อีวาโปเรเตอร์แบบครีปเป็นการสร้างจากท่อเปลือยแบบธรรมดาเพียงแต่เพิ่มโลหะกันเป็เพียงเรียกว่า ครีป ตัวครีปจะเป็นลักษณะพื้นที่ผิวชั้นที่ 2 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวด้านนอกของอีวาโปเรเตอร์ อันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็นให้มากขึ้นโดยครีปจะทำตัวเป็นเสมือนเป็นตัวเก็บความร้อนมาจากบริเวณรอบๆ ที่ไม่ได้สัมผัสกับท่อโดยตรงแล้วครีปจะทำการถ่ายเทความร้อนให้กับท่อของสารทำความเย็นอีกต่อหนึ่ง

4) แบบซิลเลอร์อีวาโปเรเตอร์แบบซิลเลอร์นี้ออกแบบสร้างใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ซึ่งจะต้องใช้ควบคู่กับระบบเครื่องทำความเย็นแบบ Water chiller ซึ่งอาจใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

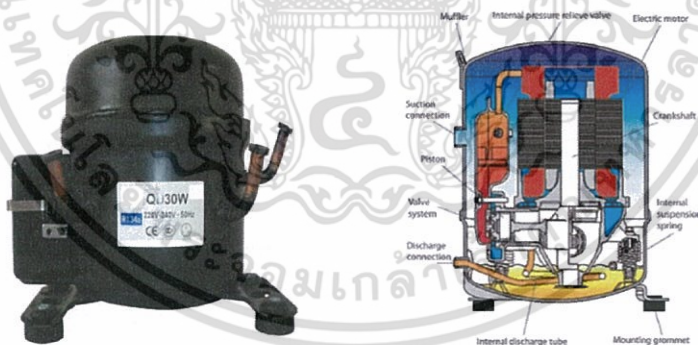
คอมเพรสเซอร์แบบเฮอริเมติก และคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ อีวาโปเรเตอร์แบบนี้ จะมีท่อต่อผ่านเข้าไป และน้ำจะวิ่งเวียนอยู่ภายในตัวอีวาโปเรเตอร์ไปยังห้องทำความเย็นต่าง ๆ

2.1.1.2 คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ ดูดสารทำความเย็นให้ไหลเวียนภายในระบบพร้อมกับอัดไอของสารทำความเย็นที่มีความดันต่ำ ให้เป็นไอสารทำความเย็นที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง คอมเพรสเซอร์มีด้วยกันหลายชนิด แต่คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการทำ ความเย็นของงานวิจัยนี้ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิดลูกสูบ

1) คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะว่าลักษณะโครงสร้างแข็งแรงมีความทนทานและการบำรุงรักษาสะดวกกว่าแบบอื่น ตัวอย่างคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบได้แก่ คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ลูกสูบทั้งหมด เช่น เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

โครงสร้างและส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์แบบใช้ลูกสูบนั้นมีส่วนประกอบคล้ายกับโครงสร้างของเครื่องยนต์เกือบทุกประการ ยกเว้นกลไกเกี่ยวกับลิ้นเท่านั้น โครงสร้างคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบประกอบด้วย

1. กระบอกสูบ (Cylinder)
2. เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft)
3. ซีลเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft seal)
4. ฝาสูบ (Cylinder head)
5. ชุดลิ้นบริการ (Service valve)
6. ปะเก็น (Gasket)
7. น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

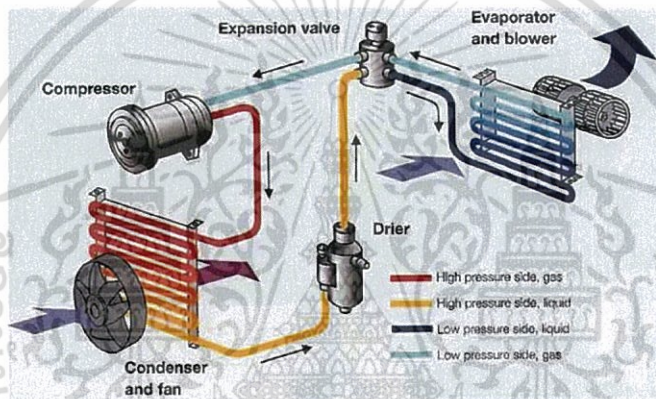
2.1.1.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับไอที่มี อุณหภูมิสูง ออกสู่อากาศภายนอกระบบ เมื่อไอน้ำยาได้รับการระบายความร้อนจะเกิดการควบแน่นเป็นสารทำความเย็นเหลว คอนเดนเซอร์ แบ่งตามการออกแบบได้เป็น 3 ชนิดคือ 1.ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condensers) 2.ประเภทระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ (Evaporative Condensers) 3.ประเภทระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condensers) อุปกรณ์ควบคุมการไหล (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาที่ไหลเข้าคอยล์เย็น เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ท่อแคปิลลารี (Capillary tube) คือท่อลดแรงดันหรือท่อรูเข็ม ซึ่งมีขนาดของท่อและเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็ก หน้าที่ของมันคือลดแรงดันของสารทำความเย็น (สถานะของเหลว) จากที่ถูกระบายความร้อนแล้ว ยังมีอุณหภูมิสูง-แรงดันสูง เมื่อมาเจอท่อรูเข็ม ทำให้สารทำความเย็นผ่านได้น้อย ทำให้สารทำความเย็นนั้น มีอุณหภูมิลดลง และแรงดันลดลง

2.1.1.5 แอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion valve) เป็นอุปกรณ์ที่ในการควบคุมอัตราการไหลและลดความดันของสารทำความเย็นในวงจร เมื่อสารทำความเย็นผ่านแอ็กแพนชันวาล์วจะมีอุณหภูมิต่ำและมีความดันที่ต่ำกว่าก่อนที่จะส่งต่อไปให้อิวาโปเรเตอร์ และบางวงจรทำความเย็น เมื่อสารทำความเย็นที่ออกมาจากอิวาโปเรเตอร์ จะทำการส่งกลับไปที่แอ็กแพนชันวาล์วอีกครั้งเพื่อที่จะปรับสารทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ ไปเป็นสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำอย่างต่อเนื่องและส่งต่อไปให้ คอมเพรสเซอร์

## 2.1.2 ลักษณะการทำงานของวงจรทำความเย็น



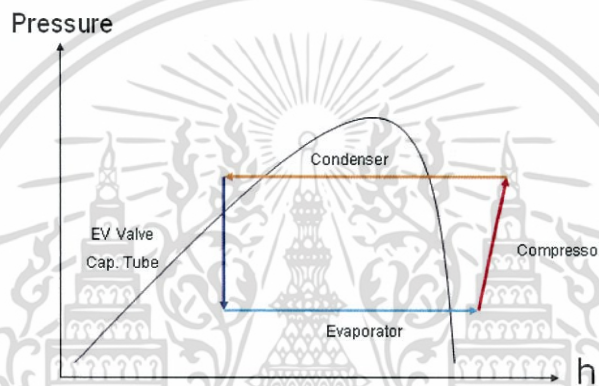
รูปที่ 2.2 วงจรการทำความเย็นแบบอัดไอ

จากรูปเป็นวงจรการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น ซึ่งจากรูปนั้นได้แสดงถึงวงจรของสารทำความเย็นโดยใช้สีในการแสดงอุณหภูมิและก็ความดันของสารทำความเย็น ซึ่งโดยปกติแล้วสารทำความเย็นนั้นจะมีสถานะเป็นเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ เมื่อได้มีการให้กระแสไฟแก่วงจรหรือวงจรเริ่มทำงานนั้น ตัวคอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่ในการดูดและอัดสารทำความเย็น สารทำความเย็นที่ถูกอัดนั้นจะมีความดันละอุณหภูมิที่สูงมาก และสารทำความเย็นจะถูกบังคับให้เดินทางไปตามท่อส่งเข้าสู่ส่วนคอนเดนเซอร์ คอนเดนเซอร์นั้นทำหน้าที่ในการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นลงจากอุณหภูมิที่สูงมากลงจนถึง จุดที่เรียกว่า ความดันวิกฤตและอุณหภูมิวิกฤต โดยการเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกับอากาศ และให้พัดลมในการช่วยเพิ่มมวลของอากาศที่ไปกระทบกับแผงคอนเดนเซอร์แล้วนำพาความร้อนออกไป (Critical pressure and Critical temperature) ซึ่ง ณ จุดนี้คือจุดที่สารทำความเย็นมีความดันและอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถที่จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ เมื่อสารทำความเย็นเดินทางผ่านคอนเดนเซอร์เข้าสู่ซีฟเวอร์หรือไดร์เออร์ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกรองของเสียและความชื้นออกจากสารทำความเย็น แล้วเข้าสู่ส่วนลดความดัน ซึ่งอาจจะใช้ ท่อแคปิลลารี หรือ แอ็กแพนชันวาล์ว หรือ ใช้ทั้งสารส่วนในการลดความดันและอุณหภูมิลง เนื่องจากขนาดของท่อแคปิลลารีนั้นมีขนาดเล็กมากจึงทำตัวสารทำความเย็นเดินทางผ่านได้ยากทำให้ความดันและอุณหภูมิของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความเย็นลดลง ส่วนเอ็กแพนชันวาล์วเป็นอุปกรณ์ที่มีลิ้นที่ใช้ในการลดความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลงซึ่งมีการทำงานคล้ายคลึงกันท่อแคปพิลาตี เมื่อสารทำความเย็นผ่านส่วนลดความดันและอุณหภูมิ จะมีลดความดันและอุณหภูมิที่ต่ำมาก ซึ่งจะมีค่าประมาณ -18 หรือ -22 องศาเซลเซียส ก่อนจะเข้าตัวอีวาโปเรเตอร์ ซึ่งในส่วนของอีวาโปเรเตอร์ หรือ ภาษาทางช่างจะเรียกว่า บล็อกทำน้ำแข็งนั้นจะทำหน้าที่ในการดูดความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวสารทำความเย็นโดยหลักการทำงานของอีวาโปเรเตอร์นั้นจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับส่วนคอนเดนเซอร์คือการเพิ่มพื้นที่ในการระบายอุณหภูมิแล้วใช้พัดลมดูดอากาศในการนำผ่านมวลของอากาศเข้ามากระทบกับตัวแผงของอีวาโปเรเตอร์ ซึ่งสารทำความเย็นนั้นจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิต่ำ เป็นเป็นก๊าซที่อุณหภูมิก่อก่อนจะกลับไปส่วนเอ็กแพนชันวาล์วเพื่อให้เป็นสารทำความเย็นสถานะก๊าซที่มีความดันและอุณหภูมิปกติที่ยังยวดและจะถูกดูดโดยคอมเพรสเซอร์ต่อไป

### 2.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเอนทาลปี



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเอนทาลปี

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับเอนทาลปีสามารถอธิบายได้โดยการแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- 1) ส่วนการอัด คือช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำการอัดสารทำความเย็น ซึ่งเริ่มต้นสารทำความเย็นในวงจรจะมีค่าความดันและเอนทาลปีคงที่ที่ค่าหนึ่ง เมื่อคอมเพรสเซอร์ได้ทำการอัดสารทำความเย็นนั้น ค่าความดันและเอนทาลปีจะเพิ่มขึ้นจากเดิม
- 2) ส่วนควบแน่น คือช่วงที่คอนเดนเซอร์ทำงาน โดยการควบแน่นสารทำความเย็นจากสถานะก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงไปของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งส่วนนี้จะมีค่าความดันและเอนทาลปีต่อเนื่องมาจากส่วนการอัด
- 3) ส่วนลดความดัน ส่วนที่คือส่วนที่ เอ็กแพนชันวาล์วกับท่อแคปพิลาตีทำงาน ตรงส่วนนี้ค่าความดันกับเอนทาลปีจะลดลงจนถึงจุดที่มีค่าความดันและเอนทาลปีก่อนการอัด
- 4) ส่วนขยาย คือส่วนที่อีวาโปเรเตอร์ทำงาน โดยส่วนนี้ค่าเอนทาลปีจะมีค่าคงที่มาจากส่วนลดความดัน

ระบบทำความเย็นที่กล่าวมาข้างต้นทั้งระบบทำความเย็นแบบอัดไอและระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน ส่วนใหญ่มักมีขนาดและส่วนประกอบที่ค่อนข้างใหญ่รวมถึงมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบหลายส่วนที่ต้องมีการเคลื่อนไหว เช่น เครื่องอัด ดังนั้นจึงมีการสรรหา ระบบทำความเย็นระบบทำความเย็นที่ไม่มีความซับซ้อน และมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปราศจากการใช้สารทำความเย็นและอุปกรณ์ที่ต้องมีการเคลื่อนไหว เราจึงเรียกระบบทำความเย็นแบบนี้ว่าเป็นเครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก

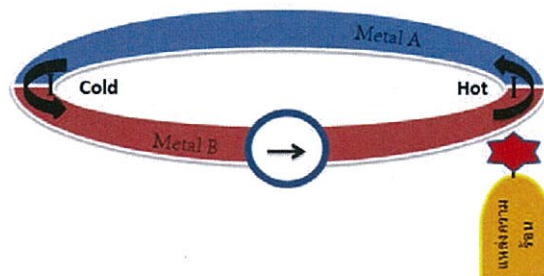
#### 2.1.4 สารทำความเย็น

สารทำความเย็น เป็นตัวกลางที่ใช้ในวงจรทำความเย็น โดยจะมีหน้าที่ในการดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองหรือช่วงขณะที่ทำความเย็น เมื่อสารทำความเย็นมีความดันต่ำอุณหภูมิต่ำ และทำหน้าที่ในการระบายความร้อนเมื่อมีความดันสูงอุณหภูมิสูงโดยสารทำความเย็นสามารถจำแนกได้ 4 ชนิดคือ

- 1) อินออร์แกนิกคอมพาวด์ (Inorganic compounds) เป็นการนำเอาแอมโมเนีย ก๊าซกรดกำมะถัน หรือน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็น
- 2) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons) เป็นสารทำความเย็นประเภทมีเทน (Methane) อีเทน (Ethane) โพรเพน (Propane) ซึ่งใช้เป็นสารทำความเย็นได้
- 3) ส่วนผสมอะซีโอโทรปิก (Azeotropic mixture) เป็นส่วนผสมของสารทำความเย็นที่แตกต่างกันแต่มารวมกันเป็นสารทำความเย็นชนิดเดียวกัน
- 4) ฮาโลจีนเตคาร์ไบด์ (Halogenated carbide) เป็นสารทำความเย็นที่นำมาใช้ในเครื่องทำความเย็นในปัจจุบัน สารทำความเย็นนี้มีส่วนผสมระหว่าง ฟลูออรีน, คลอรีนและ มีเทนตามสัดส่วนต่างๆ โดยจำแนกเป็นเบอร์เช่น R-12, R-22, R-500

## 2.2 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

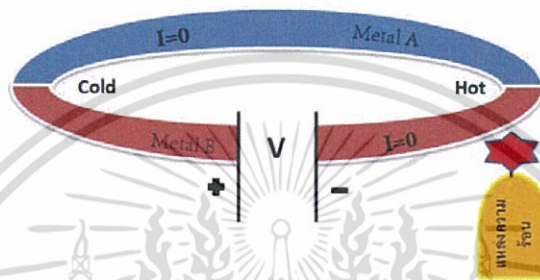
พิจารณาเส้นลวดสองเส้นที่ทำจากโลหะที่ต่างกัน 2 ชนิด เมื่อนำปลายมาเชื่อมต่อกันจะทำให้เกิดวงจรปิด ดังรูปที่ 4 ซึ่งปกติจะไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่ถ้ามีปลายข้างหนึ่งที่เชื่อมต่อกันของเส้นลวดโลหะได้รับความร้อนจะทำให้มีปรากฏการณ์บางอย่างเกิดขึ้น กล่าวคือจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายเส้นลวดโลหะทั้งสองเนื่องจากกลุ่มอิเล็กตรอนในเส้นลวดโลหะด้านที่ได้รับความร้อนจะมีพลังงานจลน์สูงกว่าปลายเส้นลวดโลหะด้านที่ไม่ได้รับความร้อนหรือด้านเย็นนั่นเอง และเคลื่อนที่เร็วกว่าจึงทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณของอิเล็กตรอนที่ปลายเส้นลวดโลหะ จึงทำให้สรุปได้ว่าความต่างของอุณหภูมิทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะ เราจึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ผลของ Seebeck (Seebeck effect) เพื่อเป็นเกียรติแก่ Thomas Seebeck ผู้ที่ค้นพบปรากฏการณ์นี้ในปี ค.ศ. 1821 วงจรที่เกี่ยวข้องกับทั้งความร้อนและไฟฟ้าจะเรียกว่า วงจรเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric circuit) และอุปกรณ์ที่ทำงานในรูปแบบนี้จะเรียกว่า อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric device)



