



การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กจิ๋ว
Designed and Built Prototype of Diminutive Air Conditioner



นาย วินัย กัลยา รหัส 50364232
นาย วุฒิพงษ์ พาลี รหัส 50364256
นาย สมศักดิ์ ศรีแก้ว รหัส 50364317

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 24 ส.ย. 2554
เลขทะเบียน..... 15516092
เลขเรียกหนังสือ..... ผ.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๑6/9/๑7 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองโครงการงานวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงการ : การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก
ผู้ดำเนินโครงการ : นาย วินัย กัลยา รหัสประจำตัว 50364232
นาย วุฒิพงษ์ พาตี รหัสประจำตัว 50364256
นาย สมศักดิ์ ศรีแก้ว รหัสประจำตัว 50364317
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา : 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

 ประธานกรรมการ

(คร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....**กรรมการ**

(อาจารย์นิพนธ์ ราชประดิษฐ์)

.....กรมการ

(อาจารย์สุรัตน์ ปัญญาแก้ว)

หัวข้อโครงการ : การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว
 ผู้ดำเนินโครงการ : นายวินัย กัลยา รหัสประจำตัว 50364232
 นายวุฒิพงษ์ พาลี รหัสประจำตัว 50364256
 นายสมศักดิ์ ศรีแก้ว รหัสประจำตัว 50364317
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
 ปีการศึกษา : 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดต้นแบบของเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว ทำโครงสร้างด้วยกระดาษ คอยล์เย็นของชุดต้นแบบใช้ด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เสริมขดลวดทองแดง ใช้พัดลมเป่าอากาศผ่านคอยล์เย็น และระบายความร้อนโดยการติดครีบบที่ด้านร้อน โดยใช้พัดลมเป่าอากาศผ่านครีบบ ในการทดสอบชุดต้นแบบ จะใช้หม้อแปลงสำหรับจ่ายกระแสไฟฟงที่ให้กับพัดลมด้านเย็น และพัดลมด้านร้อน ใช้ถ่านอัลคาไลน์ พานาโซนิค AA ป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เริ่มตั้งแต่ถ่านจำนวน 1ก้อนจนถึง10ก้อน ต่อถ่านแบบอนุกรม ทำการบันทึก แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิผิวด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศด้านจ่าย อุณหภูมิอากาศด้านระบายความร้อน อุณหภูมิผิวของผนังโครงสร้าง และความเร็วลม ผลการคำนวณ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ให้ชุดต้นแบบ 13.14 วัตต์ ผลต่างอุณหภูมิอากาศจ่าย สูงสุด 8.1 องศาเซลเซียส ความร้อนสูญเสียผ่านผนังโครงสร้าง 0.0302 วัตต์ ความสามารถในการทำความเย็นสูงสุด 0.0264 วัตต์ ความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็นสูงสุด0.0566 วัตต์ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน สูงสุด2.3915 วัตต์ต่อตารางเมตร สมรรถนะสูงสุดของชุดต้นแบบ 0.00201 วัตต์ต่อวัตต์ จากการคำนวณค่าสมรรถนะของชุดต้นแบบมีค่าน้อยเป็นผลมาจาก พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีน้อย ต้องใช้อากาศที่มีอัตราการไหลต่ำ ดังนั้นการที่จะทำ ให้สมรรถนะของชุดต้นแบบมีค่าสูงขึ้นต้องเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อที่จะสามารถเพิ่มอัตราการไหลของอากาศและพัฒนาวิธีการระบายความร้อน

Project Title : Designed and built prototype of diminutive air conditioner
Name : Mr. Winai Kanlaya
: Mr. Wuttipong Palee
: Mr. Somsak Srikaew
Project Adviosor : Dr. Anunchai Yookaew
Major : Mechanical of Engineering
Department : Mechanical of Engineering
Academic Year : 2010

Abstract

The objective of this project to build model suite of micro air conditioner. Structure of paper cooling coils of a set of model discs used side the cooling Thermo electric, added the copper coil using of electrical fan blowing cool air through side cooling coil and heat by attaching fins to side heat by using of electrical fan blowing air through the fins. To test model suite transformer is used for constant power supply to side cooling fan and heat side fan using alkaline battery Panasonic AA. Input power to the plate Thermo electric starts the number of battery. 1 to 10 packs, The Battery serial make a note of voltage, electricity, side cold surface temperature of the Thermo Electric plate, temperature of side paying, side heat air temperature, surface temperature of the wall structure and wind velocity. Calculation results maximum power is to model suite 13.14 watt, to pay maximum temperature difference 8.1 degrees Celsius, heat lost through the wall structure of 0.0302 watts, the ability to 0.0264 watts maximum cooling, the ability to take maximum the heat on side cold 0.0566 watts, coefficient of convective heat maximum 2.3915 watts per square meters, The maximum capacity of the model suite 0.00201 watt-per-watt. From the calculation values performance of model is less a result, the area in exchange for a low of heat required air flow rate of low. So the performances of model cause value higher to increase the area of heat exchange. To be able the flow rate of air and develop methods of the thermal.

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการที่รายวิชาโครงการทางวิศวกรรมเครื่องกลบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นเหตุให้ได้รับมอบหมายให้จัดทำโครงการเรื่อง “การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก” ในระหว่างปฏิบัติงานนั้นทำให้กลุ่มของข้าพเจ้า ได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ มากมาย และปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ดังนี้

- ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับข้อมูลการทำโครงการ และคำแนะนำตลอดการทำโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
- อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ให้คำปรึกษาด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และบุคคลอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอพระคุณบิดา มารดา ที่คอยช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำโครงการทางวิศวกรรมจนเสร็จ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญกราฟ	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
 บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
 บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก	3
2.2 งานทางไฟฟ้า	6
2.3 การนำความร้อน	7
2.4 การพาความร้อน	8
2.5 การวัดเครื่องปรับอากาศ	9
2.6 สัมประสิทธิ์สมรรถนะเครื่องทำความเย็น(COP _R)	9
 บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1. แผนการดำเนินงาน	10
3.2 การออกแบบและการคำนวณ	11
3.3 อุปกรณ์ประกอบและ โครงสร้างของเครื่องต้นแบบ	13
3.4 รูปแบบ โครงสร้างของเครื่องต้นแบบ	15
3.5 วิธีการและขั้นตอนการทดสอบชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและกราฟแสดงผลการทดลอง	23
บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล	
5.1 วิเคราะห์กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ (อากาศทางเข้าระบบ = 27 °C)	27
5.2 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น $\dot{Q}_x$	27
5.3 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับความสามารถในการทำความเย็น $\dot{Q}_L$ ของเครื่องต้นแบบ	27
5.4 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น $\dot{Q}_{CONV}$ และ h_m = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน	28
5.5 สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP _R)	28
5.6 รูปแบบการพัฒนาและการคำนวณชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว	29
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการทดลอง	35
6.2 ข้อเสนอแนะทางเทคนิคในการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว	35
6.3 ข้อเสนอแนะทางทฤษฎีในการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ	39
ตารางแสดงผลการคำนวณ	40
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	41

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ (อากาศทางเข้าระบบ = 27 °C) กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	23
กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์การพาความร้อน กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	24
กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น $\dot{Q}_{conv}$ กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	25
กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	26



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 Thomas Johann Seebeck	3
รูปที่ 2.2 แสดงความต่างศักย์ซีเบคและการไหลของกระแสไฟฟ้า	3
รูปที่ 2.3 Jean Charles Athanase Peltier	4
รูปที่ 2.4 แสดงการไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามีทิศตรงกันข้าม	5
รูปที่ 2.5 แสดงการไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกัน	5
รูปที่ 2.6 กำลังไฟฟ้าในเทอมของกระแสไฟฟ้า (I) ความต้านทาน (R) และความต่างศักย์ (V)	6
รูปที่ 2.7 การนำความร้อนผ่านตัวกลางใน 1 มิติ พิกัด X	7
รูปที่ 3.1 Thermoelectric Cooling Module(TM-127-1.4-8.5)	13
รูปที่ 3.2 ครีบอลูมิเนียม	13
รูปที่ 3.3 พัฒนาการระบายความร้อนด้านร้อน	14
รูปที่ 3.4 ขดลวดทองแดง	14
รูปที่ 3.5 พัฒนเป่าอากาศด้านเย็น	15
รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 1	16
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 2	17
รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 3	17
รูปที่ 3.9 แหล่งจ่ายไฟถ่านอัลคาไลน์ พานาโซนิค AA	20
รูปที่ 3.10 หม้อแปลง Spectrum 500 mA	21
รูปที่ 3.11 Multimeter	21
รูปที่ 3.12 เครื่องวัดความเร็วลม	21
รูปที่ 3.13 เครื่องวัดอุณหภูมิ	22
รูปที่ 5.1 เครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋วที่ได้รับการปรับปรุง	29
รูปที่ 5.2 พื้นที่ในภาคนวณหาการะความร้อนผ่านผนัง โครงสร้างกระดาษ	31
รูปที่ 5.3 ลักษณะการจัดวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นแถวยาว	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เทอร์โมอิเล็กทริกเพลเทียร์ (Thermoelectric peltier devices) เป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจาก สารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ใช้หลักการทำงานของการทำงานป้อนความร้อน เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงให้กับเทอร์โมอิเล็กทริกที่ใช้สารกึ่งตัวนำ แบบพี-เอ็น (semiconductor pn functions) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัสดุที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกัน ส่งผลให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าและทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง คือทางด้านหนึ่งของตัวเทอร์โมอิเล็กทริก จะร้อนและอีกด้านหนึ่งจะเย็น เทอร์โมอิเล็กทริกมีข้อดีหลายประการ เช่น มีขนาดเล็ก ไม่มีเสียงดังขณะการทำงานเพราะไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ทำให้การบำรุงรักษาคำ และควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายเพียงปรับเปลี่ยนค่าแรงเคลื่อนที่ป้อนกับเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลก็จะสามารถควบคุมอุณหภูมิทั้งด้านร้อนและด้านเย็นได้ และที่สำคัญระบบเทอร์โมอิเล็กทริกไม่ใช้สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น จึงไม่ส่งผลกระทบต่อโอโซนในชั้นบรรยากาศ ปัจจุบันได้มีการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้ในการทำความเย็นและทำความร้อนกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ทางการแพทย์ การทหาร วิทยาศาสตร์และในอุตสาหกรรม เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีเทอร์โมอิเล็กทริก โมดูลควรเลือกนำไปใช้อย่างถูกต้อง โดยคำนึงถึงระบบที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นระบบการทำความร้อน การทำความเย็น ควรคำนึงถึงการออกแบบอุปกรณ์และการติดตั้งพัฒนาระบบความร้อน เพื่อหาทิศทาง การไหลของอากาศที่ไหลผ่านครีระบายความร้อน (Heat sink) ทั้งทางด้านร้อนและด้านเย็นของชุดเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม รวมไปถึงกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก ตัวแปรเหล่านี้จะมีผลต่อสมรรถนะการทำงานของระบบและการบำรุงรักษา โดยระบบต่างๆ เหล่านี้ต้องพิจารณาควบคู่กันไป

โครงการนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาทิศทาง การไหลของอากาศที่ด้านเย็น และความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เพื่อหาทิศทาง การไหลของอากาศและกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม สำหรับป้อนให้ชุดตัวเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการออกแบบระบบการทำความเย็น ในส่วนของการเลือกอุปกรณ์ระบายความร้อนและติดตั้งพัฒนาในการควบคุมทิศทาง การไหลของอากาศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 การออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกในการทำความเย็น

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ศึกษาทฤษฎี และหลักการการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกแบบเพลเทียร์ โดยใช้ Thermoelectric Cooling Module (TM-127-1.4-8.5) ขนาด 40x40 มม. หนา 3.4 มม. จำนวน 1 ตัว ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้า 6 โวลต์ ใช้พัดลม 2 ตัว

1.3.2 ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในระบบทำความเย็นและทำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก

1.3.3 ทำการออกแบบ และสร้างชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

1.3.4 ทำการทดลองและเก็บข้อมูล ค่าดังต่อไปนี้ เพื่อนำมาอภิปรายผล

- อัตราการไหลของอากาศ
- อุณหภูมิการทำความเย็น
- กระแสไฟที่ป้อนให้กับเครื่อง

1.3.5 สรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นข้อมูลพื้นฐานใช้ในการออกแบบ และพัฒนาเครื่องปรับอากาศในอนาคต

1.4.2 บอกถึงประสิทธิภาพ และความเป็นไปได้ในการนำเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล มาใช้กับการปรับอากาศ

1.4.3 เป็นอีกทางเลือกที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสภาพแวดล้อม

บทที่ 2

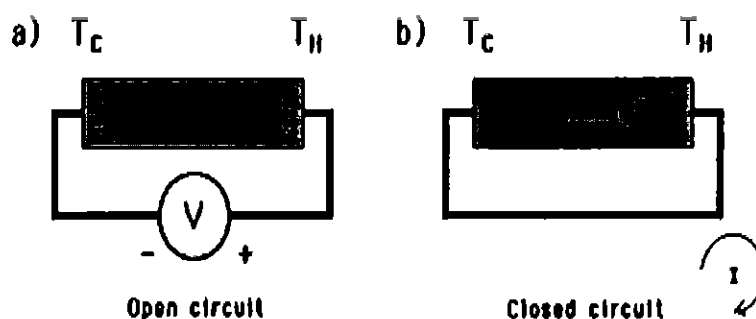
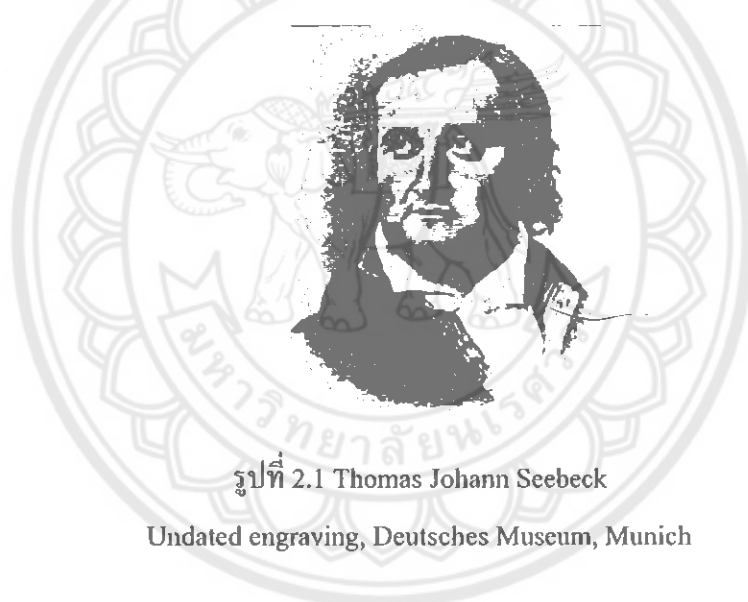
หลักการและทฤษฎี

2.1 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

ปรากฏการณ์พื้นฐานทางการผันไฟฟ้าจากความร้อน มีอยู่ด้วยกันดังปรากฏการณ์ที่กล่าวมาแล้ว คือ ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect) และปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) ทั้งสองปรากฏการณ์นี้ มีรากฐานอยู่ที่การผันความร้อน ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า หรืออาจผันไฟฟ้าไปเป็นความร้อน

2.1.1 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck effect)

ในปี 1821 โทมัส โจแฮนน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน กล่าวไว้ว่า “เมื่อให้ความร้อนที่รอยต่อของขดรวดตัวนำสองชนิดจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร”



รูปที่ 2.2 แสดงความต่างศักย์ซีเบคและการไหลของกระแสไฟฟ้า

ปรากฏการณ์ซีเบค เป็นปรากฏการณ์ที่มีรากฐานอยู่ที่การผันความร้อนเป็นไฟฟ้า ความสำคัญทางกายภาพสามารถเห็นได้โดยการพิจารณาปรากฏการณ์ของการบังคับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิสม่ำเสมอให้ไหลไปตามตัวนำจำกัด ซึ่งในตอนเริ่มแรกตัวนำจะควบคุมการกระจายอย่างสม่ำเสมอของตัวพาหะประจุ แต่ภายใต้เกรเดียนต์อุณหภูมิหนึ่งพาหะอิสระต่างๆ ที่ปลายด้านร้อน (Hot end) จะมีพลังงานจลน์มากกว่าที่ปลายด้านเย็น (Cold end) และมีแนวโน้มที่จะแพร่ไปปลายด้านเย็น การเกิดขึ้นของประจุทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (Back electromotive force หรือ back e.m.f) ซึ่งตรงกันข้ามกับการไหลของประจุ ความต่างศักย์วงจรเปิดเมื่อไม่มีกระแสไหลที่เกิดขึ้น เรียกว่า ความต่างศักย์ซีเบค (Seebeck voltage)

สำหรับสมการของ Seebeck effect ถ้าเขียนในรูปของความต่างศักย์และค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ จะได้ว่า

$$\Delta V = S \Delta T \quad (2.1)$$

โดยที่

ΔV = ความต่างศักย์ไฟฟ้า, V

S = สัมประสิทธิ์ซีเบค, V/K

ΔT = อุณหภูมิ, °C

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

2.1.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect)

ในปี 1834 ปีน เพลเทียร์ ชาร์เลส อะธานาส (Jean Charles Athanase Peltier) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้กล่าวว่า “เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลจะมีความร้อนเกิดขึ้นที่รอยต่อของตัวนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า”



รูปที่ 2.3 Jean Charles Athanase Peltier

ปรากฏการณ์เพลเทียร์ ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นปรากฏการณ์หนึ่งซึ่งคู่กันกับปรากฏการณ์ซีเบค และถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการทำระบบหล่อเย็นจากการผันความร้อนจากไฟฟ้า (Thermoelectric refrigeration) ในที่นี้ อัตราของการดูดซับความร้อนแบบกลับได้ (Rate of reversible heat absorption, Q) ซึ่งส่งมาพร้อมกับการผ่านกระแสไฟฟ้า (I) ผ่านรอยต่อ คือ

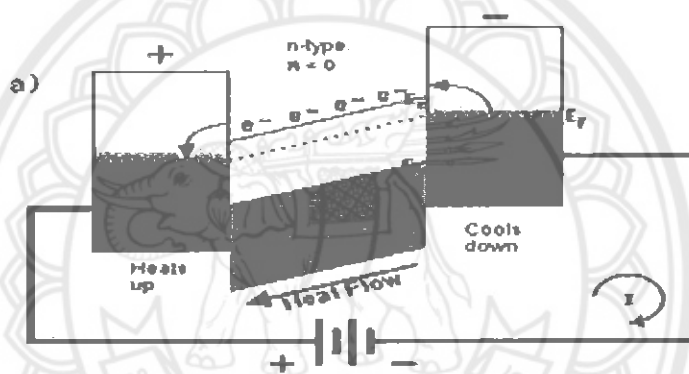
$$Q = \pi_{ab} I \quad (2.2)$$

โดยที่ π_{ab} = สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ของรอยต่อ ซึ่งหาได้จาก

$$\pi = \alpha T \quad (2.3)$$

โดยที่ $\pi < 0$; ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นลบ (-)

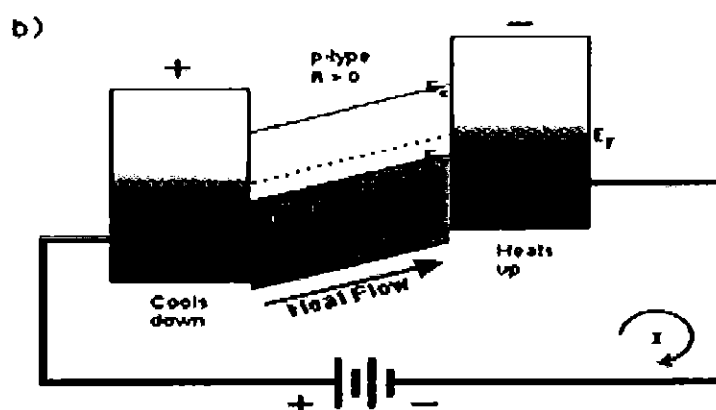
อิเล็กตรอนของอะตอมพลังงานสูงจะเคลื่อนย้ายจากขั้วบวกมาทางขั้วลบ การไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามีทิศทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามีทิศตรงกันข้าม