รูปที่ 2.4 เมื่อปลายของเส้นลวดโลหะ 2 ชนิดที่เชื่อมต่อกันถูกให้ความร้อน จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองของ Seebackทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 2 อย่าง คือ การใช้วัดอุณหภูมิ และกำเนิดไฟฟ้า ถ้าวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกถูกทำลาย ดังรูปที่ 5 จะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าในวงจรหยุดไหลและสามารถที่จะวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force) หรือค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นภายในวงจรด้วยมาตรวัดความต่างศักย์ (voltmeter) ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นฟังก์ชันของค่าความแตกต่างของอุณหภูมิรวมถึงชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นเส้นลวดโลหะนั้นด้วย จึงสามารถที่จะนำเอาหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยการวัดความต่างศักย์นี้ และเส้นลวดโลหะ 2 ชนิดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิในลักษณะเช่นนี้ เราเรียกว่า เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple)

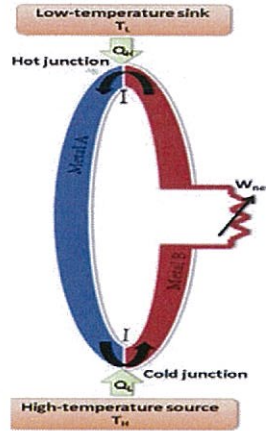


รูปที่ 2.5 เมื่อวงจรเทอร์โมอิเล็กทริกถูกทำลาย จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น

นอกจากนี้การทดลองของ Seebackยังก่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกขึ้น ดังรูปที่ 3 ความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกถ่ายโอนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงไปยังรอยต่อที่ร้อน (hot junction) ในรูปของปริมาณความร้อนอุณหภูมิสูง ( $Q_H$ ) และความร้อนจะถูกถ่ายเทออกจากรอยต่อที่เย็น (cold junction) ในรูปของปริมาณความร้อนอุณหภูมิต่ำ ( $Q_L$ ) ไปยังแหล่งรับความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้เกิดค่าความต่างระหว่างปริมาณความร้อนทั้งสอง ซึ่งจะเท่ากับงานสุทธิทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นดังสมการที่ 1

$$W_e = Q_H - Q_L \quad (1)$$

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าวัฏจักรกำลังเทอร์โมอิเล็กทริกมีความคล้ายคลึงกับวัฏจักรกลจักรความร้อนแบบทั่วไปโดยมีอิเล็กตรอนที่ทำหน้าที่เป็นเหมือนของไหลทำงาน ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานระหว่าง 2 แหล่งที่มีอุณหภูมิสูง ( $T_H$ ) และอุณหภูมิต่ำ ( $T_L$ ) จะมีค่าถูกจำกัดโดยค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของวัฏจักรคาร์โนต์ที่ทำงานระหว่างแหล่ง 2 แหล่งที่มีอุณหภูมิสูง ( $T_H$ ) และอุณหภูมิต่ำ ( $T_L$ ) คู่เดียวกัน ในกรณีที่ไม่มีปัจจัย irreversibilities เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกจะมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับค่าประสิทธิภาพของวัฏจักรคาร์โนต์



รูปที่ 2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกแบบธรรมดา

ต่อมาในปี ค.ศ. 1834 Jean Charles Athanase Peltier ได้ทำการทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเส้นลวดโลหะ 2 ชนิด คือโลหะทองแดงและบิสมัทที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นคือ ที่รอยต่อระหว่างทองแดงกับบิสมัทด้านหนึ่งจะมีอุณหภูมิต่ำลงหรือเย็นลง ส่วนอีกด้านจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือด้านร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของโลหะแต่ละชนิดกลุ่มพาหะอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านโลหะ ด้านหนึ่งจะถ่ายเทความร้อน (Heat evolved) แต่อีกด้านหนึ่งจะดูดกลืนความร้อน (Heat absorbed) ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังรูปที่ 7 จึงเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าผลของ Peltier (Peltier effect) นอกจากนี้ Peltier ยังใช้รอยต่อของทองแดงและบิสมัททำให้น้ำกลายเป็นน้ำแข็งจากกระบวนการทางอุณหพลศาสตร์และเป็นผลทำให้เกิดระบบทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric refrigeration) นี้ขึ้น



รูปที่ 2.7 เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโลหะทองแดงกับโลหะบิสมัทที่เชื่อมต่อกันที่รอยด้านหนึ่งจะเย็นตัวลงส่วนอีกด้านจะร้อนขึ้น

## 2.2.1 ประสิทธิภาพของเทอร์โมอิเล็กทริก

จากงานผลวิจัยและพัฒนาด้านวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก ลประภทสารกึ่งตัวนำพบว่าปัจจุบันมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้านอาทิเช่น รถยนต์ประหยัดพลังงาน การชาร์จแบตเตอรี่สมาร์ทโฟน เป็นต้น จึงทำให้ทราบว่าประสิทธิภาพของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1.1 สามารถให้สภาพนำไฟฟ้าได้สูงและเกิดความร้อนเพียงบางส่วน ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดจากความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า

2.2.1.2 สามารถแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรืออาจแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นความเย็นได้จำนวนมาก

2.2.1.3 มีสภาพนำความร้อนต่ำ เพื่อป้องกันการนำความร้อนผ่านวัสดุ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำมาพิจารณาตามความสัมพันธ์ตามหลังการทางฟิสิกส์พบว่ามีความสัมพันธ์กันซึ่งกันและกันเป็นสมการที่บอกถึงคุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกของวัสดุ (Z)

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\gamma} \quad (2)$$

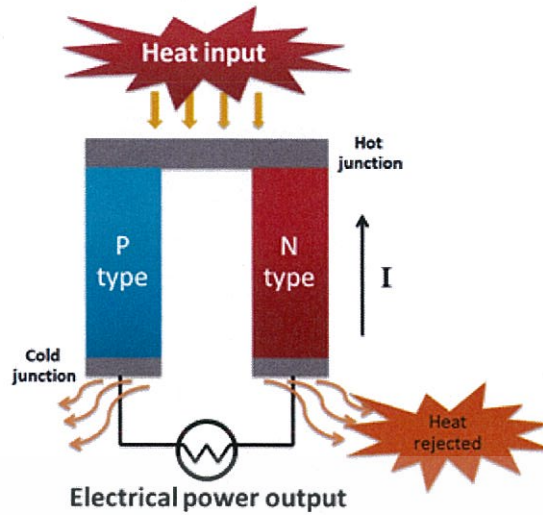
โดยที่	$\alpha$	คือสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค	(Volt/Kelvin)
	$\sigma$	คือสภาพนำไฟฟ้าของวัสดุ	(Ampere/Voltxmeter)
	$\gamma$	คือสภาพนำความร้อนของวัสดุ	(Watt/meterxKelvin)

เนื่องจาก Z มีหน่วยต่ออุณหภูมิ แต่ในความเป็นจริงค่าบ่งชี้ที่เปรียบเทียบกันควรไม่มีหน่วย จึงเรียกว่า figure-of-merit ดังนั้นจึงมีการคูณสมการที่ (2) ด้วย T ได้สมการเป็น ZT โดยที่ T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยขณะทำงาน และค่า ZT คือ figure-of-merit ที่บอกถึงคุณสมบัติการเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และบอกถึงคุณสมบัติการทำความเย็นสูงสุดของวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นชิ้นส่วนประกอบ (Thermo-element) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

### 2.2.2 การทำงานของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

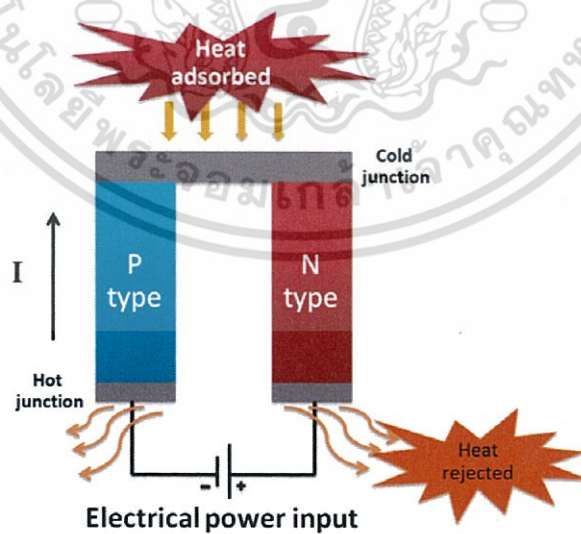
ในปัจจุบันวิวัฒนาการทางด้านเทอร์โมอิเล็กทริกมีการพัฒนาก้าวไกลไปอย่างมากโดยมีพื้นฐานของปรากฏการณ์ Seebeck effect และ Peltier effect เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเป็นอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ทำงานตามกระบวนการของอุณหพลศาสตร์ใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบกระบวนการของจักรกลความร้อน (Heat engine) และจักรกลสูบความร้อน (Heat pump) โดยมีการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์แยกชนิดตามหน้าที่ในการทำงานดังนี้

2.2.2.1 อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อน เรียกว่า Thermoelectric Generator (TEG) เนื่องจากการกำเนิดไฟฟ้าด้วยความร้อนจากรอยต่อโอห์มิก (Ohmic junction) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์ อาศัยความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างรอยต่อของสารกึ่งตัวนำด้านร้อนและด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก มีผลทำให้กลุ่มพาหะอิเล็กตรอนในด้านร้อนมีพลังงานจลน์สูงกว่าด้านเย็นและเคลื่อนที่เร็วกว่าเกิดความต่างปริมาณของพาหะประจุไฟฟ้าและกำเนิดไฟฟ้าขึ้นที่ปลายขั้วต่อของอุปกรณ์พร้อมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลด (Load) ได้ดังแสดงในรูปที่ 8 และเนื่องจากเทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อนบางครั้งจึงเรียกว่าเซลล์ความร้อน (Thermoelectric cell)



รูปที่ 2.8 Thermoelectric Generator(Heat engine)

2.2.2.2 อุปกรณ์ทำความเย็น เรียกว่า Thermoelectric-Cooler (TEC) เนื่องจากการทำความเย็นด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านบริเวณรอยต่อโอห์มมิก(Ohmic junction) ของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์ (TEC) อาศัยผลการดูดกลืนความร้อนของกลุ่มอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่จากรอยต่อด้านเย็นผ่านเทอร์โมอิเล็กลิเมนต์และนำไปปลดปล่อยที่รอยต่อด้านร้อนทำให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิโดยมีผลให้รอยต่อด้านเย็นมีอุณหภูมิต่ำลงขึ้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้าและการระบายความร้อนที่รอยต่อด้านร้อนออกดังแสดงในรูปที่ 9 อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกเจเนอเรเตอร์และอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกคูลเลอร์นั้นมีลักษณะของโครงสร้างคล้ายคลึงกันจึงสามารถทำงานย้อนกระบวนการกันได้แต่สภาวะการทอนอุณหภูมิของอุปกรณ์และค่า  $ZT$  ของเทอร์โมอิเล็กลิเมนต์ที่เลือกใช้จะแตกต่างกันขึ้นกับความต้องการประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

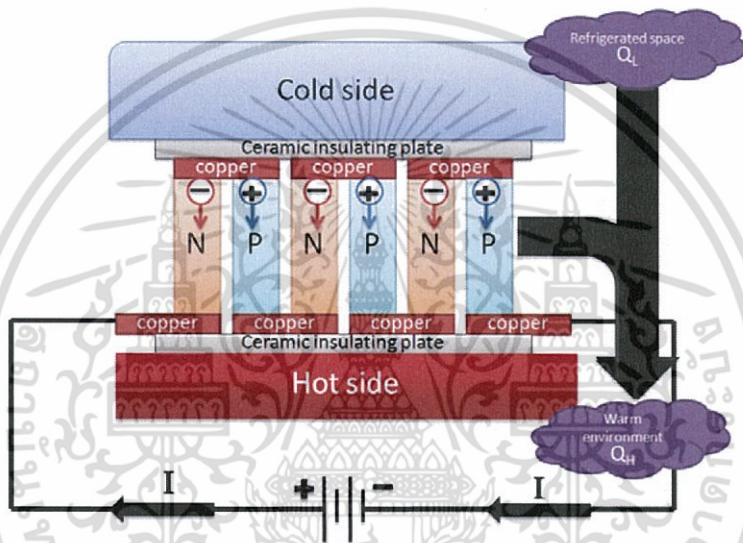


รูปที่ 2.9 Thermoelectric Cooling (Heat pump)

ระบบทำความเย็นด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมีความแตกต่างจากระบบทำความเย็นแบบอัดไอเคมี (Compression) เนื่องจากจะไม่มีส่วนที่เคลื่อนย้าย ไม่ใช่สารทำความเย็น ไม่มีเสียงรบกวน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงการทำความเย็นด้วยอุปกรณ์ชนิดนี้ทำงานโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงและต้องใช้ตัวแปลงไฟกระแสตรงในกรณีที่แหล่งจ่ายเป็นกระแสสลับ อย่างไรก็ตามสามารถรับพลังงานโดยตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์เชื้อเพลิง หรือแม้แต่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงภายในรถยนต์ พร้อมทั้งระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหรือพัดลม ที่มีความเหมาะสมกับการสูบน้ำร้อนของเซลล์ออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น

วงจรทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้วัสดุสารกึ่งตัวนำ ดังรูปที่ 10 การไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเทอร์โมอิเล็กทริกจะก่อให้เกิดกลุ่มพาหะประจุรับความร้อนจากผนังด้านเย็นเคลื่อนที่พาความร้อนไปถ่ายเทที่ผนังด้านร้อน ขณะเดียวกันกลุ่มพาหะประจุรับความร้อนจะดูดเอาความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็นในปริมาณ  $Q_L$  และถ่ายเทไปยังสภาวะแวดล้อมที่อุ่นกว่าในปริมาณ  $Q_H$  นั่นก็คือค่างานทางไฟฟ้าสุทธิที่ต้องป้อนให้กับอุปกรณ์ ดังสมการที่ (1)



รูปที่ 2.10 เครื่องทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริก

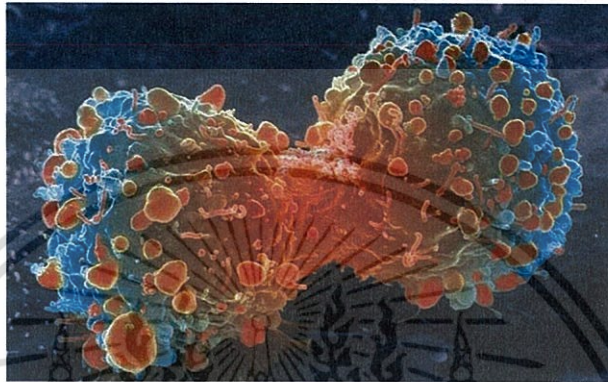
ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของระบบทำความเย็นชนิดต่างๆ [2]

Type		VCAC	AAC (single effect)	TEAC
ทำความเย็น	ความเย็นที่เครื่องทำได้	2,500-4,500 W	$15-2 \times 10^4$ kW	15-560 W
	กำลังไฟฟ้าขาเข้า	750-1,670 W	1.8-54 kW	36-1,495 W
	$COP_c$	2.6-3.0	0.6-0.7	0.38-0.45
	ย่านอุณหภูมิทำงาน	18-45	-	0-70
เสียงรบกวน		35-48 dB	-	-
ขนาด		กลาง	ใหญ่	เล็ก
อายุการใช้งาน		10-12 years	15 years	23 years
ราคา		ต่ำ	สูง	สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 โรคมะเร็ง (cancer)