โดยที่ $\pi > 0$; ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์เป็นบวก (+)

หุ้มนพลังงานสูงเคลื่อนย้ายจากขั้วลบมาขั้วบวก การไหลเวียนของความร้อนและกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการไหลเวียนของความร้อน และกระแสไฟฟ้ามีทิศทางเดียวกัน

2.2 งานทางไฟฟ้า

งานไฟฟ้า (Electrical work, W_e) คือ พลังงานไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าเนื่องจากผลของแรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ โดยเมื่ออิเล็กตรอน N (อนุภาค) เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความต่างศักย์ V งานทางไฟฟ้ามีค่าดังนี้

$$W_e = VN \quad (2.4)$$

เมื่อเขียนอยู่ในรูปเทียบกับหน่วยเวลาหรือกำลังไฟฟ้า จะได้

$$\dot{W}_e = VI \quad (2.5)$$

เมื่อ

$$\dot{W}_e = \text{กำลังไฟฟ้า}$$

$$I = (\text{กระแสไฟฟ้าเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดการเคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา})$$

เนื่องจาก

$$V = IR$$

เมื่อ

$$R = \text{ความต้านทาน}$$

ดังนั้น จึงสามารถคำนวณหา กำลังไฟฟ้าจากความสัมพันธ์ในรูปความร้อน ได้ดังนี้

$$\dot{W}_e = I^2 R \quad (W) \quad (2.6)$$

หรือ

$$\dot{W}_e = \frac{V^2}{R} \quad (W) \quad (2.7)$$

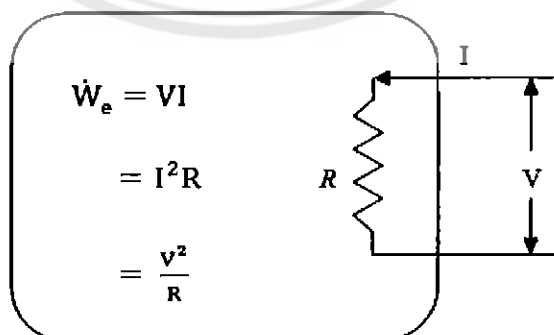
รูปแบบสมการของงานทางไฟฟ้าทั่วไปในช่วงเวลาหนึ่ง Δt เมื่อ $\Delta t \rightarrow 0$ เป็นดังนี้

$$W_e = \int VI \, dt \quad (J) \quad (2.8)$$

ถ้ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์คงที่ในระหว่างช่วงเวลาที่พิจารณา Δt จะได้ว่า

$$W_e = VI \Delta t \quad (J) \quad (2.9)$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณหา กำลังไฟฟ้าในเทอมของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และความต่างศักย์ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 กำลังไฟฟ้าในเทอมของกระแสไฟฟ้า (I) ความต้านทาน (R) และความต่างศักย์ (V)

2.3 การนำความร้อน

การนำความร้อนหมายถึงการส่งถ่ายพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลาง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางจากด้านที่อุณหภูมิสูงไปยังด้านที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยส่งผ่านความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปสู่อีกโมเลกุลอย่างต่อเนื่องกัน การนำความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางแบบการนำความร้อนจากกฎของฟูเรียร์(Fourier's law)

กฎของฟูเรียร์ กล่าวไว้ว่า สำหรับการนำความร้อนผ่านตัวกลางในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อัตราการถ่ายเทความร้อน($\dot{Q}_x$) ผ่านตัวกลางในทิศทางนั้นเป็นปริมาณโดยตรงกับพื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของการไหลของความร้อน (A) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวกลางในทิศทางดังกล่าว ($\frac{dT}{dx}$)

สำหรับการนำความร้อนในทิศทาง X ภายใต้สภาวะ (Steady state) อุณหภูมิในตัวกลาง

$T = T(x)$ จากกฎของฟูเรียร์

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (w) \quad (2.10)$$

เมื่อ

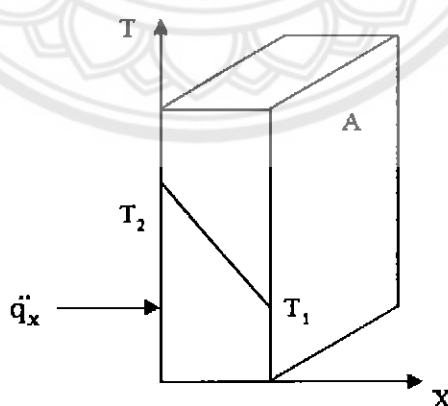
$\dot{Q}_x$ = ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในหนึ่งหน่วยมวล

K = ค่าการนำความร้อน

A = พื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อน

dT = ผลต่างของอุณหภูมิ

dx = ระยะห่างระหว่างสองบริเวณที่อุณหภูมิต่างกัน



รูปที่ 2.7 การนำความร้อนผ่านตัวกลางใน 1 มิติ พิกัด X

โดยที่ k คือค่าคงที่สัดส่วน ซึ่งเรียกว่า ค่าสภาพนำความร้อน(Thermal conductivity) ของตัวกลาง มีหน่วยเป็น $W/m \cdot k$ ฟลักซ์ความร้อนผ่านตัวกลางสามารถคำนวณได้จาก

$$\dot{q}_x = \frac{\dot{Q}_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (W/m^2) \quad (2.11)$$

ในสมการ (2.10) และ (2.11) ถ้าอุณหภูมิของตัวกลางลดลงตามทิศทาง +X จะพบว่าค่าของ $\frac{dT}{dx}$ มีค่าเป็นลบ (-) ดังนั้น $\dot{Q}_x$ หรือ q_x มีเครื่องหมายบวก (+) แสดงว่า $\dot{Q}_x$ หรือ q_x มีทิศทางการไหลในทิศทาง +X

ภายใต้สภาวะคงตัวและตัวกลางมีค่า k เป็นค่าคงที่ อุณหภูมิ T(x) เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นดังรูปที่ 2.7 ดังนั้น

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L} = -\frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (2.12)$$

ดังนั้น

$$\dot{Q}_x = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.13)$$

2.4 การพาความร้อน

การพาความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของแข็งกับของไหล การถ่ายโอนพลังงานความร้อนจะอาศัยการแพร่ของโมเลกุลของของไหลและรวมถึงผลของการเคลื่อนไหวยาวไปทั้งปริมาตรของของไหลนั้น

ลักษณะการพาความร้อน

1. แบบของการพาความร้อน ได้แก่ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ และการพาความร้อนโดยบังคับ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนโดยบังคับจะมีค่ามากกว่า

2. ลักษณะการไหลผ่านผิวของแข็ง ซึ่งยังแบ่งย่อยเป็นหลายประเภท เช่น การไหลทิศเดียวกัน (Parallel flow) การไหลสวนทาง (Counter flow) การไหลขวางตั้งฉาก (Cross flow) การไหลท่วมแผ่นราบหรือแผ่นโค้ง และการไหลท่วมทรงกระบอก

3. แบบของการไหล แบบของการไหลจะมีผลต่อสัมประสิทธิ์การพาความร้อน สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนจะให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีค่าสูงกว่า

พิจารณาการพาความร้อนจากผิวของแข็งพื้นที่ A_s อุณหภูมิ T_s ผนังของไหลไหลผ่านด้วยความเร็ว u_∞ และอุณหภูมิ T_∞ คงที่ พลักซ์ความร้อนเฉพาะที่คำนวณเป็นไปตามกฎการทำให้เย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of cooling)

$$\dot{q}_{\text{conv}} = h (T_s - T_\infty) \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.14)$$

โดยที่ h คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉพาะที่ $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ ดังนั้นจะคำนวณอัตราการพาความร้อนทั้งหมดบนพื้นผิว A_s จาก

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{conv}} &= \int_{A_s} dA_s = (T_s - T_\infty) \int h dA_s \\ \dot{Q}_{\text{conv}} &= h_m A_s (T_s - T_\infty) \quad (\text{W}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

โดยที่ h_m คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (average convection coefficient) สำหรับแผ่นระนาบ (flat plate) ยาว L จะพบว่า

$$h_m = \frac{1}{L} \int_0^L h dx \quad (2.16)$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสำหรับของไหลที่วิ่งในท่อ

$$N_u = CRe^n Pr^m \quad (2.17)$$

เมื่อ n และ m ได้มาจากการทดลอง และค่าคงที่ C คือค่าที่อยู่ในสมการ

$$\frac{h(D)}{k} = 0.023 \left[\frac{VD\rho}{\mu} \right]^{0.8} \left[\frac{C_p \mu}{k} \right]^{0.4} \quad (2.18)$$

เมื่อ h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน $W/m^2 \cdot ^\circ C$ D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ m

k = ค่าการนำความร้อนของของไหล $W/m^2 \cdot ^\circ C$ V = ความเร็วเฉลี่ยของของไหล m/s

ρ = ความหนาแน่นของของไหล kg/m^3 μ = ค่าความหนืดของของไหล $Pa \cdot s$

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของของไหล $J/kg \cdot ^\circ C$

2.5 การวัดเครื่องปรับอากาศ

กระบวนการทำความเย็นจะมีข้อสมมติฐานว่าเป็นกระบวนการไหลแบบคงตัว (Steady flow)

ดังนั้นจะหาความสัมพันธ์ได้ในเชิงของสมดุลมวล (Conservation of mass)

$$\sum \dot{m}_{r,i} = \sum \dot{m}_{r,o} \quad (2.19)$$

$$\sum \dot{m}_{w,i} = \sum \dot{m}_{w,o} \quad (2.20)$$

ซึ่ง i และ o คือ ทางเข้า และทางออกของระบบ และในส่วน of ระบบสมดุลพลังงานก็สามารถพิจารณาภายใต้สมมติฐานเดียวกัน

$$\dot{Q}_i + \dot{W}_i + \sum \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) = \dot{Q}_e + \dot{W}_e + \sum \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right) \quad (2.21)$$

สมมติฐาน

1. ไม่คิดพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์
2. กระบวนการรับความร้อนแบบความดันคงที่
3. ไม่มีงานเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ
4. เป็นการไหลคงตัว ระบบเปิด

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \sum \dot{m}_i &= \sum \dot{m}_o \\ \text{จะได้} \quad \dot{Q}_L &= \dot{m}_{i,o} (h_i - h_o) \end{aligned} \quad (2.22)$$

2.6 สัมประสิทธิ์สมรรถนะเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance for Refrigeration)

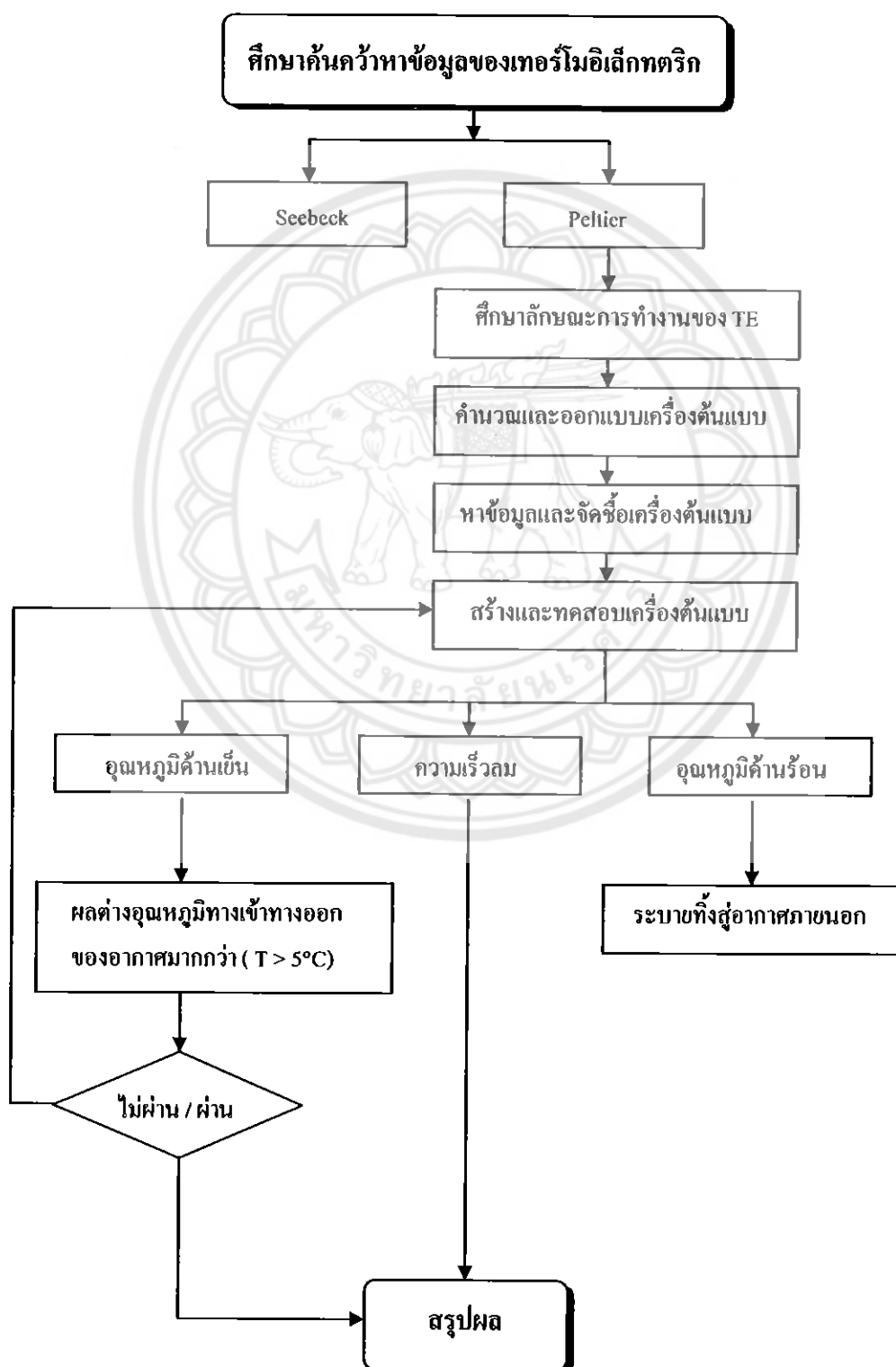
สัมประสิทธิ์สมรรถนะเครื่องทำความเย็นคือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น (Q_L) ต่อปริมาณงานสุทธิที่ป้อนให้กับระบบ ($W_{net,in}$)

$$COP_R = \frac{Q_L}{W_{net,in}} \quad (2.23)$$

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1. แผนการดำเนินงาน



3.2 การออกแบบและการคำนวณ

3.2.1 สมมุติฐานในการออกแบบ

3.2.1.1 ให้ชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กทำความเย็นโดยมีผลต่างอุณหภูมิทางเข้าและทางออกมากกว่า 5 องศาเซลเซียส

3.2.1.2 ใช้ Thermoelectric Cooling Module(TM-127-1.4-8.5) ขนาด 40x40 มิลลิเมตร หนา 3.4 มิลลิเมตร จำนวน 1 ตัว

3.2.1.3 ภาระความร้อนหลักมาจากผนังของตัวเครื่อง มีการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในทิศทางเดียว

3.2.1.4 ด้านร้อนระบายความร้อนโดยการติดครีบอลูมิเนียม และการใช้พัดลมเป่าอากาศออก

3.2.1.5 ด้านเย็นใช้ขดลวดทองแดงในการเพิ่มพื้นที่ในการพาความร้อนของอากาศ

3.2.1.6 ในการทดสอบเครื่องใช้แหล่งจ่าย ด้านอัลตราโวลต์ พานาโซนิค AA ให้แผ่นกับเทอร์โมอิเล็กทริก โดยต่อเพิ่มที่ละก้อนแบบอนุกรม และใช้หม้อแปลงไฟ 12 V จ่ายให้กับพัดลมด้านร้อนและด้านเย็น

3.2.2 ลักษณะวัสดุที่ใช้ทำตัวเครื่อง

ใช้กระดาษแข็งทำเป็นโครงสร้าง เพื่อให้ง่ายในการออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบ และกระดาษยังมีค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน (Thermal conductivity) ต่ำ ทำหน้าที่เป็นฉนวนด้วย ภายในของโครงสร้างติดแผ่นอลูมิเนียม เพื่อป้องกันหยดน้ำ เพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อน และเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง โดยกระดาษมีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และความร้อนของวัสดุ

ชนิดของวัสดุ	อุณหภูมิ °C	ρ (kg/m ³)	C_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$\alpha \times 10^7$ (m ² /s)
กระดาษ	30	930	1340	0.011	-
อะลูมิเนียมบริสุทธิ์	27	2707	903	237	97.1

3.2.3 การคำนวณภาระ และความสามารถในการทำทำความเย็น

3.2.3.1 การคำนวณภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)

คือการคำนวณอัตราการส่งถ่ายพลังงานความร้อนจากสภาวะอากาศภายนอกผ่านโครงสร้างเข้ามาภายในระบบ เป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในทิศทางเดียว โดยในการคำนวณในครั้งนี้เราตั้งสมมุติฐานว่าเป็นภาระหลักของระบบ

$$\dot{Q}_x = \frac{kA\Delta T}{L} \quad [W] \quad (2.13)$$

เมื่อ

- $\dot{Q}_x$ = ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในหนึ่งหน่วยมวล
 K = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน
 A = พื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อน
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของผนัง
 L = ความหนาของผนัง

3.2.3.2 การคำนวณความสามารถในการพาความร้อนในด้านเย็น ($\dot{Q}_{conv}$)

คือการคำนวณการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของชุดทำความเย็นกับอากาศ ในการออกแบบผิวของชุดทำความเย็นคือผิวด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก และขดลวดทองแดง

$$\dot{Q}_{conv} = h_m A_s (T_s - T_{\infty}) \quad [W] \quad (2.15)$$

เมื่อ

- h_m = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
 A_s = พื้นที่ผิวของเทอร์โมอิเล็กทริก
 T_s = อุณหภูมิพื้นผิวของเทอร์โมอิเล็กทริก
 T_{∞} = อุณหภูมิอากาศโดยรอบ

3.2.3.3 การคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องดันแบบ ($\dot{Q}_L$)

คือเป็นการคำนวณหาความสามารถในการทำความเย็นหรือ ความสามารถในการลดอุณหภูมิของอากาศของชุดดันแบบ ค่าที่ได้จะเท่ากับค่าที่คำนวณจาก การคำนวณความสามารถในการพาความร้อนในด้านเย็น ลบด้วยการคำนวณการระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น เพื่อจะนำไปคำนวณหา ค่าสมรรถนะในการทำความเย็น COP ของเครื่องดันแบบ

$$\dot{Q}_L = m_{i,o} (h_i - h_o) \quad [W] \quad (2.22)$$

เมื่อ

- h_i = Enthalpy ที่ทางเข้าของเครื่อง ได้จาก Psychometric Chart
 h_o = Enthalpy ที่ทางออกของเครื่อง ได้จาก Psychometric Chart
 $m_{i,o}$ = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านเครื่อง

การคำนวณความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องดันแบบ ($\dot{Q}_L$) ต่อพื้นที่ผ่านเทอร์โมอิเล็กทริก

จะได้
$$= \frac{\dot{Q}_L}{A}$$

เมื่อ $\dot{Q}_L$ = ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องต้นแบบ
 A = พื้นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกหนึ่งแผ่น 0.0016 m^2

สัมประสิทธิ์สมรรถนะเครื่องทำความเย็น (COP_R) คือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) ต่อปริมาณงานสุทธิที่ป้อนให้กับระบบ ($\dot{W}_{\text{net, in}}$)

$$\text{COP}_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net, in}}} \quad (2.23)$$