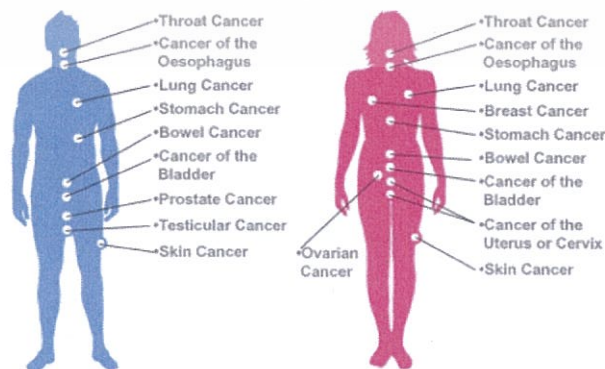
โรคมะเร็ง เกิดจากที่เซลล์ในร่างกายของเราเกิดความผิดปกติที่สารพันธุกรรม ซึ่งจะทำให้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์โดยเซลล์จะมีการเพิ่มจำนวนการแบ่งแยกของเซลล์เพิ่มขึ้นรวดเร็วและมากกว่าปกติ โดยอาจจะทำให้ก้อนเนื้อนั้นผิดปกติและในที่สุดก็ทำให้เซลล์ส่วนนั้นตายเพราะเกิดจากที่เลือดไม่ไปหล่อเลี้ยงเซลล์ส่วนนั้นโดยโรคนี้อาจใช้เวลาหลายปีในการก่อตัวทำให้เกิดโรค ซึ่งมะเร็งที่พบในร่างกายของมนุษย์นั้นมีมากกว่า 100 ชนิดที่พบ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งปอด มะเร็งตับ มะเร็งรังไข่ เป็นต้น



รูปที่ 2.11 เซลล์มะเร็ง

ซึ่งโรคมะเร็งเราจะพบได้ในทุกเพศทุกวัย โดยจะพบตั้งแต่เด็กแรกเกิดจนกระทั่งถึงผู้สูงอายุ ซึ่งในส่วนใหญ่เราจะพบในคนที่อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปเมื่อเทียบกับเด็กซึ่งจะพบน้อยกว่าถึง 10 เท่า เราจะมาจัดโรคมะเร็งที่พบมากที่สุด 6 อันดับแรกของโลกคือ

- 1) มะเร็งปอด
- 2) มะเร็งกระเพาะอาหาร
- 3) มะเร็งเต้านม
- 4) มะเร็งลำไส้ใหญ่
- 5) มะเร็งตับ
- 6) มะเร็งปากมดลูก



รูปที่ 2.12 ภาพแสดงโรคมะเร็งที่พบให้ผู้หญิงและผู้ชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 สาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง

#### 2.3.1.1 เกิดจากภายนอกร่างกาย

1.1 สารที่อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งที่ปนเปื้อนในอาหารและเครื่องดื่มที่เรารับประทานเข้าไป เช่น อัลฟาทอกซินเป็นสารพิษจากเชื้อรา ไฮโดรคาร์บอนสารก่อมะเร็งที่เกิดจากการปิ้งย่าง และไนโตรซามีน เป็นสารที่ใช้ถนอมอาหาร

1.2 รังสีเอ็กซ์เรย์ อัลตราไวโอเลตจากแสงแดด

1.3 เชื้อไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสฮิวแมนแพปพิลโลมา

1.4 การติดเชื้อพยาธิใบไม้ในตับ

1.5 พฤติกรรมของมนุษย์ เช่น การดื่มสุรา การสูบบุหรี่

2.3.1.2 เกิดจากความผิดปกติภายในร่างกาย เช่น เด็กที่มีความพิการตั้งแต่กำเนิดซึ่งอาจมีโอกาสเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาว การมีภูมิคุ้มกันบกพร่อง เป็นต้น ซึ่งความผิดปกตินี้อาจมีโอกาสเกิดน้อยมาก

### 2.3.2 การบำบัดรักษาโรคมะเร็ง

การรักษาโรคมะเร็งมีหลากหลายวิธี ซึ่งการรักษาโรคมะเร็งจะรักษาด้วยวิธีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะที่เป็นมะเร็ง โดยวิธีรักษามีดังนี้

2.3.2.1 การผ่าตัดเป็นวิธีที่ศัลยแพทย์จะผ่าตัดเอาก่อนเนื้อร้ายออกเพื่อควบคุมโรคเฉพาะที่และเพื่อการขาดหายจากโรคมะเร็งแต่ถ้ามะเร็งมีขนาดใหญ่มากเราอาจจะต้องใช้วิธีอื่น ๆ ร่วมด้วย เพราะไม่สามารถผ่าตัดออกได้หมด เช่นการให้เคมีบำบัด

ผลข้างเคียงของการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัด คือต้องคอยระวังเรื่องการติดเชื้อของแผลผ่าตัดและอาการตอบสนองของผู้ป่วย

2.3.2.2 เคมีบำบัดหรือเราเรียกกันทั่วไปคือ Chemotherapy ซึ่งวิธีนี้เป็นการใช้ยาเพื่อต้านเชื้อมะเร็งอาจทำให้โดยการฉีดหรือรับประทานเพื่อให้ยาเข้ากระแสเลือดไปยังส่วนต่างๆของร่างกายซึ่งจะทำให้ยาไปยับยั้งมะเร็งที่อยู่ในอวัยวะส่วนต่างๆ

ผลข้างเคียงของการรักษาด้วยวิธีเคมีบำบัด คือ คลื่นไส้ อาเจียนเบื่ออาหารผมร่วงเจ็บปากเพิ่มความเสี่ยงในการติดเชื้อเลือดออกง่ายอ่อนเพลียและอ่อนแรง

2.3.2.3 การฉายรังสีเราจะโฟกัสไปที่ก้อนเนื้อร้ายและเนื้อเยื่อรอบๆเพื่อทำลายเซลล์มะเร็งโดยใช้รังสีเอกซ์พลังงานสูง วิธีนี้ใช้กับมะเร็งที่มีการลุกลามไม่มากนัก โดยฉายแสงจะช่วยลดขนาดของก้อนมะเร็ง โดยการรักษาด้วยวิธีนี้มี 2 วิธีหลักๆได้แก่

2.3.2.3.1 การฉายแสงระยะไกล (External beam radiation) การฉายรังสีจะยิงไปที่มะเร็งโดยตรง โดยจะทำการฉายวันละ 1 ครั้งเป็นเวลา 5 ครั้งต่อสัปดาห์รวมระยะเวลา 6-7 สัปดาห์

2.3.2.3.2 การฉายแสงระยะใกล้ (Brachytherapy) วิธีนี้เป็นการใส่แร่เข้าไปในบริเวณที่เป็นก้อนเนื้อมะเร็ง หรือบริเวณใกล้เคียงเพื่อเพิ่มปริมาณรังสีที่ยังก้อนเนื้อโดยตรงซึ่งจะช่วยลดปริมาณรังสีไปยังเนื้อเยื่อปกติด้วย

ผลข้างเคียงของการรักษาด้วยวิธีการฉายรังสี คือ ผิวหนังแดงคล้ำหรือแสบคันเจ็บคอ ปากแห้ง การรับรสผิดปกติและอ่อนเพลีย

2.3.2.4 การบำบัดด้วยฮอร์โมน (Hormonal therapy) วิธีนี้จะทำร่วมกับวิธีก่อนๆที่กล่าวมา ซึ่งวิธีนี้จะคำนึงถึงความแข็งแรงของผู้ป่วยโดยจะใช้ยาเพื่อไปหยุดการทำงานของฮอร์โมนหรือการสร้างฮอร์โมน เพื่อไม่ให้เซลล์เกิดการเจริญเติบโตเพิ่ม

ผลข้างเคียงของการรักษาด้วยวิธีการบำบัดด้วยฮอร์โมนคือ อาการจะคล้ายๆกับการให้เคมีบำบัด

### 2.3.3 การรักษามะเร็งรังไข่ด้วยความเย็น (Cryosurgery Therapy)

การรักษามะเร็งรังไข่ปัจจุบันนี้มีหลากหลายวิธีมากมาย แต่การรักษาด้วยวิธีเหล่านี้ไม่ค่อยเหมาะสมกับผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งระยะสุดท้ายและผู้ป่วยที่เคยเป็นมะเร็งซ้ำ ซึ่งผู้ป่วยระยะนี้เซลล์มะเร็งจะแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆของร่างกายได้ไวกว่าปกติ จนทำให้ร่างกายของผู้ป่วยเหล่านี้อ่อนแอจนไม่สามารถทนต่อการรักษาด้วยวิธีเหล่านี้ได้(การผ่าตัด การบำบัดด้วยเคมี) ซึ่งการรักษาด้วยวิธีเหล่านี้ก็ต้องพบกับผลข้างเคียงที่รุนแรงต่อร่างกายมากขึ้นไปอีก

ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการค้นคว้าวิธีการรักษาใหม่ๆที่สามารถรักษาให้หายขาดได้และมีผลกระทบต่อร่างกายน้อยลงซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ในการรักษาเนื้องอกในรังไข่ด้วยความเย็นเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ FDA ของสหรัฐอเมริกาและองค์การอาหารและยาของจีนในปีค.ศ.1999 อนุญาตให้นำมาประยุกต์ใช้กับการรักษามะเร็ง ซึ่งเป็นวิธีที่ทางสหรัฐอเมริกาใช้หลักการระบายนอกร่างกาย

โดยในปี ค.ศ.2000 ทางโรงพยาบาลมะเร็งพุด้า ได้เริ่มใช้วิธีนี้ในการรักษามะเร็งรังไข่ด้วยการผ่าตัดมะเร็งด้วยความเย็น คือการใช้สารอาร์กอนฉีดผ่านเครื่องทำความเย็นไปยังหัวเข็มเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2-2.4 มิลลิเมตร หัวเข็มจะทำการลดอุณหภูมิที่ลบ150ถึงลบ170 องศาเซลเซียสภายใน 30 วินาที ทำให้ภายในบริเวณ 4 เซนติเมตรรอบเข็มแข็งทำให้ฆ่าเชื้อเซลล์มะเร็งตายที่เฉพาะจุดโดยแพทย์จะทำการอัลตราซาวด์หรือเรียกว่า CTควบคู่ไปกับการทำMRI เพื่อกำหนดเป้าหมายในการทำลายเซลล์ส่วนนั้น

ก่อนการที่เราจะรักษาด้วยวิธีการนี้เราจะต้องมีการส่องกล้อง เพื่อให้ทราบตำแหน่งของมะเร็งที่แน่นอน เพื่อที่จะได้ฉีดก๊าซอาร์กอนเข้าไปได้อย่างแม่นยำ ได้ปริมาณและอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยไม่ให้ส่งผลกระทบต่ออวัยวะและเส้นเลือดใหญ่ที่ใกล้เคียงส่วนนั้นๆ



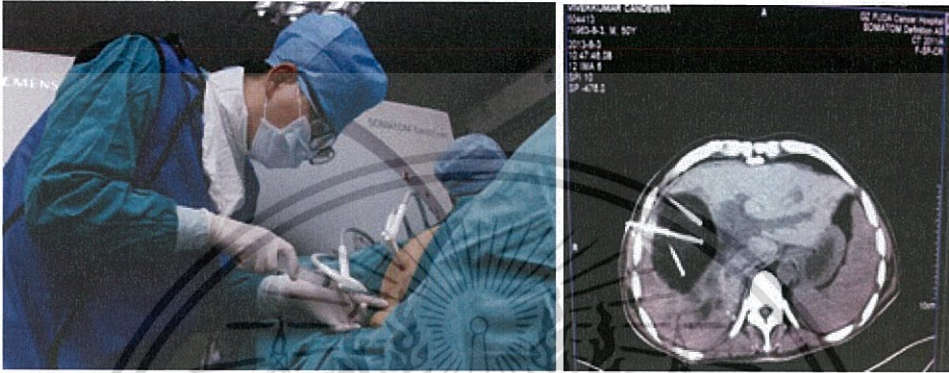
รูปที่ 2.13 ภาพแสดงขั้นตอนของการรักษา

#### 2.3.3.1 ข้อดีของการรักษาด้วยวิธี Cryosurgery Therapy

2.3.3.1.1 ทำการรักษาให้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถผ่าตัดได้สำหรับผู้ป่วยที่จะใช้การรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดผู้ป่วยอาจจะมีความเสี่ยงที่ค่อนข้างใหญ่และมากกว่า 70-80 %ของผู้ป่วยมะเร็งไม่สามารถทำการผ่าตัดเพราะมะเร็งค่อนข้างรุนแรงซึ่งการรักษาด้วยความเย็นจะช่วยให้การทำลายเซลล์มะเร็งและลดค่าใช้จ่ายที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1.2 การรักษาด้วยความเย็นเป็นทางเลือกใหม่เมื่อเทียบกับการรักษาแบบดั้งเดิมปัจจุบันแม้ว่าการรักษามะเร็งจะเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการรักษา แต่ก็จะมีปัญหา เช่น การมีเลือดไหลออกมาในระหว่างการรักษา ความเจ็บปวดจากการผ่าตัด และอัตราการแพร่กระจายของเชื้อโรคโดยผู้ป่วยจะค่อนข้างกลัวเวลารักษาด้วยการผ่าตัด ซึ่งในการผ่าตัดด้วยการใช้ความเย็นนี้จะคล้ายกับการผ่าตัดทั่วไปแต่มีดผ่าตัดจะเป็นมีดที่มีอุณหภูมิติดลบซึ่งมันจะทำให้เซลล์ใกล้เคียงมีความเสียหายเล็กน้อยและมีการฟื้นตัวจากการผ่าตัดได้ไว ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือได้สำหรับผู้ป่วยที่มีความกลัวหรือความกังวลเกี่ยวกับการผ่าตัด



รูปที่ 2.14 ภาพแสดงการรักษามะเร็งด้วยวิธี Cryosurgery Therapy

2.3.3.1.3 เป็นตัวเลือกใหม่สำหรับการผ่าตัดมะเร็งขั้นรุนแรงสำหรับเนื้อเยื่อที่มีเลือดออกมากในระหว่างการผ่าตัดซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เชื้อมะเร็งแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย ถ้าเราทำการผ่าตัดด้วยมีดอาร์กอนฮีเลียมจะช่วยให้มีประโยชน์มากมาย เช่น การจัดการที่ง่ายขึ้น การฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว ไม่มีเลือดออก เป็นต้น การตรึงเนื้อเยื่อก่อนการผ่าตัดช่วยลดอัตราการแพร่กระจายของเชื้อหลังการผ่าตัดและทำให้โอกาสการเกิดโรคมะเร็งอีกครั้งน้อยลง

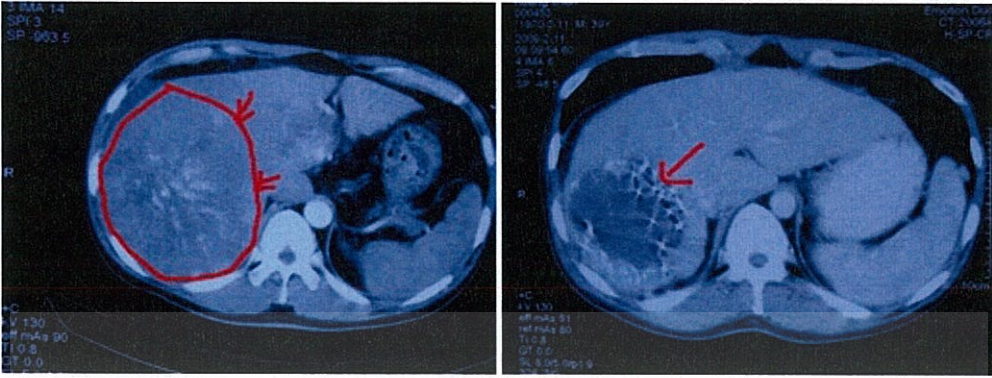


รูปที่ 2.15 ภาพแสดงการทำลายเซลล์มะเร็ง

2.3.3.1.4 เป็นความหวังใหม่สำหรับผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งในระยะสุดท้ายจากการรักษาด้วยความเย็นจะอิงจากคุณสมบัติของ Micro-invasive ที่ทำลายเซลล์มะเร็งด้วยการทำให้แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเป็นตัวเลือกให้กับผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งที่มะเร็งมีการแพร่กระจายในระยะสุดท้ายหรือกับผู้ป่วยที่รักษาแล้วยังไม่หาย ซึ่งวิธีนี้ก็เ็นทางเลือกหนึ่งในการรักษา