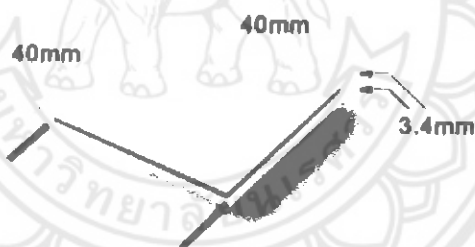
การคำนวณกำลังไฟฟ้า ($\dot{W}_{\text{net, in}}$) ในเทอมของกระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ (V)

$$\dot{W}_{\text{net, in}} = VI \quad [\text{W}]$$

3.3 อุปกรณ์ประกอบและโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ

3.3.1 อุปกรณ์ประกอบเครื่อง

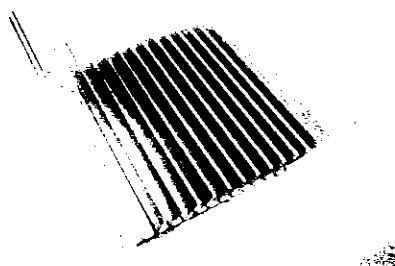
3.3.1.1 ใช้ Thermoelectric Cooling Module(TM-127-1.4-8.5) ขนาด 40x40 มิลลิเมตร หน้า 3.4 มิลลิเมตร ใช้ในการทำความเย็นและความร้อน จำนวน 1 ตัว ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Thermoelectric Cooling Module(TM-127-1.4-8.5)

3.3.1.2 การระบายความร้อนด้านร้อน

3.3.1.2.1 ครีบอลูมิเนียม ขนาด $7 \times 8 \times 3.5$ เซนติเมตร จำนวนครีบ 15 ครีบ ใช้ในการเพิ่มพื้นที่ของพื้นที่ผิวการระบายความร้อนทางด้านร้อน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตรีบอลูมิเนียม

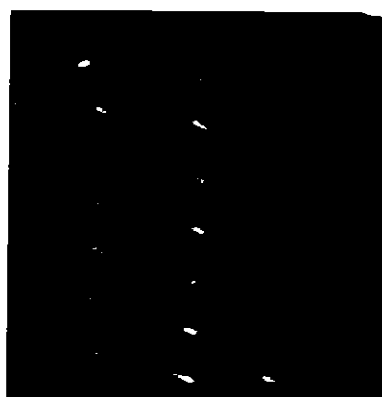
3.3.1.2.2 พัดลม 12 โวลต์ ขนาด $7 \times 9.5 \times 3$ เซนติเมตร อากาศมีอัตราการไหลเชิงมวล 0.0146 kg/s ใช้ในการเป่าอากาศระบายความร้อนทางด้านร้อน จำนวน 1 ตัว
ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 พัดลมการระบายความร้อนด้านร้อน

3.3.1.3 การทำความเย็นด้านเย็น

3.3.1.3.1 ขดลวดทองแดงเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนที่ด้านเย็น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร นำมาม้วนเป็นเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขดลวดทองแดง

3.3.1.3.2 พัดลม 12 โวลต์ ขนาด $5.5 \times 5.5 \times 1.5$ เซนติเมตร อากาศมีอัตราการไหลเชิงมวล 0.0012 kg/s ใช้ในการเป่าอากาศผ่านคอยล์เย็นทางด้านเย็นของเครื่องต้นแบบ

จำนวน 1 ตัว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 พัดลมเป่าอากาศด้านเย็น

ตารางที่ 3.2 สมบัติของอุปกรณ์และโครงสร้าง

อุปกรณ์และ โครงสร้าง	แรงดันไฟฟ้า (V)	ขนาด ก × ข × ส (cm)	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)	k (W/m ² · K)
เทอร์โมอิเล็กทริก	-	4x4x0.34	-	-
พัดลม (ด้านร้อน)	12	7 x 9.5 x 3	0.0177	-
พัดลม (ด้านเย็น)	12	5.5 x 5.5 x 1.5	0.0012	-
กริปอูมิเนียม	-	7 x 8 x 3.5	-	237
ขดลวดทองแดง	-	-	-	401
กระดาษ	-	(ภายใน)	-	0.011

3.4 รูปแบบโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบได้พัฒนารูปแบบ แนวคิด ด้วยกันหลายแบบ ในการออกแบบแต่ละครั้งจะทำแบบจำลองแล้วนำไปทดสอบว่าเครื่องสามารถทำให้อุณหภูมิลดลงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยรูปแบบของเครื่องต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นดังนี้

3.4.1 แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องต้นแบบรูปแบบที่ 1



รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 1

แนวคิดในการออกแบบ

จากรูปแบบโครงสร้างนี้ มีแนวคิดว่าจะให้พลังงานกับตัวเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อตัวเทอร์โมอิเล็กทริกเริ่มเย็นและด้านข้างจะมีการออกแบบ โดยจะเจาะรูด้านข้างเพื่อให้อากาศมีการแลกเปลี่ยน ส่วนด้านหน้าจะติดพัดลมจำนวน 1 ตัวเพื่อเป็นตัวดูดความเย็นจากตัวเทอร์โมอิเล็กทริกออกจากบริเวณผิวของตัวเทอร์โมอิเล็กทริก จึงทำให้เกิดความเย็น

ปัญหาที่พบในการทดสอบ

ไม่สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ เนื่องจากพื้นที่ผิวที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศมีพื้นที่น้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ของห้องที่ใช้ประสมอากาศ และตำแหน่งในการ ติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกไม่ใช่ตำแหน่งที่อากาศส่วนใหญ่ไหลผ่าน ทำให้ไม่เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนหรือมีการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยมาก

3.4.2 แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องต้นแบบรูปแบบที่ 2



รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 2

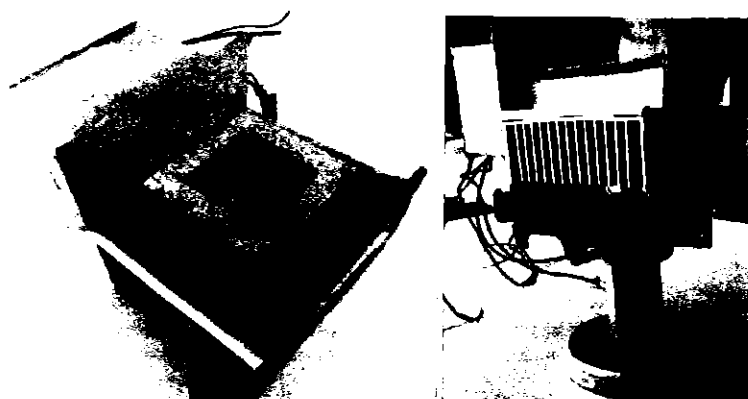
แนวคิดในการออกแบบ

ใช้พัดลมเป่าอากาศกระทบบนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น ทำมุมประมาณ 30° ลดพื้นที่ลง เพื่อให้อากาศส่วนใหญ่ผ่านหรือกระทบแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็น

ปัญหาที่พบในการทดสอบ

เนื่องจากพื้นที่ผิวที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศมีพื้นที่น้อย อากาศที่ตกกระทบมีเวลาน้อยในการสัมผัสกับผิวด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก และแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนได้ในอัตราที่น้อย

3.4.3 แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างของเครื่องต้นแบบรูปแบบที่ 3



รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องต้นแบบที่ 3

แนวคิดในการออกแบบ

ลดขนาดบริเวณผ่านความร้อนลง และเพิ่มขดลวดทองแดง เพื่อเพิ่มพื้นที่บนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และบังคับอากาศให้ผ่านมากขึ้นแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และขดลวด ทิศทางการเป่าอากาศขนานกันขดลวด ผลที่ได้คือสามารถลดอุณหภูมิอากาศที่ทางออกของเครื่องต้นแบบได้โดยอุณหภูมิทางออกจะขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้ามีป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

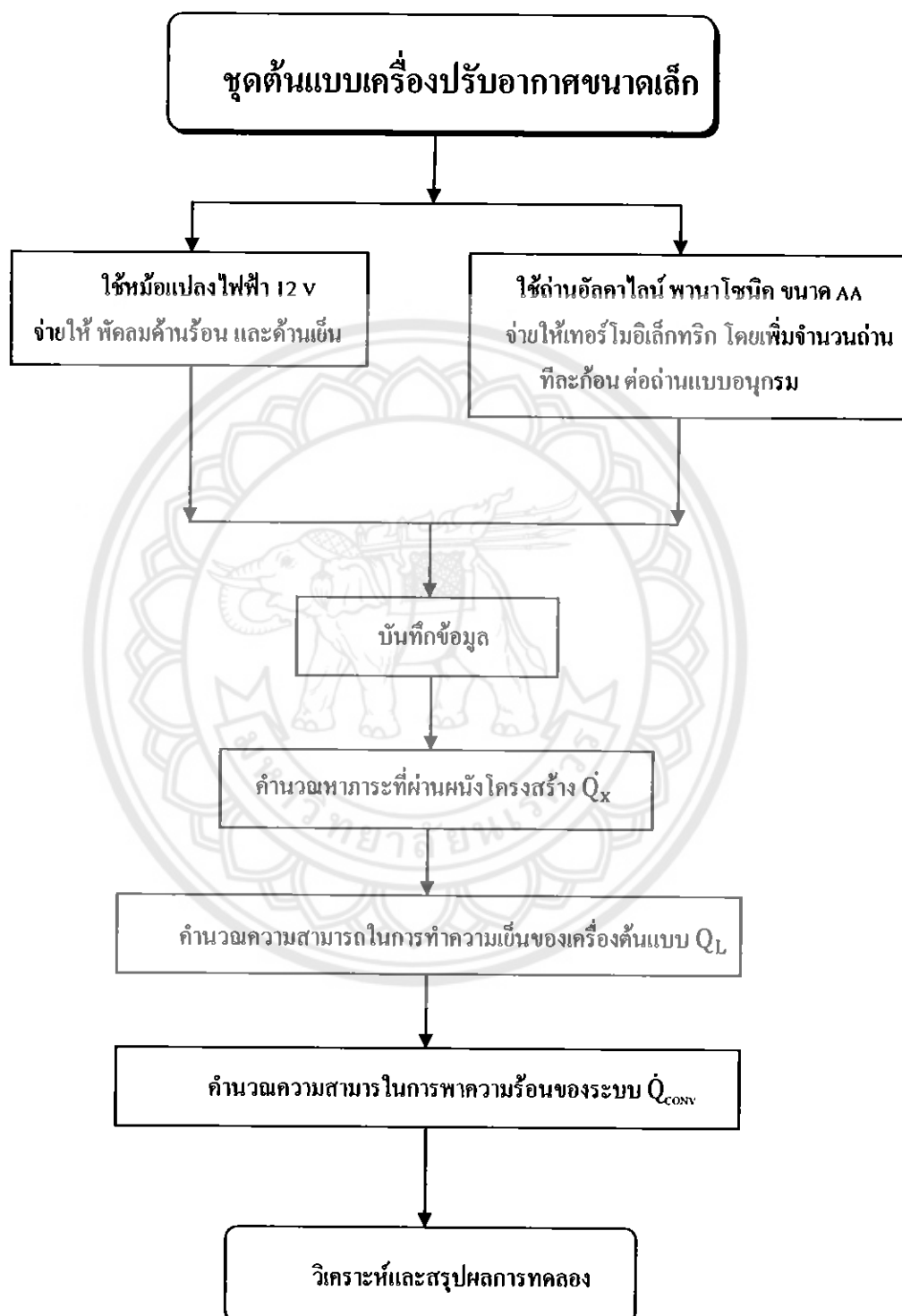
ปัญหาที่พบในการทดสอบ

พบว่าอากาศที่ทางออกมีความเร็วต่ำ ทำให้ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศมีปริมาณน้อย เนื่องจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีขนาดเล็กมีพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อนมีน้อย ทำให้อากาศที่ผ่านสัมผัสกับผิวคอยล์น้อย จึงทำให้ความสามารถในการผ่านความร้อนน้อย



3.5 วิธีการและขั้นตอนการทดสอบชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

3.5.1 แผนภาพแสดงวิธีการทดลองและขั้นตอนการทดลอง



3.5.2 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการทดลอง

กระบวนการการทำความเย็นเริ่มจาก พัดลมเป่าอากาศเข้าเครื่องต้นแบบ ผ่านแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นและขดลวด ซึ่งเป็นบริเวณแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อผ่านบริเวณแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว อากาศจะมีอุณหภูมิลดลง ในการทดสอบต้องการประเภทของข้อมูลและตำแหน่งของข้อมูลดังนี้

$T_{\infty, d}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศโดยรอบ

$T_{\infty, w}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศโดยรอบ

$T_{s, d}$ = อุณหภูมิพื้นผิวของเทอร์โมอิเล็กทริก

$T_{o, d}$ = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศที่จ่ายออกจากเครื่องต้นแบบ

$T_{o, w}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศที่จ่ายออกจากเครื่องต้นแบบ

$T_{h, d}$ = อุณหภูมิอากาศกระเปาะแห้งด้านร้อนที่ระบายทิ้ง

$T_{h, w}$ = อุณหภูมิอากาศกระเปาะเปียกด้านร้อนที่ระบายทิ้ง

v = ความเร็วลมที่ทางออกของเครื่องต้นแบบ

V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

I = กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

3.5.3 เครื่องมือในการทดสอบชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

3.5.1 แหล่งจ่าย ผ่านอัลคาไลน์ พานาโซนิค AA ให้แผ่นกับเทอร์โมอิเล็กทริก โดยต่อเพิ่มทีละก้อน ถ่านต่อแบบแบบอนุกรม ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แหล่งจ่ายไฟผ่านอัลคาไลน์ พานาโซนิค AA

3.5.2 หม้อแปลง Spectrum 500mA ปรับจูนได้ ปรับค่าได้ สำหรับจ่ายกระแสไฟให้กับพัดลม ด้านร้อนและพัดลมด้านเย็น โดยปรับแรงดันที่ 12V ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 หม้อแปลง Spectrum 500mA

3.5.3 Multimeter ใช้ในการวัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ของพัดลมและ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 Multimeter

3.5.4 เครื่องวัดความเร็วลมสำหรับวัดความเร็วลมจ่าย หรือด้านเย็น ของชุดต้นแบบ และ ความเร็วลมระบายทิ้งหรือด้านร้อนของชุดต้นแบบ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่3.12 เครื่องวัดความเร็วลม

3.5.5 เครื่องวัดอุณหภูมิสำหรับ วัดอุณหภูมิอากาศโดยรอบ อุณหภูมิอากาศถ่าย และ อุณหภูมิอากาศที่ระบายทิ้ง ดังรูปที่ 3.13



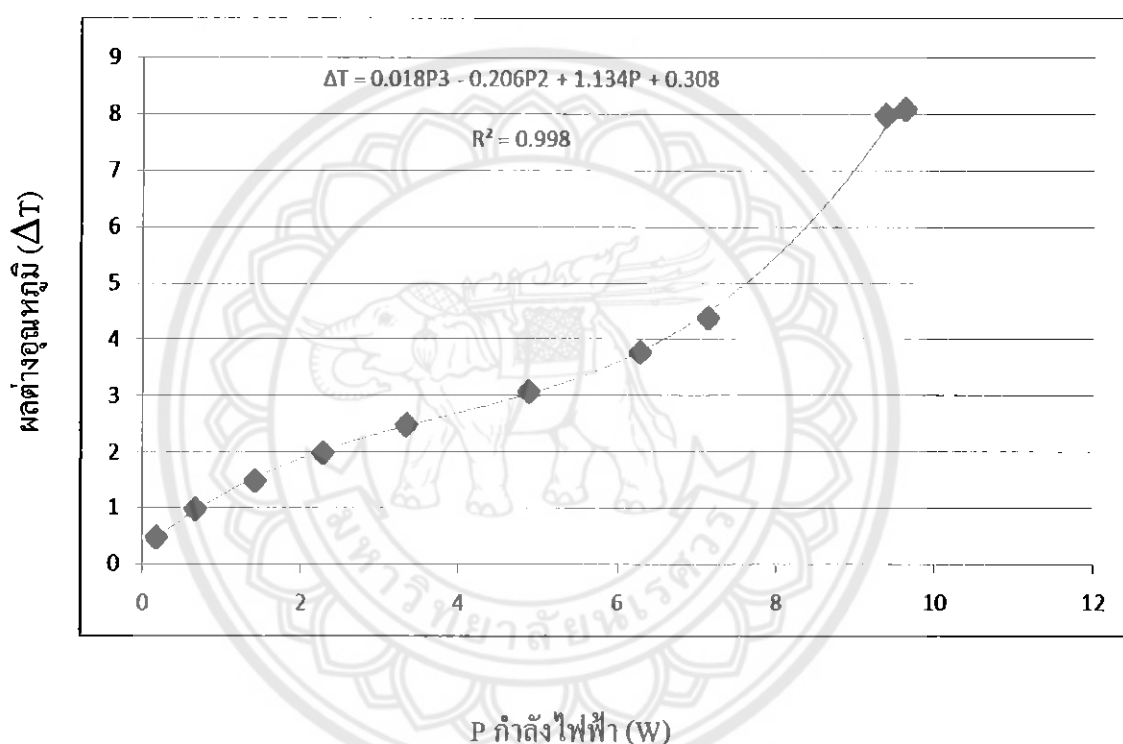
รูปที่ 3.13 เครื่องวัดอุณหภูมิ



บทที่ 4

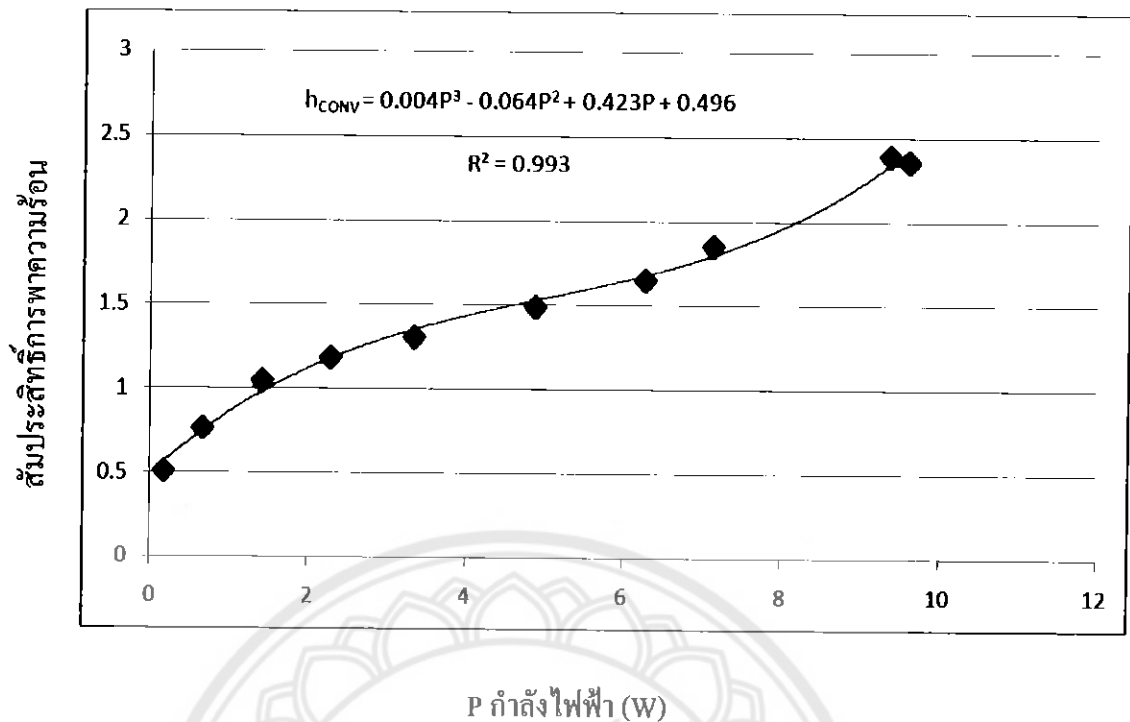
ผลการทดลอง

จากการทดสอบชุดต้นแบบ ได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งระบบคือ ความเร็วลม ด้านง่ายและด้านระบบความร้อน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศระบายทิ้งทางด้านร้อน อุณหภูมิอากาศทางด้านง่าย อุณหภูมิผิวด้านเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อุณหภูมิผนังโครงสร้างภายในได้ผลการทดลองดังนี้