รูปที่ 2.16 ภาพแสดงการรักษามะเร็งก่อนผ่าตัดและหลังผ่าตัด

## 2.4 ทบทวนวรรณกรรม

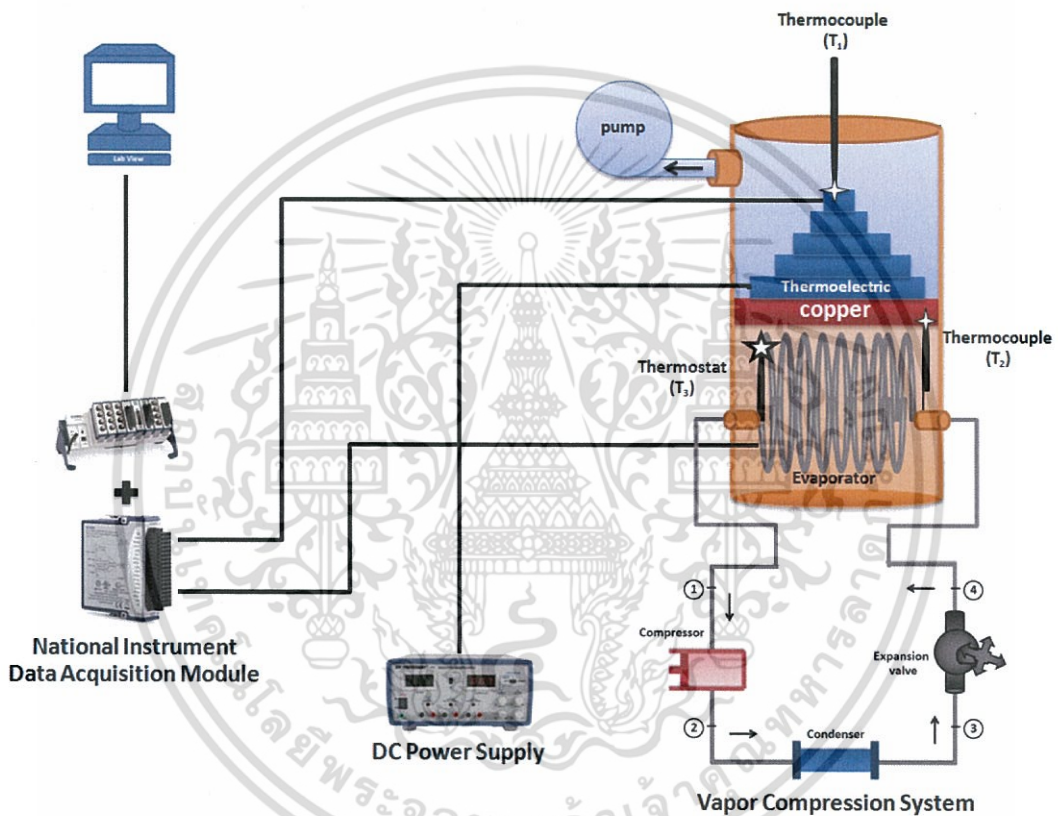
จากการที่ได้ศึกษาเรื่องของเทอร์โมอิเล็กทริกมาแล้วนั้น งานด้านวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกประเภทสารกึ่งตัวนำสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ 2 อย่าง คือ การใช้วัดอุณหภูมิ และกำเนิดไฟฟ้า พบว่าปัจจุบันมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้านอาทิเช่น รถยนต์ประหยัดพลังงาน การชาร์จแบตเตอรี่สมาร์ตโฟนในปัจจุบันวิวัฒนาการทางด้านเทอร์โมอิเล็กทริกมีพื้นฐานของปรากฏการณ์ Seebeck effect และ Peltier effect เป็นพื้นฐาน โดยมีการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์แยกชนิดตามหน้าที่ในการทำงานคืออุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากความร้อน เรียกว่า Thermoelectric Generator (TEG) และอุปกรณ์ทำความเย็น เรียกว่า Thermoelectric-Cooler (TEC) ดังนั้นจึงได้มีนักวิจัยพบว่ามนุษย์มีอัตราการเป็นมะเร็งเพิ่มขึ้นและการรักษามะเร็งโดยทั่วไปส่วนใหญ่รักษาไม่หายขาดและมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นๆ นักวิจัยท่านนี้จึงได้นำ Thermoelectric-Cooler มาประยุกต์ใช้งานในด้านทางการแพทย์โดยการนำ Thermoelectric-Cooler มาผลิตความเย็นให้ได้อุณหภูมิถึงจุดที่สามารถทำลายเซลล์มะเร็งได้โดยอุปกรณ์ตัวนี้เรียกว่า cryoprobe ซึ่งเป็นวิธีการรักษามะเร็งทางเลือกใหม่ทางหนึ่งซึ่งเป็นการใช้ความเย็นมาประยุกต์เข้ากับทางการแพทย์สมัยใหม่ ซึ่งอุปกรณ์ตัวต้นแบบประกอบด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก 5-6 ชั้น จากการทดลองนักวิจัยได้ใช้น้ำเพื่อมาเป็นแหล่งระบายความร้อนให้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกทางด้านร้อนเพื่อให้ด้านเย็นลดอุณหภูมิให้ต่ำลงมากที่สุด ซึ่งจากงานวิจัยชิ้นนี้ได้พบว่า จุดเยือกแข็งของน้ำมีค่าเท่า 0 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการทดลองของงานนี้คือน้ำที่อุณหภูมิ 0.40 องศาเซลเซียสสามารถระบายความร้อนได้ดีที่สุด ดังนั้นเราจึงได้ทำงานวิจัยขึ้นมาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของงานนี้ด้วยการนำระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาเป็นแหล่งระบายความร้อนของระบบแทนน้ำ ซึ่งจากข้อมูลที่กำลังมาเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า ระบบทำความเย็นแบบอัดไอสามารถทำความเย็นได้มากกว่า 0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษาข้อมูลในทางทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทอร์โมอิเล็กทริก มาประยุกต์ใช้ในการทำความเย็นเพื่อทำลายเซลล์มะเร็ง ทำให้งานวิจัยนี้เกิดแนวคิดที่จะนำเอาระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนให้แก่เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังวงจรทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

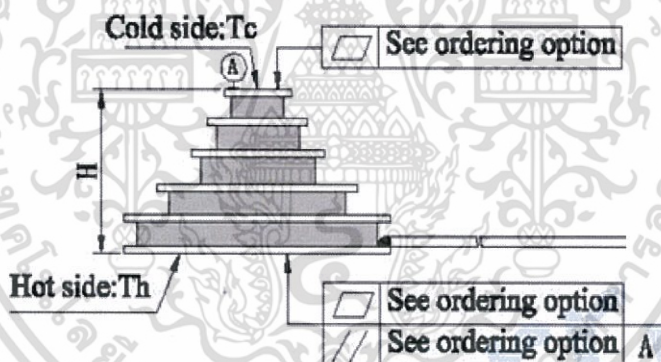
#### 3.1.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC5-127-71-31-17-08-03 ผลิตจากบริษัท ThermonamicElectronics (Jiangxi) Corp., Ltd. ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 5 ชั้น โหมดสำหรับทำความเย็นและความร้อนทำมาจากวัสดุอะลูมิเนียมออกไซด์ (Ceramic material: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) และโลหะเชื่อมทำมาจากบิสมีทิน (Solder tinning: BiSn) ขนาดชั้นบนสุด 10×10 มิลลิเมตร และขนาดฐานล่าง 40×40 มิลลิเมตร สามารถใช้งานที่อุณหภูมิที่ 100°C คุณสมบัติต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกกรุ่น TEC5-127-71-31-17-08-03 จากผู้ผลิต [5]

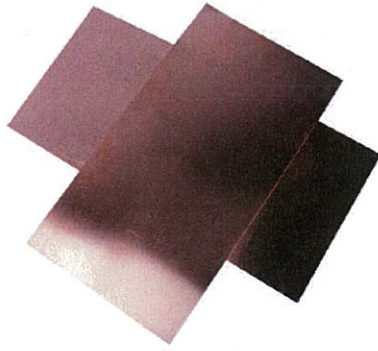
Th (°C)	27	50	Hot side temperature at environment: day air, N <sub>2</sub>
DT <sub>max</sub> (°C)	135	151	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U <sub>max</sub> (Voltage)	14.6	16.4	Voltage applied to the module at DT <sub>max</sub>
I <sub>max</sub> (Amps)	3.1	3.1	DC current through the modules at DT <sub>max</sub>
Q <sub>Cmax</sub> (Watts)	3.88	4.23	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0°C
AC resistance (Ohms)	3.5~4.3	3.8~4.6	The module resistance is tested under AC



รูปที่ 3.2 เทอร์โมอิเล็กทริกกรุ่น TEC5-127-71-31-17-08-03

### 3.1.2 แผ่นทองแดง

เนื่องจากทองแดงเป็นโลหะอ่อน จึงจัดเป็นรูปร่างต่างๆได้ง่าย นำความร้อนได้ดี มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดค่อนข้างสูง จุดเด่นอีกอย่างหนึ่งของทองแดงก็คือ ทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมาก แม้ในสภาวะกัดกร่อนอย่างรุนแรง เช่น ในน้ำทะเล โดยใช้แผ่นทองแดงขนาด 10 x 10 x 70 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น ใช้สำหรับประกบทางด้านฐานของเทอร์โมอิเล็กทริก (T<sub>2</sub>) เพื่อระบายความร้อนดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผ่นทองแดง

### 3.1.3 ระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติ

ในระหว่างกระบวนการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น จะมีตัวแปรต่างๆ ที่ต้องศึกษามากมาย เช่น อุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น ( $T_1$ ) อุณหภูมิของแผ่นทองแดง ( $T_2$ ) อุณหภูมิของเครื่องระเหย ( $T_3$ ) ตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลถึงอุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกทั้งสิ้น ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์การเก็บข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำเพื่อจะได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ถูกต้อง ในอดีตใช้วิธีการจดบันทึกค่าจากการทดลองซึ่งวิธีนี้ให้ความแม่นยำต่ำและส่งผลถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิดพลาดไปทำให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมาก

### 3.1.4 ดอกกัด (Carbide End Mill)

ดอกกัด (Carbide End Mill) ใช้สำหรับกัดร่อง กัดข้าง การตัดและเจาะวัสดุชิ้นงานมีประสิทธิภาพสูงเรื่องด้านการสึกหรอและการหล่อลื่น มีการเคลือบผิวด้วย Aluminum Titanium Nitride (AlTiN) และ Titanium Aluminum Nitride (TiAlN) ที่สามารถระบายความร้อนออกไปกับเศษโลหะได้ดีมาก การเลือกดอกกัดหัว Carbide Endmillสำหรับงานทองแดงนี้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 End Mill

### 3.1.5 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้คอมเพรสเซอร์รุ่น AE 1390 Y จำหน่ายโดยบริษัท Kulthorn Kirby Public Co., Ltd. ดังรูปที่ ... ซึ่งเป็นคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ และใช้สารทำความเย็นชนิด R-134a ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



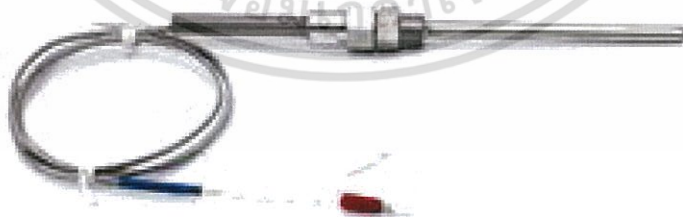
รูปที่ 3.5 คอมเพรสเซอร์ รุ่น AE 1390 Y

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของคอมเพรสเซอร์รุ่น AE1390Y จากผู้ผลิต [4]

Cooling Capacity	67 (Watts)
	757 (BTU/Hr)
	58 (Kcal/Hr)
Power Input	70 (Watts)
Lock Rotor Amps	6.70 (Amps)
Rated Load Amps	0.50 (Amps)
COP	0.96

### 3.1.6 เทอร์โมคัปเปิล

เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (Type K) เนื่องจากสามารถวัดอุณหภูมิได้ช่วงสั้นๆ ประมาณ  $-180^{\circ}\text{C}$  ถึง  $1,350^{\circ}\text{C}$  สามารถที่จะวัดอุณหภูมิได้ในสภาวะแบบเฉื่อยได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี ให้อัตราการเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่นๆ และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลชนิดอื่นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.6 เทอร์โมคัปเปิล

### 3.1.7 เทอร์โมสตัท

เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของระบบทำความเย็นซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมอุณหภูมิ โดยในงานวิจัยนี้เราจะใช้ชนิดโลหะสองชนิด/ชนิดความดันไอ ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 เทอร์โมสตัท

3.1.8 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นอุปกรณ์ที่ป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับตัวเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.8 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

3.1.9 ปัม

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดอากาศภายในตัวกล่องทำความเย็น เพื่อให้ภายในกล่องเป็นสุญญากาศ



รูปที่ 3.9 ปัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.10 คัตเตอร์สำหรับตัดท่อ

ใช้สำหรับตัดท่อทองแดง ซึ่งการใช้คัตเตอร์นี้จะสามารถตัดได้อย่างรวดเร็ว และไม่มีเศษวัสดุหลงเหลืออยู่เลย



รูปที่ 3.10 คัตเตอร์ตัดท่อทองแดง

### 3.1.11 ริมเมอร์

เป็นเครื่องมือใช้สำหรับตักแต่งรูท่อทองแดง หรือกว่านรูท่อทองแดงที่ตัด

แล้ว



รูปที่ 3.11 ริมเมอร์สำหรับตักแต่งรูท่อทองแดง

### 3.1.12 เบนเดอร์ตัดท่อ

ตัวเบนเดอร์ใช้สำหรับตัดท่อทองแดงตามองศาที่ต้องการ

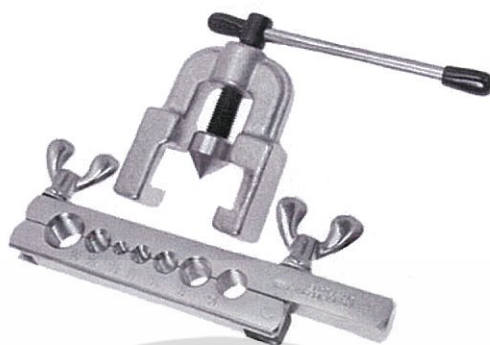


รูปที่ 3.12 เครื่องมือเบนเดอร์สำหรับตัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.13 ชุดบานท่อ

ชุดบานท่อจะประกอบไปด้วย ตัวบานท่อ บล็อกจับท่อ อะแดปเตอร์บานท่อ ซึ่งเราสามารถบานท่อได้ทั้งชั้นเดียวและสองชั้น



รูปที่ 3.13 ชุดบานท่อ

### 3.1.14 ลวดทองแดง

ลวดทองแดงเป็นตัวเชื่อมประสานในขณะที่เชื่อมท่อ



รูปที่ 3.14 ลวดทองแดง

### 3.1.15 ชุดเชื่อมแก๊ส

ใช้เชื่อมตอนเชื่อมท่อทองแดง

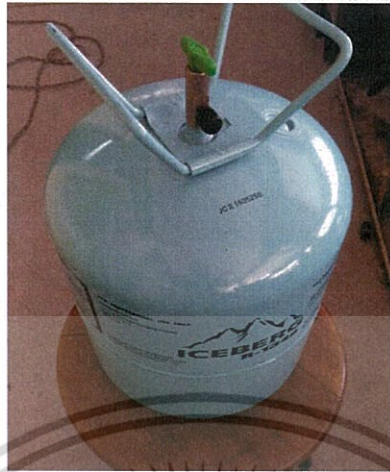


รูปที่ 3.15 ชุดเชื่อมแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.16 น้ำยา 134a

เป็นน้ำยาที่ใช้เติมเข้าระบบอัดไอ



รูปที่ 3.16 น้ำยา 134a

### 3.1.17 ไดเออร์

เป็นตัวกรองสิ่งสกปรกและดูดความชื้นในขณะที่กำลังทดสอบระบบ



รูปที่ 3.17 ตัวไดเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.18 เกจแมนนิโฟลด์

เป็นตัววัดแรงดันในขณะที่เติมน้ำยาและทดสอบร้วต่างๆ



รูปที่ 3.18 ชุดเกจแมนนิโฟลด์

### 3.1.19 เครื่องแวกคัม

จะทำการดูดอากาศและความชื้นในขณะที่ทดสอบการหารอยร้ว



รูปที่ 3.19 เครื่องแวกคัม

### 3.1.20 ดอกสว่าน

ไว้สำหรับเจาะรูต่างๆเพื่อยึดน็อต

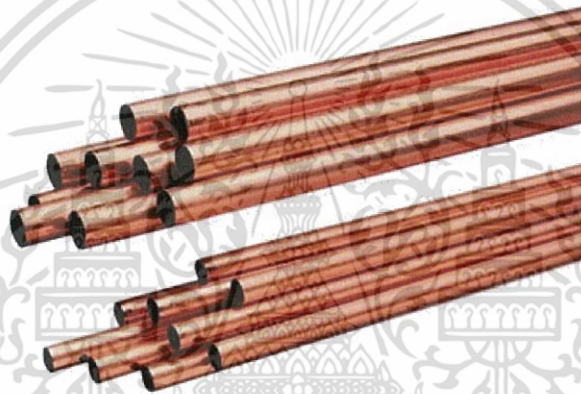
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ดอกสว่าน

### 3.1.21 ท่อทองแดงขนาด ¼ นิ้ว

เป็นท่อที่ใช้ทำเป็นชุดคอยล์เย็นในระบบอัดไอ



รูปที่ 3.21 ท่อทองแดงขนาด ¼ นิ้ว

### 3.1.22 capillary tube

ท่อนี้ลดแรงดันของน้ำยาแอร์ (ของเหลว) จากที่ถูกระบายความร้อนแล้วยังมีอุณหภูมิสูง-แรงดันสูงเมื่อมาเจอท่อรูเข็ม ทำให้ของเหลวอื่นผ่านได้น้อย ทำให้ของเหลวนั้นมีอุณหภูมิลดลงและแรงดันลดลง



รูปที่ 3.22 Capillary tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.23 ชุดคอยล์ร้อน

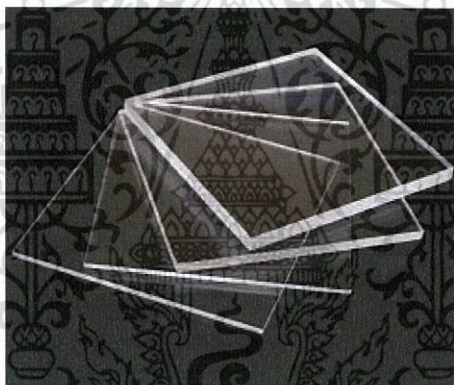
ชุดคอยล์ร้อนระบายความร้อนที่เกิดจากการอัดน้ำยาแอร์ของ Compressor ผ่านคอยล์ร้อน



รูปที่ 3.23 ชุดคอยล์ร้อน

### 3.1.24 อะคริลิก

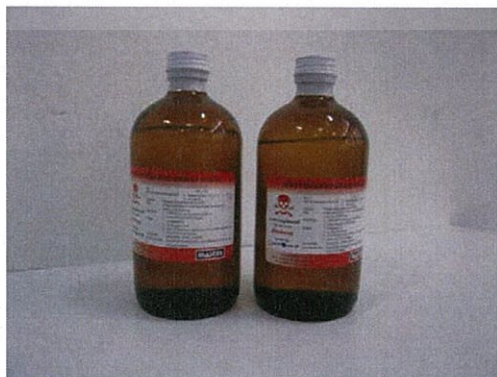
เป็นตัวที่ไว้ประกอบส่วนกล่อง ซึ่งแผ่นอะคริลิกมีความทนทาน ทนแรงกระแทกและทนทานต่อความร้อนและแสงแดด ที่สำคัญคือมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน



รูปที่ 3.24 แผ่นอะคริลิก

### 3.1.25 น้ำยาผสมอะคริลิก

เป็นตัวเชื่อมในการประกอบกล่องขึ้นมา



รูปที่ 3.25 น้ำยาผสมอะคริลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.26 ตัวตอกบาน

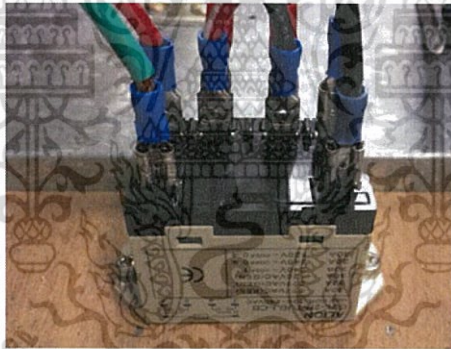
เป็นตัวตอกขยายขนาดปากท่อให้บานขึ้นตามขนาดที่ต้องการเพื่อไว้สวมท่อที่ต้องการต่อท่ออีกหนึ่งท่อ



รูปที่ 3.26 ตัวตอกบาน

### 3.1.27 magnetic contactor

เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อการปิด-เปิดการทำงานของระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.27 Magnetic contactor

### 3.1.28 ถังไนโตรเจน

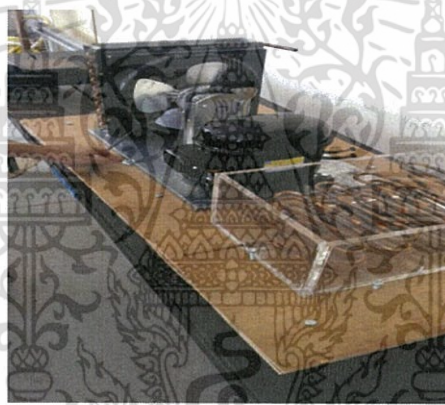
เป็นถังที่ใช้สำหรับการตรวจสอบหารอยรั่ว รอยตันของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 3.28 ถังไนโตรเจน

### 3.1.29 ไม้อัด

เป็นฐานรองสำหรับประกอบระบบเครื่องทั้งหมดเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.29 ไม้อัด

### 3.1.30 เลื่อยมือ

เลื่อยมือไว้สำหรับตัดส่วนแผ่นไม้อัดเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 3.30 เลื่อยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.31 ค้อน

ไว้ใช้สำหรับตอกตัวบานท่อ



รูปที่ 3.31 ค้อน

### 3.1.32 ปากกาจับ

ไว้สำหรับยึดท่อทองแดงที่เราต้องการจะเชื่อมท่อ



รูปที่ 3.32 ปากกาจับชิ้นงาน

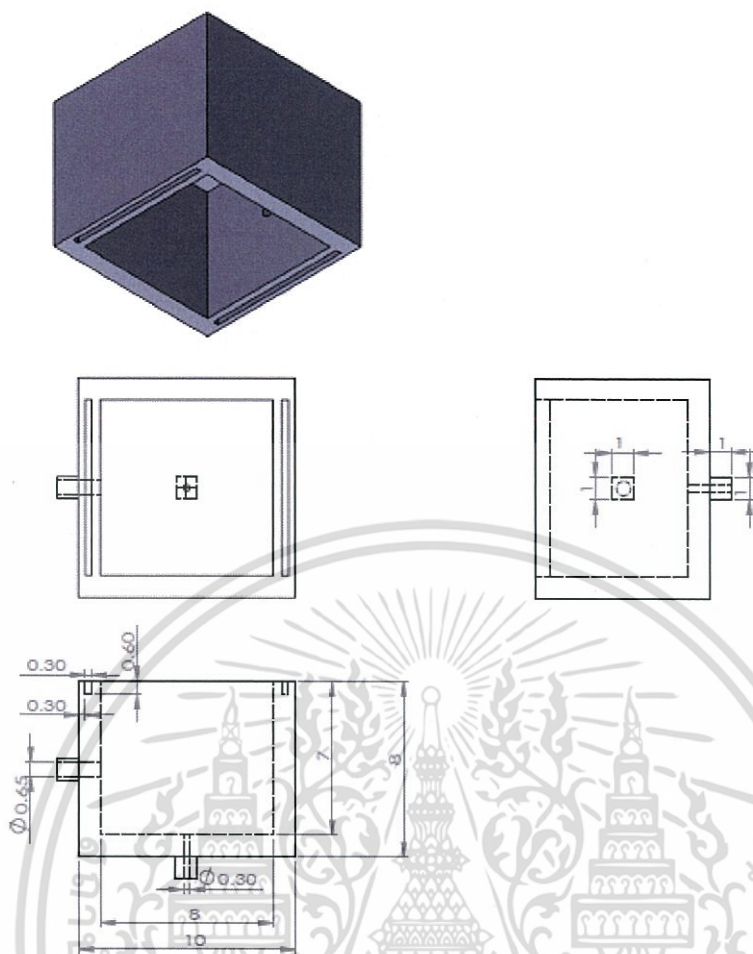
## 3.2 วิธีการดำเนินงาน

### 3.2.1 การออกแบบกล่องสำหรับใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนั้นจำเป็นต้องมีการออกแบบลักษณะของกล่องที่จะใช้ในการทดลองการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้การทำความเย็นระบบอัดไอเป็นแหล่งระบายความร้อน โดยตัวกล่องนั้นได้ใช้โปรแกรม Solid work 2014 ในการออกแบบ โดยที่กลุ่มของผู้ทำวิจัยได้แบบการออกแบบกล่องโดยเราจะใช้แผ่นอลูมิเนียมขนาดหนา 1cm แบ่งออกเป็น ส่วนๆ 4 ส่วนประกอบด้วย

#### 3.2.1.1 ส่วนของกล่องเทอร์โมอิเล็กทริก

ซึ่งได้ออกแบบกล่องขนาด 20cm x 20cm x12cm และก็จะต่อส่วนท่อออกมา ซึ่งจะต่อที่ส่วนบนและส่วนข้างของชิ้นงาน ซึ่งส่วนของท่อนั้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1cm ทั้งสองด้านเพื่อเป็นช่องสำหรับติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.33 แสดงสเกลของการออกแบบ

### 3.2.1.2 ส่วนของแท่นวางแผ่นทองแดงและตัวเทอร์โมอิเล็กทริก

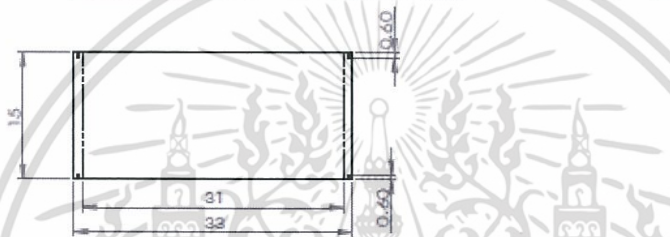
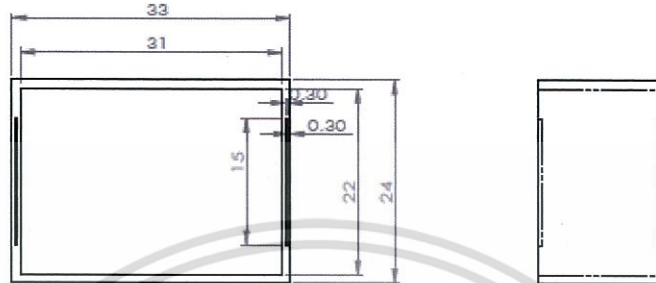
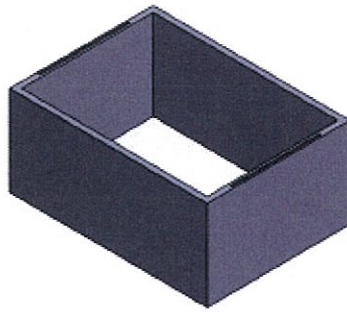
#### 3.2.1.2.1 แท่นวางแผ่นทองแดง

ส่วนนี้เราจะออกแบบโดยกัดหน้าแผ่นออกคลิลิก ขนาด  $7.65\text{cm} \times 15\text{cm} \times 1.22\text{cm}$  เพื่อให้มีช่องสำหรับในการวางแผ่นทองแดงที่เป็นตัวนำ

#### 3.2.1.2.2 แท่นวางตัวเทอร์โมอิเล็กทริก

ส่วนนี้เราจะเจาะแผ่นออกคลิลิกให้ทะลุขนาด  $6\text{cm} \times 6\text{cm} \times 1.22\text{cm}$  เพื่อให้มีขนาดพอดีสำหรับติดตั้งตัวเทอร์โมอิเล็กทริก

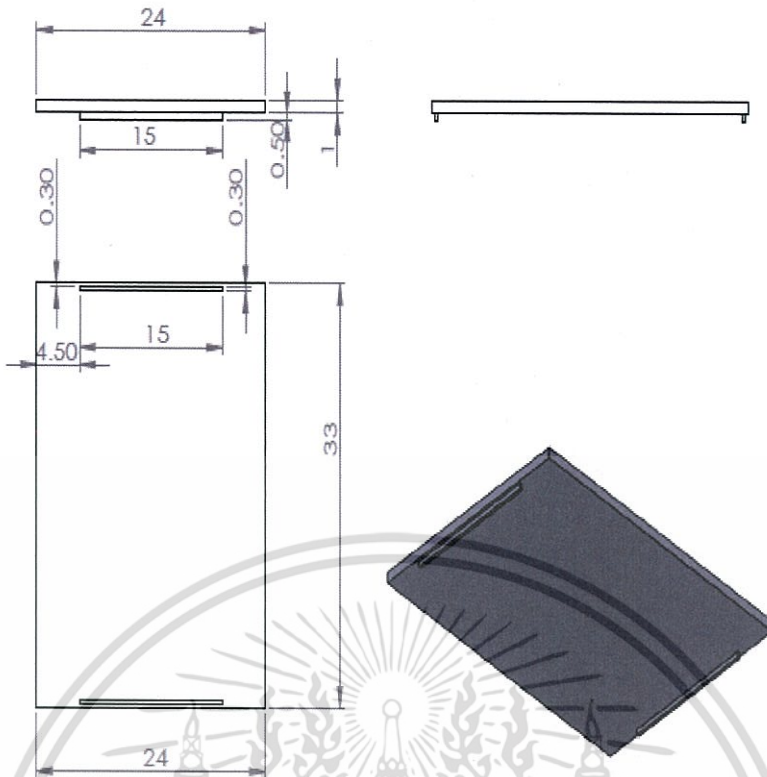




รูปที่ 3.35 แสดงสเกลในการออกแบบ

#### 3.2.2.4 ส่วนฝาปิดกล่อง

ส่วนนี้ออกแบบให้ฝามีขนาดเท่าตัวกล่องคือ 20cm x 20cm x 1.5cm และจะทำการกัดขอบให้มีขนาด 19cm x 19cm x 0.80 cm เพื่อให้ฝาปิดได้สนิท



รูปที่ 3.36 แสดงสเกลในการออกแบบ

### 3.2.2 การประกอบเครื่อง

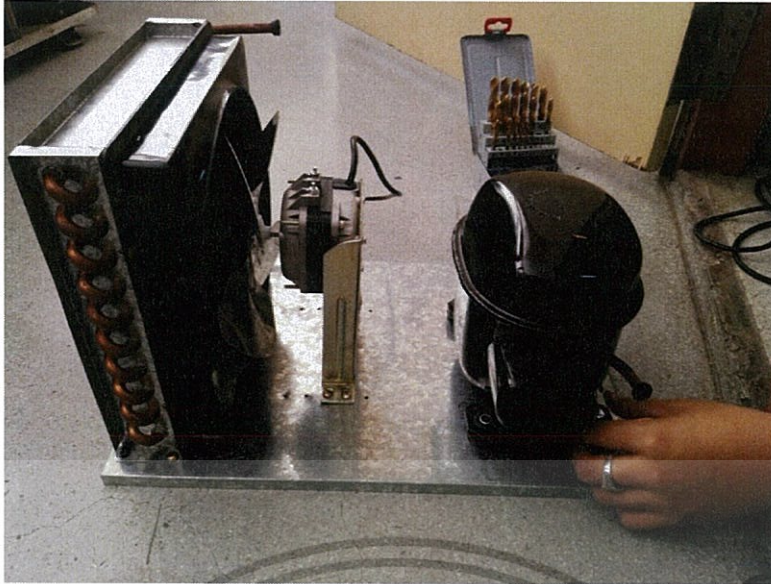
#### 3.2.2.1 ส่วนแรกจะประกอบตัวพัดลมระบายความร้อนกับคอยล์ร้อน