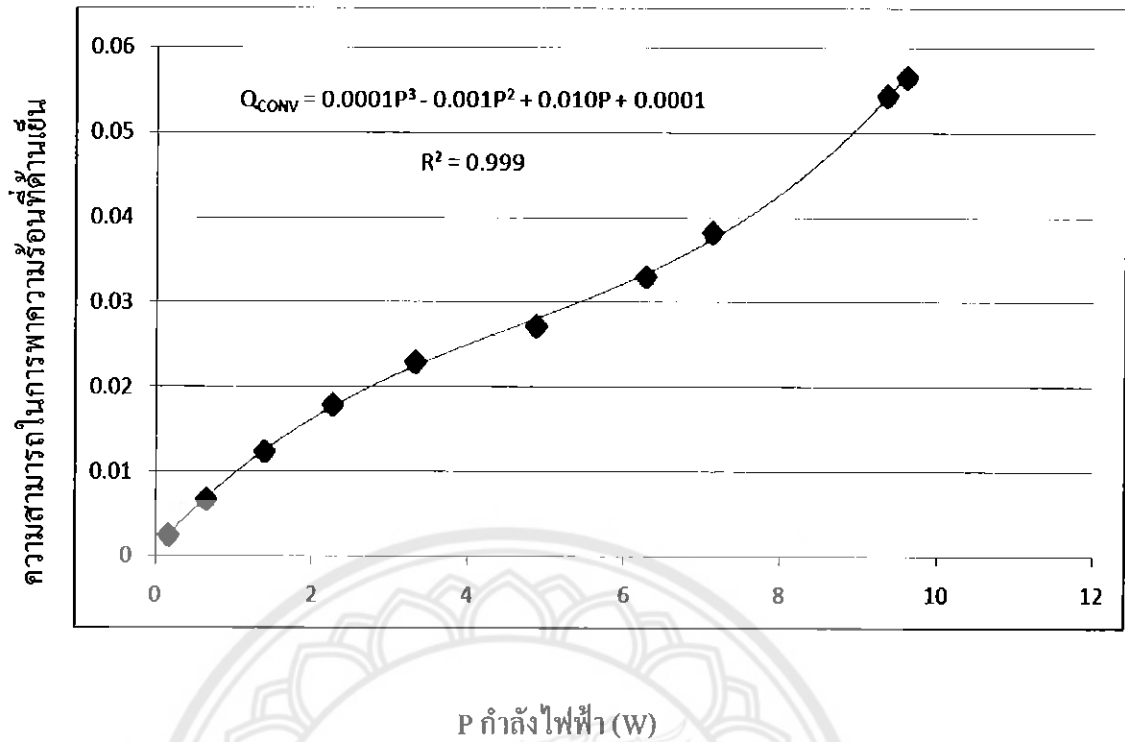
กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ
(อากาศทางเข้าระบบ = 27 °C) กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

จากกราฟที่ 1 แสดงถึงเส้นแนวโน้มของผลต่างอุณหภูมิเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับตัวเทอร์โมอิเล็กทริก โดยจะมีผลต่างอุณหภูมิ เมื่อให้กำลังไฟฟ้ามีค่ามากและจากกราฟที่ 1 สามารถใช้สมการ $\Delta T = 0.018P^3 - 0.206P^2 + 1.134P + 0.308$ ในการทำนายค่าผลต่างของอุณหภูมิที่ค่ากำลังไฟฟ้าอื่นๆได้ ซึ่งจะพบว่ากำลังไฟฟ้าที่มากขึ้นจะทำให้ ผลต่างของอุณหภูมิสูงขึ้นตามด้วย ดังแสดงใน กราฟที่ 1



กราฟที่ 2 แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์การพาความร้อน กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

จากกราฟที่ 2 แสดงถึงเส้นแนวโน้มของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำลังไฟฟ้ามากขึ้น จะทำให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนมากขึ้น และจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ จากกราฟสามารถใช้สมการ $h_{\text{conv}} = 0.004P^3 - 0.064P^2 + 0.423P + 0.496$ จากสมการจะสามารถทำนายค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ค่ากำลังไฟฟ้าอื่นๆ ได้ ดังกราฟที่ 2



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น Q_{conv} กับกำลังที่ป้อนให้แก่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

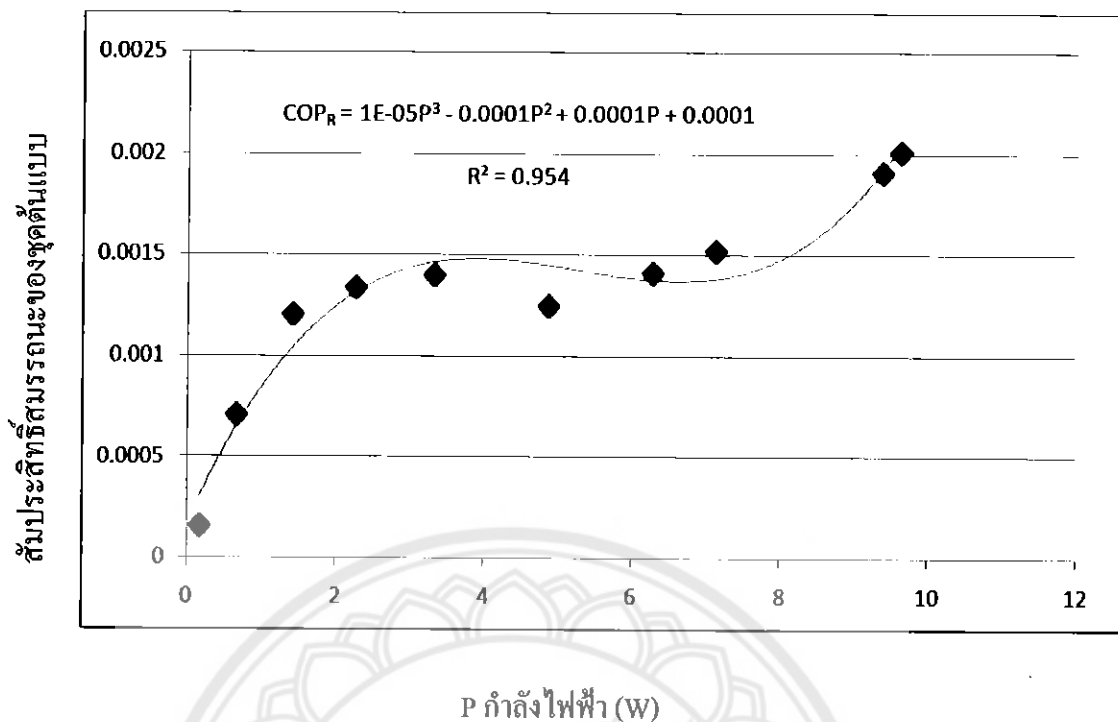
จากกราฟที่ 3 แสดงถึงเส้นแนวโน้มของความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น เทียบกับ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อกำลังไฟฟ้ามักขึ้นจะทำให้ความสามารถในการทำ ความเย็นที่ด้านเย็นมีค่ามากขึ้น จากกราฟที่ 3 สามารถใช้สมการ $Q_{\text{conv}} = 0.0001P^3 - 0.001P^2 + 0.010P + 0.0001$ ในการทำนายค่าความสามารถการพาความร้อนที่ด้านเย็น ที่กำลังไฟฟ้าค่าอื่นๆ โดยช่วง กำลังไฟฟ้า 1-7 W จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และหลังจากช่วง 7 W ขึ้นไป จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก ดังแสดง ในกราฟที่ 3

j5516092

ร.ร.

26197

2553



กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R)
กับกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

จากกราฟที่ 4 แสดงถึงเส้นแนวโน้มของสัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) เทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เมื่อให้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นจะทำให้ สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) มีค่าสูงขึ้น เห็นว่าช่วงกำลังไฟฟ้าที่ 7-10 W จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) ที่มีค่าคงที่ใกล้เคียงกันมาก และเป็นการเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง

จึงสามารถระบุได้ว่า จุดกำลังไฟฟ้าที่ 7 W เป็นจุดที่เหมาะสมที่ทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) มีค่าสูงสุด และประหยัดพลังงานกว่าจุดที่ให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) ที่เท่ากัน

บทที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ (อากาศทางเข้าระบบ = 27 °C)

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนก้อนถ่าน จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นกำลังไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศทางด้านจ่ายลดต่ำลง และผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ มีค่ามากขึ้น เป็นผลมาจากแรงดันไฟฟ้าและ อัตราการไหลของอิเล็กตรอนที่เพิ่มขึ้น ทำให้การดูดกลืนความร้อนของอิเล็กตรอนทางด้านเย็น ไประบายทิ้งทางด้านร้อนมีปริมาณมากขึ้น

5.2 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)

ผลการทดสอบพบว่าการเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบ มีค่ามากขึ้น หรือ อุณหภูมิอากาศจ่ายลดต่ำลง และอุณหภูมิผิวด้านในของโครงสร้างก็ต่ำลงด้วย ภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) จึง มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการคำนวณหาภาระความร้อนผ่านผนัง โครงสร้างในด้านเย็น เราคำนวณโดยใช้สูตรการคำนวณคือ

$$\dot{Q}_x = \frac{kA\Delta T}{L} \quad [W]$$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว K คือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อน, L คือความหนาของผนัง ซึ่งเป็นค่าคงที่ของระบบ ส่วน ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิของผนังด้านในกับผนังด้านนอก จะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ภาระความร้อนผ่านผนัง โครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) มีค่าเพิ่มขึ้น