รูปที่ 3.37 แสดงชุดคอยล์ร้อนกับพัดลมระบายความร้อน

3.2.2.2 ส่วนที่สองจะประกอบชุดแรกกับคอมเพรสเซอร์ให้อยู่ในชุดเดียวกันก่อน โดยเราจะใช้น็อตยึดเพื่อให้เกิดความแน่นหนาเพราะเวลาเครื่องทำงานอาจจะเกิดการสั่นสะเทือนเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 แสดงการประกอบพัดลมระบายความร้อน คอยล์ร้อน กับคอมเพรสเซอร์

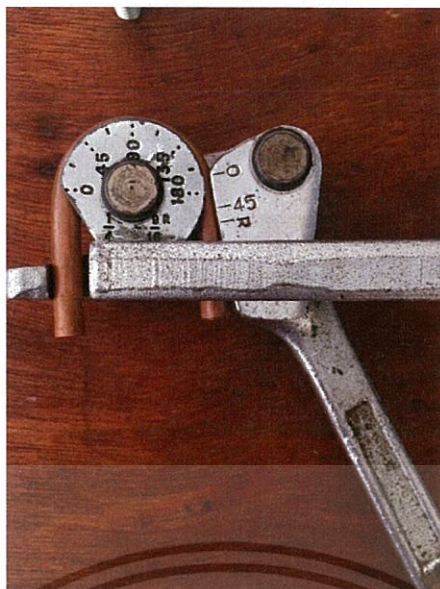
3.2.2.3 ตัดท่อขนาด 0.635cm ยาว 10.5cm ส่วนนี้จะเป็นส่วนของท่อตรงที่จะเตรียมไว้ในส่วนของท่อคอยล์เย็น

3.2.2.4 ตัดท่อขนาด 0.635cm ยาว 10cm ส่วนนี้จะเป็นส่วนของท่อที่จะนำมาตัดให้โค้งเป็นรูปตัวยู



รูปที่ 3.39 แสดงการตัดท่อทองแดง

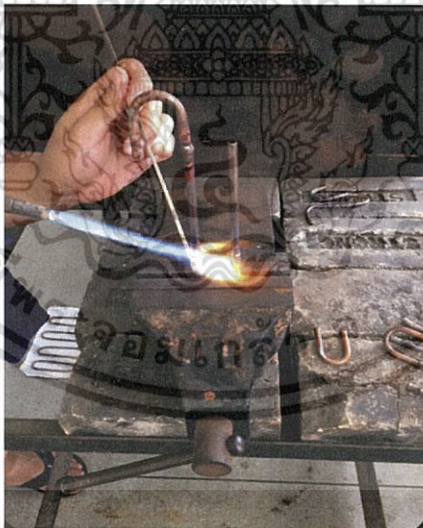
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 แสดงการตัดท่อทองแดง

3.2.2.5 นำท่อโค้งที่ไปตัดมานั้น นำมาบานที่ปลาย 2 ข้าง ด้วยตัวบานแฟร์ให้มีปากท่อ มีขนาดใหญ่มากพอที่จะสวมท่อตรงเข้าไปได้

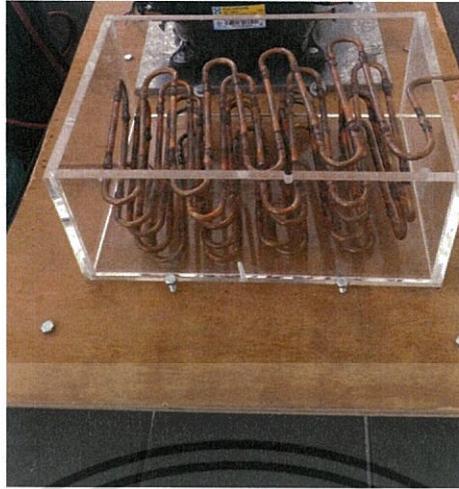
3.2.2.6 นำท่อทั้งสองที่จัดเตรียมไว้มาเชื่อมต่อกัน โดยใช้ท่อแดงแท่งเป็นตัวเชื่อม  
ประสาน



รูปที่ 3.41 แสดงการเชื่อมส่วนของท่อทองแดง

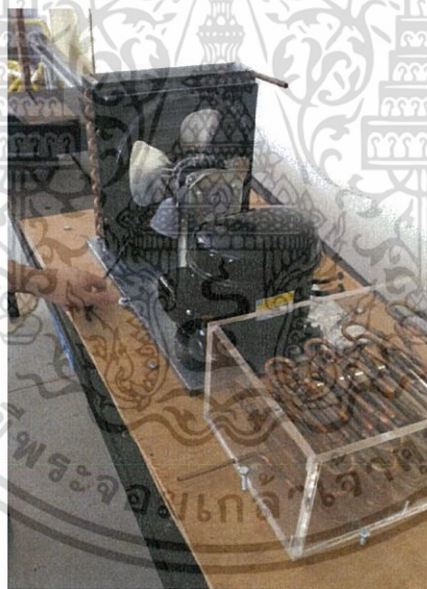
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2.7 นำท่อทั้งหมดมาใส่ในกล่องที่เตรียมในส่วนของกล่องที่เป็นคอยล์เย็น



รูปที่ 3.42 แสดงการประกอบส่วนของคอยล์เย็น

### 3.2.2.8 นำทั้ง 3 ส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 3.43 แสดงการประกอบเครื่อง

### 3.2.2.9 การทดสอบหารอยรั่วของท่อด้วยไนโตรเจน

3.2.2.9.1 ขั้นตอนแรกเราจะเติมสารทำความเย็น R-134a เข้าระบบเล็กน้อย จากนั้นเราก็จะอัดก๊าซไนโตรเจนแรงดันสูงเข้าสู่จรวดทำความเย็นที่แรงดันประมาณ 350-400 ปอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.44 แสดงการอัดไนโตรเจนเหลว

3.2.2.9.2 จากนั้นเราจะหกรอยรั่วตามลมที่ออกมา โดยเราจะนำฟองสบู่ไปทาตามท่อเพื่อดูว่าส่วนไหนเกิดฟองสบู่ผุดๆขึ้นมา



รูปที่ 3.45 แสดงการทดสอบหกรอยรั่วโดยการทาฟองสบู่

### 3.2.2.10 ทำการแวคคัม

3.2.2.10.1 เราจะนำเครื่องสุญญากาศดูดอากาศออกจากระบบ จนเกจชี้ที่ 30 นิ้วปรอท

3.2.2.10.2 ปิดวาล์วทั้งสองด้านของเกจแมนิโพลด์ ต่อมาให้หยุดเครื่องทำสุญญากาศแล้วให้สังเกตที่เข็มชี้ ถ้าความดันสูงขึ้นพบว่าระบบเกิดการรั่วที่ท่อ

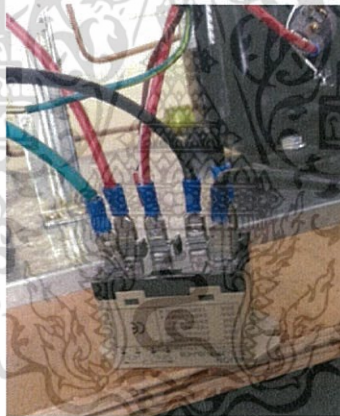
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 แสดงการทดสอบหารอยรั่ว

### 3.2.2.11 ทำการต่อแมกเนติกคอนเวอเตอร์

ซึ่งตัวแมกเนติกคอนเวอเตอร์นี้จะเป็นตัวเชื่อมต่อกับพัดลมคอยล์ร้อน



รูปที่ 3.47 ตัวแมกเนติกคอนเวอเตอร์

### 3.2.2.12 การบรรจุสารทำความเย็น

3.2.2.12.1 เราย่นำปลายสายของเกจวัดให้ต่อเข้ากับท่อน้ำยาแล้วเปิดวาล์วของท่อน้ำยา

3.2.2.12.2 ไล่อากาศที่อยู่ในสายของเกจวัดความดันโดยคลายปลายสายเล็กน้อยปล่อยให้ท่อน้ำยาไล่อากาศ

3.2.2.12.3 เปิดวาล์วอัดน้ำยาเล็กน้อยเข้าไปในระบบแล้วเปิดอีกครั้งหนึ่ง

3.2.2.12.4 เดินคอมเพรสเซอร์

3.2.2.12.5 ค่อยๆเปิดวาล์วที่ควบคุมน้ำยาที่อยู่ในสถานะก๊าซ อัดน้ำยาเข้าระบบจากนั้นก็ให้ดูที่เข็มวัดความดันที่ด้านแรงดันสูงและที่ด้านแรงดันต่ำให้ได้แรงดันตามเกณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การประกอบกล่อง

3.2.3.1 หลังจากที่ได้ออกแบบกล่องออกมาแล้ว โดยจะนำไปขึ้นรูปโดยใช้แผ่นอะครีลิค มาเป็นส่วนประกอบทั้งหมดซึ่งตัวแผ่นอะครีลิคจะใช้ความหนาขนาดต่างๆกันตามสัดส่วนที่ออกแบบ

3.2.3.2 จะทำการกัดผิวทองแดงแล้วนำมาติดกับตัวแทนที่เตรียมไว้

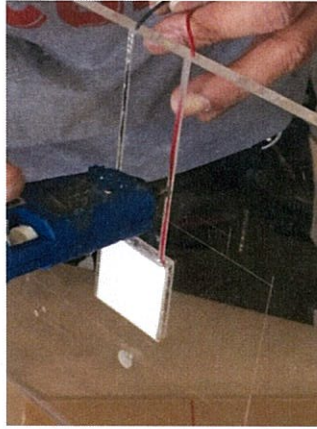


รูปที่ 3.48 แสดงขั้นตอนการกัดผิวหน้าของแผ่นทองแดง

3.2.3.3 นำตัวเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีอยู่มาติดกับช่องที่เจาะเตรียมไว้ พร้อมกับติดขั้วการจ่ายไฟบนแผ่นอะครีลิค



รูปที่ 3.49 แสดงการติดตั้งตัวเทอร์โมอิเล็กทริก



รูปที่ 3.50 แสดงการติดตั้งขั้วไฟฟ้า

#### 3.2.3.4 นำทุกส่วนมาประกอบกันทั้งหมด



รูปที่ 3.51 แสดงการประกอบตัวกล่อง

#### 3.2.3.5 นำกล่องนี้ไปประกอบเข้าอีกทีกับตัวเครื่องที่เตรียมไว้โดยเราจะนำคอยล์เย็นใส่เข้าไปในตัวกล่อง



รูปที่ 3.52 นำกล่องมาประกอบเข้ากับเครื่องทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การเก็บข้อมูลผลการทดลอง

เราจะทำการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

- 3.3.1 ตอนที่ 1 เราจะกำหนดอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่ 20 องศาเซลเซียสและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 3.3.2 ตอนที่ 2 เราก้จะกำหนดอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่ 15 องศาเซลเซียสและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 3.3.3 ตอนที่ 3 เราก้จะกำหนดอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่ 10 องศาเซลเซียสและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 3.3.4 ตอนที่ 4 เราก้จะกำหนดอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทไว้ที่ 5 องศาเซลเซียสและเก็บข้อมูลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งตัวอย่างตารางข้อมูลที่เราจะเก็บเป็นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงตัวอย่างการเก็บผลข้อมูลที่เรากำลังต้องการ

$T_{tms}$ (°C)	I (A)	V (V)	$T_{cu_{avg}}$ (°C)	$T_{TE_{avg}}$ (°C)
20	1.0			
	1.5			
	2.0			
	2.5			

$T_{tms}$  คือ อุณหภูมิของเทอร์โมสตัท หน่วย องศาเซลเซียส

I คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย แอมแปร์

V คือ โวลต์ไฟฟ้าที่วัดได้ หน่วย โวลต์

$T_{cu_{avg}}$  คือ อุณหภูมิของแผ่นทองแดง หน่วย องศาเซลเซียส

$T_{TE}$  คือ อุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย องศาเซลเซียส

## บทที่ 4

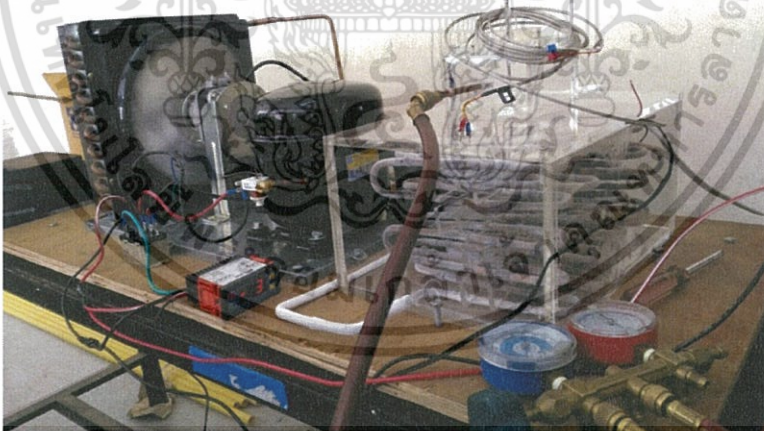
# ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาในเรื่องของการทำงานของระบบอัดไอแล้วเราพบว่าโดยปกติทั่วไประบบนี้จะทำงานได้อุณหภูมิต่ำสุด -18 องศาเซลเซียสซึ่งการทำความเย็นจะทำงานตามมาตรฐานของคอมเพรสเซอร์แต่ละรุ่น ซึ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้เราพบว่าเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถทำความเย็นได้ดีขึ้นกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งผลของงานวิจัยแสดงดังนี้

### 4.1 การทดสอบการทำงานของระบบอัดไอ

4.1.1 ช่วงที่ 1 หลังจากที่เราได้เติมน้ำยาเข้าระบบแล้วและได้ทำการเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์เพื่อใช้การทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอว่าทำความเย็นออกมาไหม โดยเราพบว่าหลังจากที่เราเดินเครื่องแล้วเกิดปัญหาคือ เครื่องทำงานทั้งระบบแต่ส่วนคอยล์เย็นเกิดการอุดตันทำให้ไม่สามารถผลิตความเย็นออกมาได้ ปัญหานี้เกิดจากตอนที่เชื่อมต่อท่อแดงเนื่องจากผู้เชื่อมไม่ค่อยมีความชำนาญมากนักทำให้เกิดปัญหานี้ขึ้นมา

4.1.2 ช่วงที่ 2 หลังจากที่เราพบปัญหาแล้วว่าเกิดการอุดตันที่คอยล์เย็น เราจึงนำท่อกมาตรวจสอบหาจุดที่อุดตัน โดยเราจะทำคล้ายๆกับหารอยรั่วแต่เราจะเปลี่ยนเป็นการเป่าลมเข้าไปแทน พอเราเจอจุดที่อุดตันเราก็ตัดส่วนนั้นแล้วนำท่อแดงอันใหม่ต่อเข้าไปแทนที่แล้วจากนั้นก็ทำการแวกคัมอีก1ครั้งเพื่อเป็นการทำความสะอาดระบบ จากนั้นเราก็ตัดน้ำยาเข้าไปอีกครั้งแล้วทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบระบบอัดไอ

### 4.2 การเก็บผลการทดลอง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล ซึ่งในส่วนของการทดลองของงานวิจัยนี้เราจะแบ่งออกเป็น 4 ตอนซึ่งเราจะเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมงเราจะกำหนดค่าอุณหภูมิของเทอร์โมสแตทเป็น 5,10,15,20 องศาเซลเซียส ตามตารางผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้  $T_{tms}$  คือ อุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย องศาเซลเซียส  
 $I$  คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้เทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย แอมป์  
 $V$  คือ โวลต์ไฟฟ้า หน่วย โวลต์  
 $T_{cu_{avg}}$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของทองแดง หน่วย องศาเซลเซียส  
 $T_{cu_{avg}}$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของเทอร์โมอิเล็กทริก หน่วย องศาเซลเซียส

#### 4.2.1 ตอนที่ 1 ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 20 องศาเซลเซียส

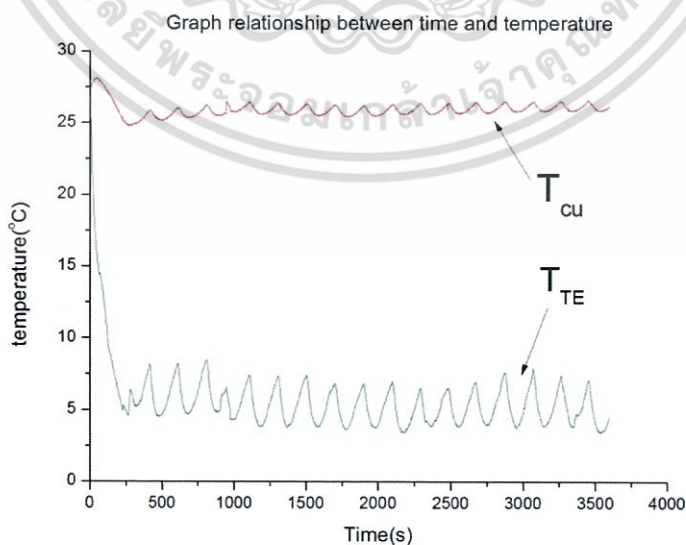
ตารางผลการทดลองตอนที่ 1 ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 20 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส

$T_{tms}$ (°C)	$I$ (A)	$V$ (V)	$T_{cu_{avg}}$ (°C)	$T_{TE_{avg}}$ (°C)
20	1.0	5.55	25.8±0.5	5.3±2
	1.5	7.55	30.2±0.4	2.5±2
	2.0	10.36	39.7±0.4	-0.3±2
	2.5	12.2	45.5±0.5	-1.0±1

จากการเก็บข้อมูลของการทดลองมาแล้วจะนำมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟทั้งหมด 4 กราฟตามกระแสที่จ่ายให้ซึ่งจะแสดงดังนี้

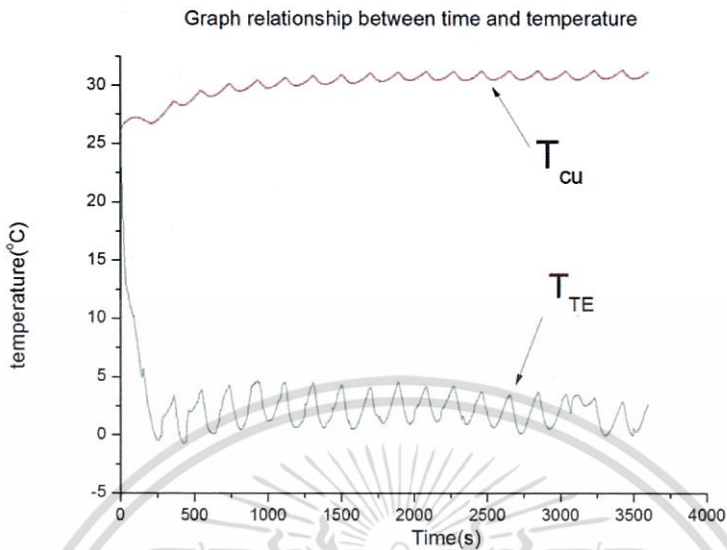
4.2.1.1 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์

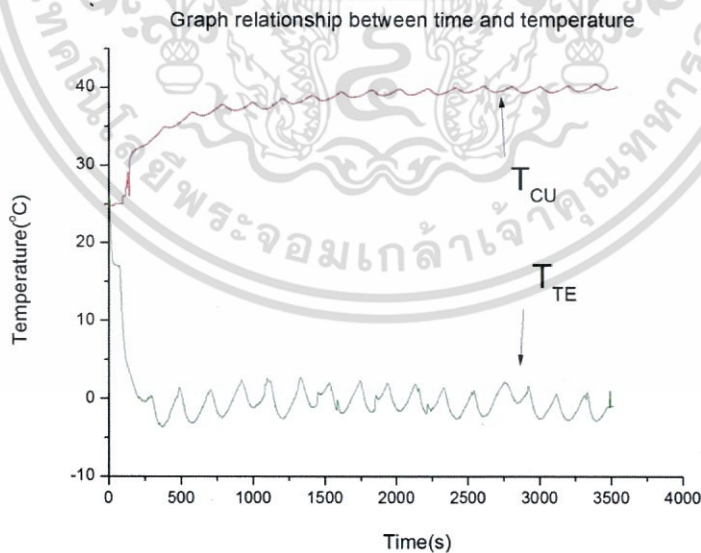
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์

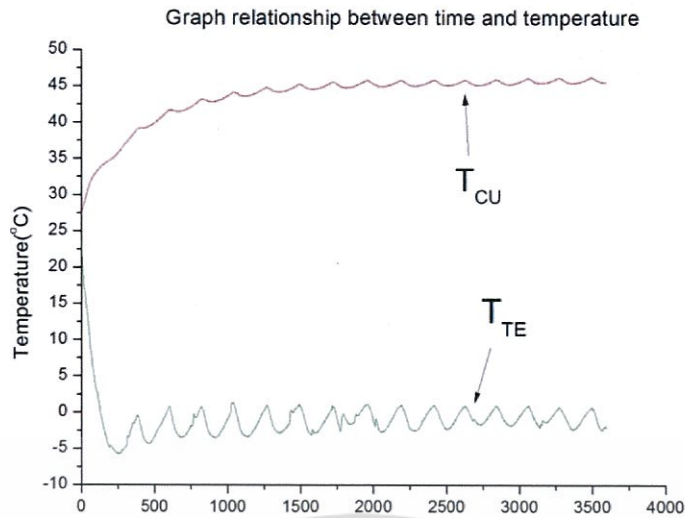
4.2.1.3 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์

4.2.1.2 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 20 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์

#### 4.2.2 ตอนที่ 2 ตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทที่ 15 องศาเซลเซียส

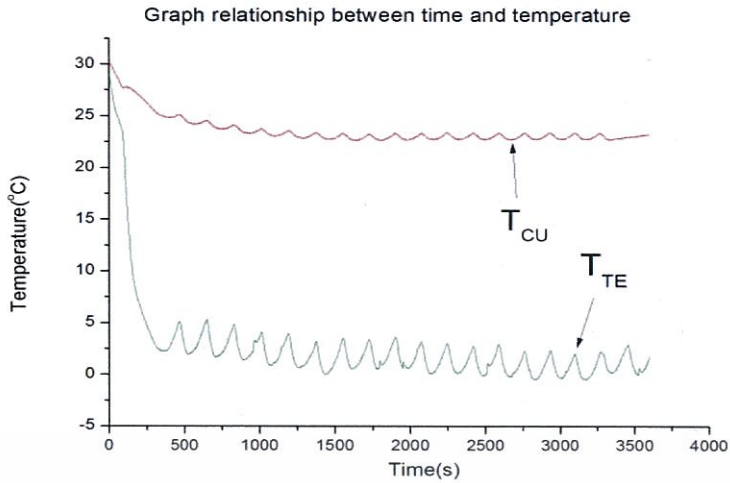
ตารางผลการทดลองตอนที่ 2 ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 15 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส

$T_{tms}$ (°C)	I (A)	V (V)	$T_{Cu_{avg}}$ (°C)	$T_{TE_{avg}}$ (°C)
15	1.0	5.87	$23.0 \pm 0.4$	$-0.9 \pm 1.3$
	1.5	7.83	$27.4 \pm 0.5$	$-1.7 \pm 1$
	2.0	10.18	$36.1 \pm 0.5$	$-7.8 \pm 1.2$
	2.5	12.54	$43.3 \pm 0.5$	$-2.7 \pm 1$

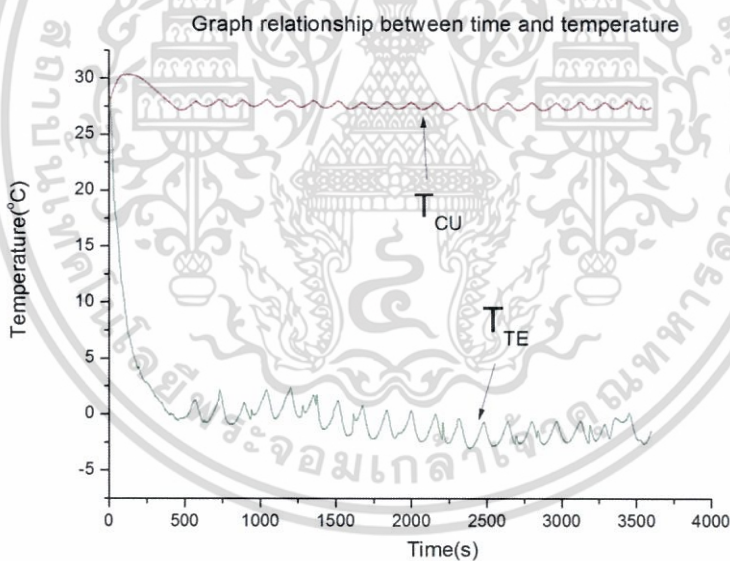
จากการเก็บข้อมูลของการทดลองมาแล้วจะนำมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟทั้งหมด 4 กราฟตามกระแสที่จ่ายให้ซึ่งจะแสดงดังนี้

4.2.2.1 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



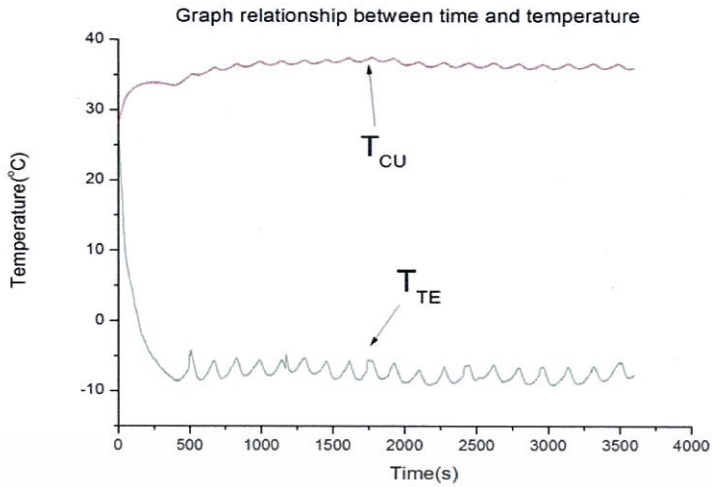
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์

4.2.2.2 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



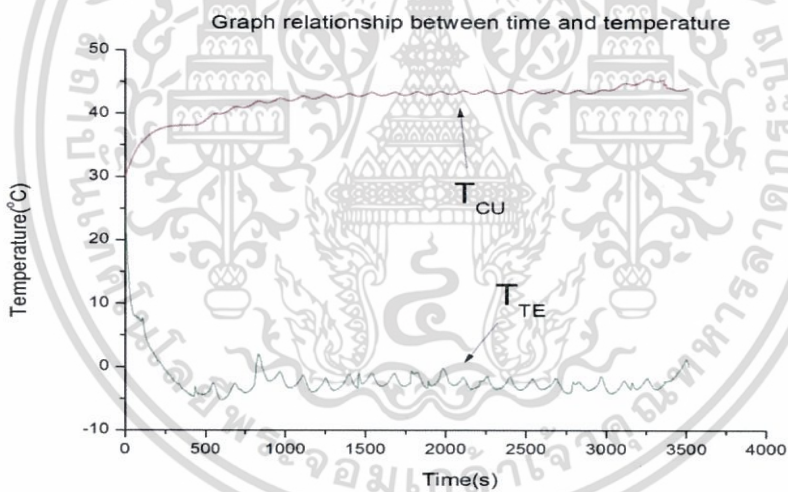
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์

4.2.2.3 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2 แอมแปร์เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์

4.2.2.4 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 15 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์

4.2.3 ตอนที่ 3 ตั้งอุณหภูมิของเทอร์สตัท 10 องศาเซลเซียส

ตารางผลการทดลองตอนที่ 3 ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 10 องศาเซลเซียส

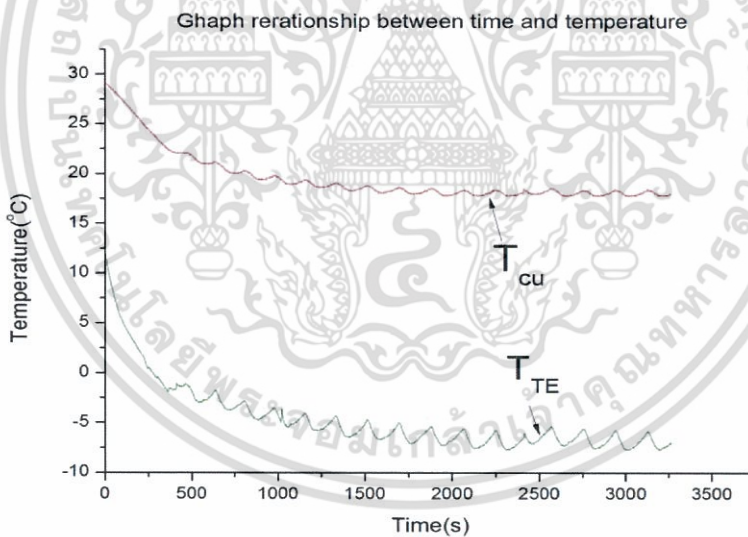
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส

$T_{tms}$ (°C)	I (A)	V (V)	$T_{cu_{avg}}$ (°C)	$T_{TE_{avg}}$ (°C)
10	1.0	6.14	$18.1 \pm 0.4$	$-6.8 \pm 1$
	1.5	7.79	$22.0 \pm 0.5$	$-8.4 \pm 0.8$
	2.0	10.69	$28.9 \pm 0.5$	$-10.8 \pm 0.9$
	2.5	12.69	$38.1 \pm 1$	$-3.1 \pm 1$

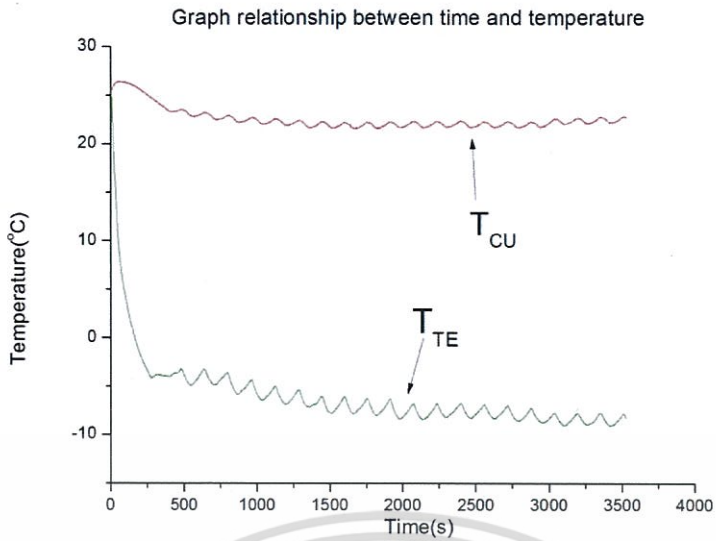
จากการเก็บข้อมูลของการทดลองมาแล้วจะนำมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟทั้งหมด 4 กราฟตามกระแสที่จ่ายให้ซึ่งจะแสดงดังนี้

4.2.3.1 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



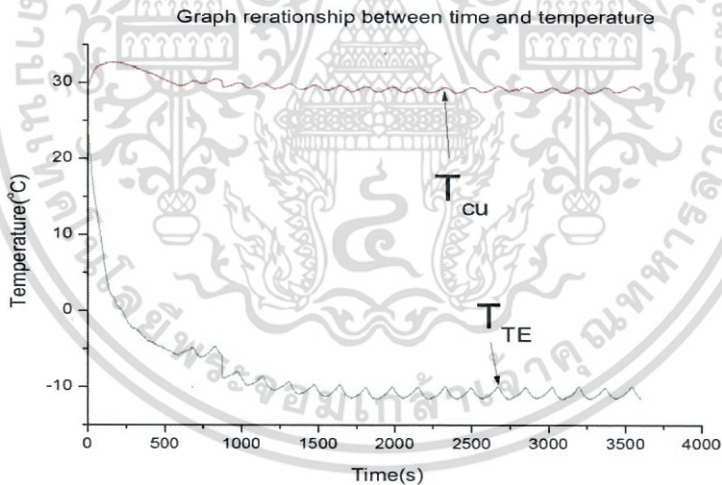
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์

4.2.3.2 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์

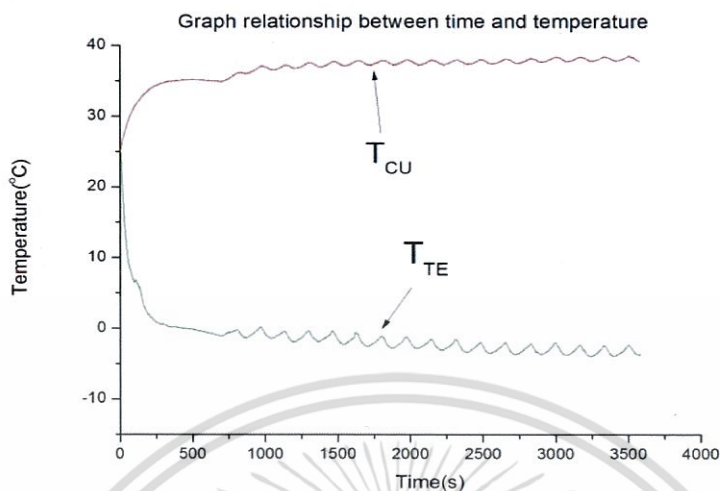
4.2.3.3 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5แอมแปร์

4.2.4 ตอนที่ 4 ตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส

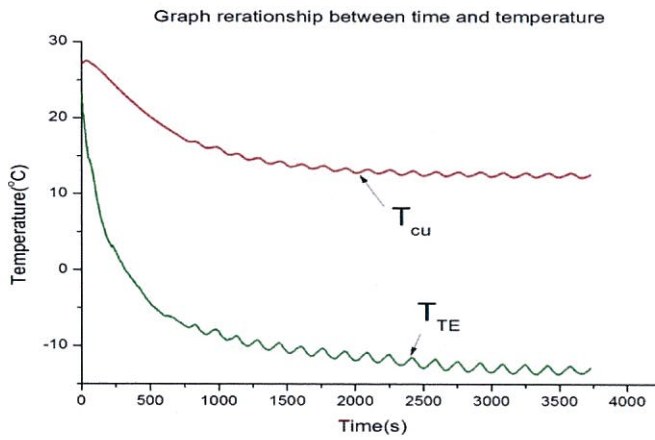
ตารางผลการทดลองตอนที่ 3 ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัทที่ 5 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดลองที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส

$T_{tms}$ (°C)	I (A)	V (V)	$T_{Cu_{avg}}$ (°C)	$T_{TE_{avg}}$ (°C)
5	1.0	5.84	$12.5 \pm 0.4$	$-13.1 \pm 0.8$
	1.5	8.03	$21.5 \pm 0.4$	$-20.4 \pm 0.1$
	2.0	10.26	$26.9 \pm 0.4$	$-17.3 \pm 0.7$
	2.5	12.74	$38.3 \pm 0.2$	$-9.7 \pm 0.3$

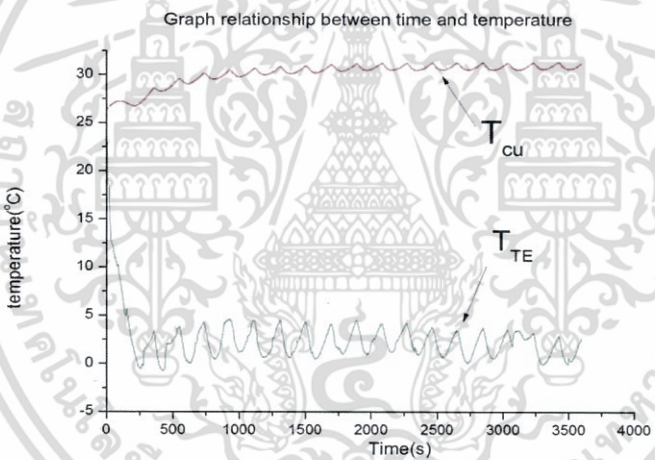
จากการเก็บข้อมูลของการทดลองมาแล้วจะนำมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟทั้งหมด 4กราฟตามกระแสที่จ่ายให้ซึ่งจะแสดงดังนี้

4.2.4.1 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



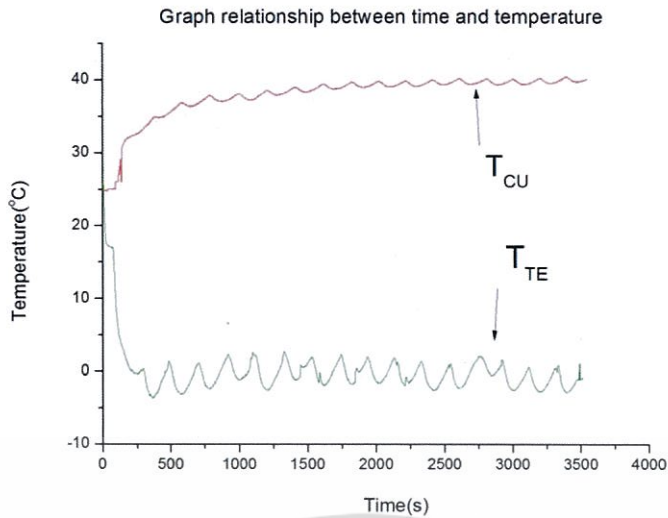
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1 แอมแปร์

4.2.4.2 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



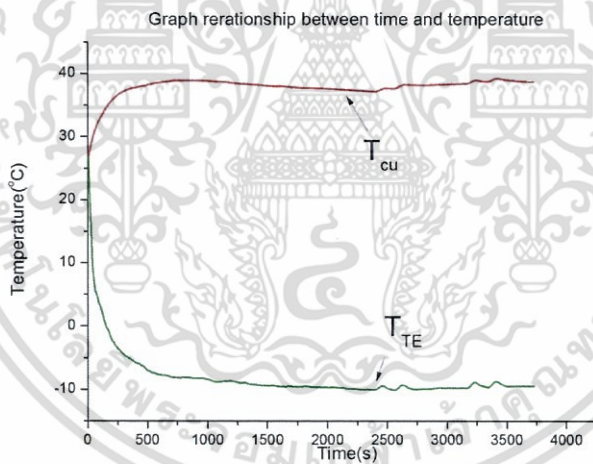
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 1.5 แอมแปร์

4.2.4.3 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2 แอมแปร์เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2 แอมแปร์

4.2.4.4 กราฟแสดงผลที่ตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสตัท 5 องศาเซลเซียส จ่ายกระแส 2.5 แอมแปร์ เมื่อได้ค่าต่างๆจึงนำค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาได้ดังนี้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่จ่ายกระแส 2.5แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากที่ได้ศึกษาเรื่องหลักการทำความเย็นแบบอัดไอและหลักการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกมาแล้วนั้น เราได้นำมาประยุกต์ 2 ส่วนนี้เข้าด้วยกันซึ่งจากการศึกษางานวิจัยนี้ก่อนหน้าที่ได้ใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริกนั้น พบว่างานวิจัยก่อนหน้าทำความเย็นได้ต่ำสุดที่ 0 องศาเซลเซียสเนื่องจากตัวระบายความร้อนที่ใช้คือน้ำ เราจึงได้มีแนวคิดนำมาพัฒนาเกิดเป็นงานของเราโดยเราใช้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอมาใช้ระบายด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกแทนซึ่งจากการศึกษาระบบของเราในส่วนของระบบอัดไอสามารถทำความเย็นได้ต่ำที่สุดได้ -8 องศาเซลเซียสจากการทดสอบเครื่อง และเมื่อเรานำเครื่องมาทำการทดลองโดยเราตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท 20,15,10,5 องศาเซลเซียสซึ่งผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่ดีที่สุดคือ

ซึ่งจากการทดลองกำหนดอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทที่ 20 องศาเซลเซียสพบว่าเมื่อจ่ายกระแสที่ 2.5 แอมแปร์พบว่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดที่จุดของเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าต่ำที่สุดประมาณ -1 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิที่วัดที่แผ่นทองแดงมีอุณหภูมิประมาณ 45.5 องศาเซลเซียสและเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทเป็น 15 องศาเซลเซียสก็พบว่าเมื่อจ่ายกระแสที่ 2.5 แอมแปร์อุณหภูมิที่วัดได้มีอุณหภูมิประมาณ -2.7 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิที่แผ่นทองแดงมีอุณหภูมิประมาณ 43.3 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่จุดของเทอร์โมอิเล็กทริกมีอุณหภูมิที่ต่ำลงขึ้นเมื่อพอเปลี่ยนการกำหนดค่าเทอร์โมสตัทเป็น 10 องศาเซลเซียสก็พบว่าอุณหภูมิของเทอร์โมอิเล็กทริกต่ำสุดที่ประมาณ -10.8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิของแผ่นทองแดงประมาณ 28.9 องศาเซลเซียส ซึ่งจ่ายกระแสที่ 2.0 แอมแปร์จากการทดลองเราพบว่าที่อุณหภูมิของเทอร์โมสตัท 10 องศาเซลเซียสและเมื่อตั้งอุณหภูมิของเทอร์โมสตัทเป็น 5 องศาเซลเซียสเมื่อวัดอุณหภูมิที่จุดเทอร์โมอิเล็กทริกพบว่า มีอุณหภูมิประมาณ -20.4 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิทองแดงประมาณ 21.5 องศาเซลเซียสจากการทดลองเราพบว่ายิ่งเราระบายความร้อนให้ด้านร้อนของตัวเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีอุณหภูมิต่ำมากที่สุดด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกก็จะทำอุณหภูมิต่ำมาก ๆ จนถึงจุดที่สามารถทำลายเซลล์มัมเร้งได้

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากที่ผู้ทดลองได้ทำการทดลองแล้วและได้พบปัญหาต่างๆ ซึ่งจากปัญหาเหล่านี้ผู้ทดลองคิดว่าเราควรปรับปรุงระบบของเราดังนี้

5.2.1 เปลี่ยนการใช้ตัวเซ็นเซอร์ในการวัดค่าควรเปลี่ยนเป็นตัวที่วัดเฉพาะจุด

5.2.2 เราทำระบบให้เป็นสูญญากาศมากที่สุดโดยการเข้ครอบต่อต่างๆและควรทำโอรังเพื่อไม่ให้มีอากาศเข้าไปและทำให้เกิดน้ำแข็งน้อยที่สุด

## เอกสารอ้างอิง

- [1] YUNUS A. CENGEL และ MICHAEL A. BOLES. 2554. เทอร์โมไดนามิกส์. แปลโดย รศ.ดร. สมชัย อัครทิวา และ ผศ.ดร.ขวัญจิต วงษ์ขารี่. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล.
- [2] S.B. Riffat และ GuoquanQiu. 2004. "Comparative investigation of thermoelectric air-conditioners versus vapour compression and absorption air-conditioners." Institute of Sustainable Energy and Technology, School of the Built Environment, The University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK.
- [3] Nandy Putra, Ardiyansyah, William Sukyono, David Johansen, Ferdiansyah N. Iskandar. 2010. "The characterization of a cascade thermoelectric cooler in a cryosurgery device." Department of Mechanical Engineering, University of Indonesia, Kampus Baru UI, Depok 16424, Indonesia.
- [4] Kulthorn Compressor. 2016. Compressor AZ1327Y. [Online]. Available : //compressor.kulthorn.com/product/spec.aspx?id=98571.
- [5] Thermonamic Electronics(Jiangxi) Corp., Ltd. 2016. Thermoelectric. [Online]. Available : <http://www.thermonamic.com/TEC5-127-71-31-17-08-03-English.PDF>.
- [6] กระทรวงสาธารณสุข. 2012. สถิติโรคมะเร็งในประเทศไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.srth.moph.go.th/nmsurat/index.php?option=com\\_content&view=article&id=53&Itemid=37](http://www.srth.moph.go.th/nmsurat/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=37).
- [7] โรงพยาบาลฟู้ต้า. 2013. การรักษามะเร็งเฉพาะทาง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.fudacancerthailand.com/index.php/news/76-2013-03-02-05-06-03>
- [8] โรงพยาบาลฟู้ต้า. 2014. การรักษามะเร็งด้วยความเย็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.moderncancerthai.com/technology-equipment/229.html>.
- [9] โรงพยาบาลจุฬารัตน์. 2559. มะเร็งเบื้องต้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.phukethospital.com/Thai/Health-Information/Cancer.php>.
- [10] โรงพยาบาลจุฬารัตน์. 2559. มะเร็งลูกกลมคืออะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.chulacancer.net/patient-list-page.php?id=2382559>.
- [11] โรงพยาบาลฟู้ต้า. 2559. การผ่าตัดด้วยความเย็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://ascanotdo.wordpress.com/tag/การผ่าตัดด้วยความเย็น-cryosurge/>.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Specification of Thermoelectric Module

TEC5-127-71-31-17-08-03

### Description

The TEC5-127-71-31-17-08-03 is a multistage module designed for greater temperature differential cooling, good for cooling and heating up to 100 °C applications. It 127-71-31-17-08 couples module in size of 10mm×10mm (top)/40mm ×40mm (bottom). If higher operation or processing temperature is required, please specify, we can design and manufacture according to your special requirements.

### Features

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

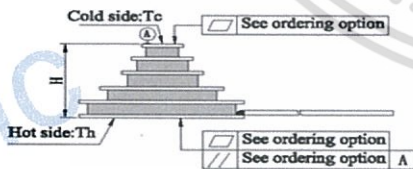
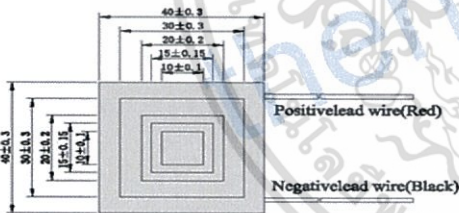
### Application

- Infrared (IR) Sensors
- CCD Sensor
- Gas Analyzers
- Calibration Equipment
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems
- Guidance Systems

### Performance Specification Sheet

Th (°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N <sub>2</sub>
DT <sub>max</sub> (°C)	135	151	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U <sub>max</sub> (Voltage)	14.6	16.4	Voltage applied to the module at DT <sub>max</sub>
I <sub>max</sub> (Amps)	3.1	3.1	DC current through the modules at DT <sub>max</sub>
Q <sub>Cmax</sub> (Watts)	3.88	4.23	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 °C
AC resistance (Ohms)	3.9	4.2	The module resistance is tested under AC
Tolerance (%)	± 10		For thermal and electricity parameters

### Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



### Ordering Option

Suffix	Thickness (mm)	Flatness/ Parallellism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0: 13.9±0.3	0: 0.1/0.1	125±1/Specify
TF	1: 13.9±0.15	1: 0.05/0.05	125±1/Specify

Eg. TF01: Thickness 13.9±0.3 (mm) and Flatness/ Parallellism : 0.05/0.05(mm)

### Manufacturing Options

#### A. Solder:

1. T100: BiSn (T<sub>melt</sub>=138°C)
2. T200: CuSn (T<sub>melt</sub> = 227 °C)

#### B. Sealant:

1. NS: No sealing (Standard)
2. SS: Silicone sealant
3. EPS: Epoxy sealant
4. Customer specify sealing

#### C. Ceramics:

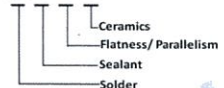
1. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, white 96%)
2. Aluminum Nitride (AlN)

#### D. Ceramics Surface Options:

1. Blank ceramics (not metallized)
2. Metallized (Au plating)

### Naming for the Module

TEC5-127-71-31-17-08-03-X-X-X-X



TEC5-127-71-31-17-08-03-T100-NS-TF01-AIO

T100: BiSn (T<sub>melt</sub>=138°C)

NS: No sealing

AIO: Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, white 96%)

TF01: Thickness ± 0.3 (mm) and Flatness/ Parallellism : 0.05/0.05(mm)

Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products.

Tel: +86-791-88198288 Fax: +86-791-88198308 Email: [sales@thermonamic.com.cn](mailto:sales@thermonamic.com.cn) Web Site: [www.thermonamic.com.cn](http://www.thermonamic.com.cn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