5.3 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) ของเครื่องต้นแบบ

เมื่อเพิ่มกำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก อิเล็กตรอนสามารถดูดกลืนความร้อนและถ่ายเทความร้อนจากด้านเย็น ไปด้านร้อนได้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและออกทางระบบมีค่ามากขึ้น หรืออุณหภูมิที่อากาศด้านจ่ายที่ลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) หาได้จาก

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_{l.o} (h_i - h_o) \quad [W]$$

ในการทดสอบอัตราการไหลของอากาศมีอัตราการไหลคงที่ เมื่อนำค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ เปิด Psychrometric Chart เราจะได้ค่า Enthalpy (h) เมื่ออุณหภูมิต่ำลงทำให้ค่า Enthalpy (h) มีค่าต่ำลง ดังนั้นผลต่าง Enthalpy (h) จะมีค่าสูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) เพิ่มขึ้น

5.4 กำลังที่ป้อนให้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก กับความสามารถในการพา ความร้อนที่ด้านเย็น

($\dot{Q}_{\text{conv}}$) และ h_m = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

ในการออกแบบ และการคำนวณในครั้งนีเราเ็นึกว่า ความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$) ของระบบส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับการระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) และอีกส่วนคือความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) ที่เราต้องการไปใช้ประโยชน์ จากการเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ผลต่างอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้การระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) และ ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น ค่าการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$) ในการทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$) ยังนำไปคำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อน(h_m) ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะบอกว่าคุณสมบัติของสารทำความเย็นระบบดีหรือไม่ และใช้เปรียบเทียบหากมีการพัฒนาชุดต้นแบบในอนาคตต่อไป สัมประสิทธิ์การพาความร้อน(h_m) ซึ่งคำนวณจากการจัดรูปสมการการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$)ใหม่ พบว่า สัมประสิทธิ์การพาความร้อน(h_m)มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$)

5.5 สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R)

จากการทดสอบชุดต้นแบบพบว่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) และ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ มีอัตราการเพิ่มขึ้นน้อยมาก เมื่อเทียบกับ อัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ระบบ สาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) มีอัตราการเพิ่มน้อยเนื่องจาก เกิดการระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)สูง และแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีขนาดของพื้นที่น้อย จึงทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีเป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นข้อจำกัดในการออกแบบ ทำให้ต้องออกแบบให้พื้นที่ทางออกของอากาศถ่ายมีขนาดเล็ก ความเร็วลมต่ำ เกิดอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอบล์น้อยเพราะถ้าให้พื้นที่ถ่ายอากาศมากขึ้น หรือใช้พัดลมที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้ ไม่สามารถลดอุณหภูมิอากาศทางด้านถ่ายได้ตามที่ต้องการ หรือต้องใช้แหล่งจ่ายที่ให้กำลังไฟสูง

5.6 รูปแบบการพัฒนาและการคำนวณชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

การพัฒนาในชุดต้นแบบเราจะเพิ่มท่อลมส่งลมเย็นมายังผู้ใช้ เพื่อให้ได้รับลมเย็นได้มากขึ้น ใช้ท่อฉนวนยางเป็นท่อลม โดยการคำนวณกำหนดข้อมูล และอ้างอิงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบต่างๆ ต่อไปนี้

สภาวะอากาศภายนอก $T_w = 23.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_b = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$

จาก Psychrometric Chart ได้เอนทัลปี $h_i = 71\text{ kJ/kg}$

สภาวะอากาศภายใน $T_w = 17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_b = 18.9\text{ }^{\circ}\text{C}$

จากไซโครเมตริกชาร์ต ได้เอนทัลปี $h_o = 49\text{ kJ/kg}$

ความหนาแน่นของอากาศ $\rho = 1.184\text{ kg/m}^3$

กำหนดความเร็วลมภายใน $v = 5\text{ m/s}$

ออกแบบเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $D = 0.034\text{ m}$

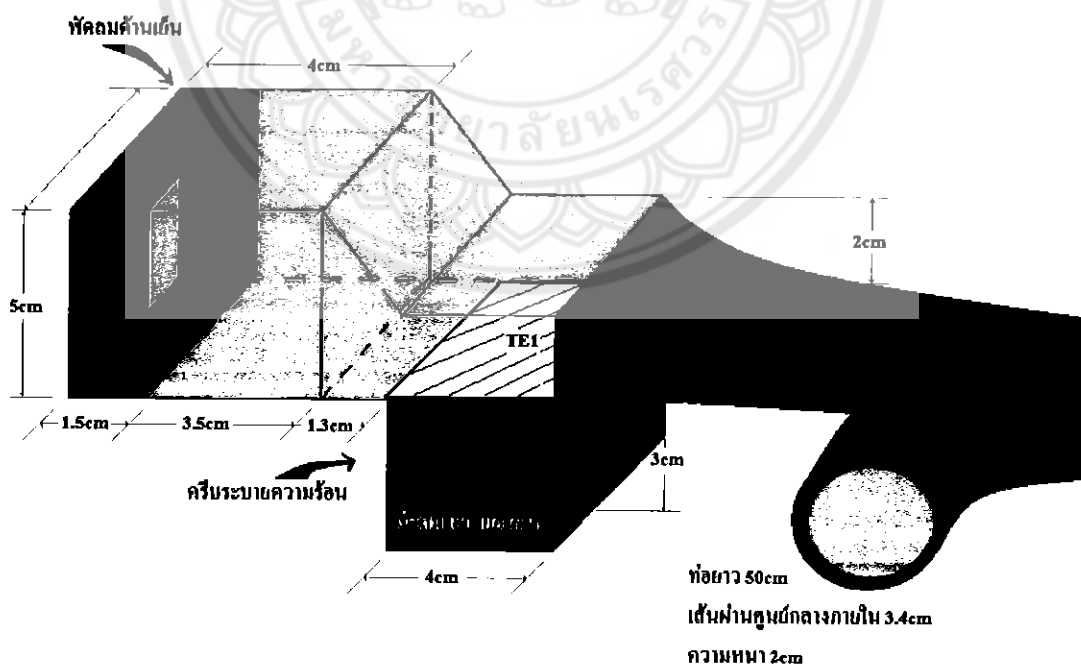
ออกแบบความยาวท่อลม $L_p = 0.5\text{ m}$

ออกแบบความหนาของท่อลม $L_{p,i} = 0.02\text{ m}$

ออกแบบความหนาของโครงสร้าง $L = 0.01\text{ m}$

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อลม $k_1 = 0.03\text{ W/m-K}$

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน โครงสร้าง $k_2 = 0.011\text{ W/m-K}$



รูปที่ 5.1 เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กที่ได้รับการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 1 หาความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$)

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_{l,o} (h_i - h_o) \quad [W] \quad (2.22)$$

หาพื้นที่ทางของโนท่อลมจ่าย $A = \pi (D^2)/4 = \pi (0.034^2)/4 = 0.0009 \text{ m}^2$

หาอัตราการไหลเชิงมวล $\dot{m}_{l,o} = \rho v A = (1.184) (5) (0.0009) = 0.00533 \text{ kg/m}^3$

ดังนั้น ความสามารถในการทำความเย็น

$$\dot{Q}_L = (0.00533) (71-49) = 0.1173 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 2 หาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)

$$\dot{Q}_x = \frac{kA\Delta T}{L} \quad [W] \quad (2.13)$$

หาการะความร้อนผ่านผนังท่อลม

หาพื้นที่ผิวท่อลม $A = \pi (D) (L_p) = \pi (0.034) (0.5) = 0.0534 \text{ m}^2$

สมมติอุณหภูมิท่อลม = อุณหภูมิอากาศจ่าย 18.9°C

$$\dot{Q}_{x1} = [(0.03) (0.0534) (27-18.9)]/0.02 = 0.6488 \text{ W}$$

หาการะความร้อนผ่านผนัง โครงสร้างกระดวย

พื้นที่ผิวด้านข้าง $A = (2) (0.02) (0.04) = 0.0016 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนัง โครงสร้างด้านข้าง $= 23.5^\circ\text{C}$

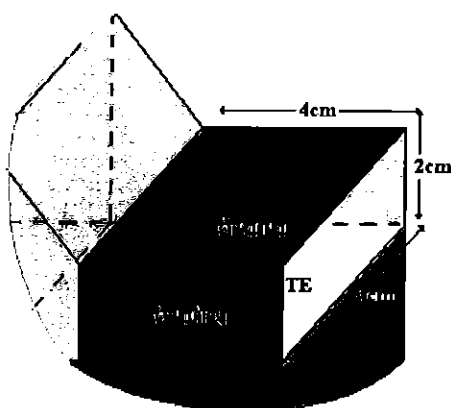
$$\dot{Q}_{x2} = [(0.011) (0.0016) (27-23.5)]/0.01 = 0.0062 \text{ W}$$

พื้นที่ผนังด้านบน $A = (0.04) (0.04) = 0.0016 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนัง โครงสร้างด้านบนเท่ากับ 26°C

$$\dot{Q}_{x3} = [(0.011) (0.0016) (27-26)]/0.01 = 0.0018 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{xT} = \dot{Q}_{x1} + \dot{Q}_{x2} + \dot{Q}_{x3} = 0.6488\text{W} + 0.0062\text{W} + 0.0018\text{W} = 0.6567 \text{ W}$$



รูปที่ 5.2 พื้นที่ในการคำนวณหาการระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างกระดาษ

ขั้นตอนที่ 3 หาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{CONV}}$)

$$\dot{Q}_{\text{CONV}} = \dot{Q}_L + \dot{Q}_{\text{XT}} = 0.1173 \text{ W} + 0.6567 \text{ W} = 0.7740 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 5 หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_m)

จากการทดสอบอุณหภูมิด้านเย็นแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (T_s) เท่ากับ 12°C

พื้นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก $A_s = (0.04)(0.04) = 0.001 \text{ m}^2$

หาได้จากการจัดรูปสมการที่(2.15)

$$\dot{Q}_{\text{CONV}} = h_m A_s (T_\infty - T_s) \quad [\text{W}]$$

ดังนั้น

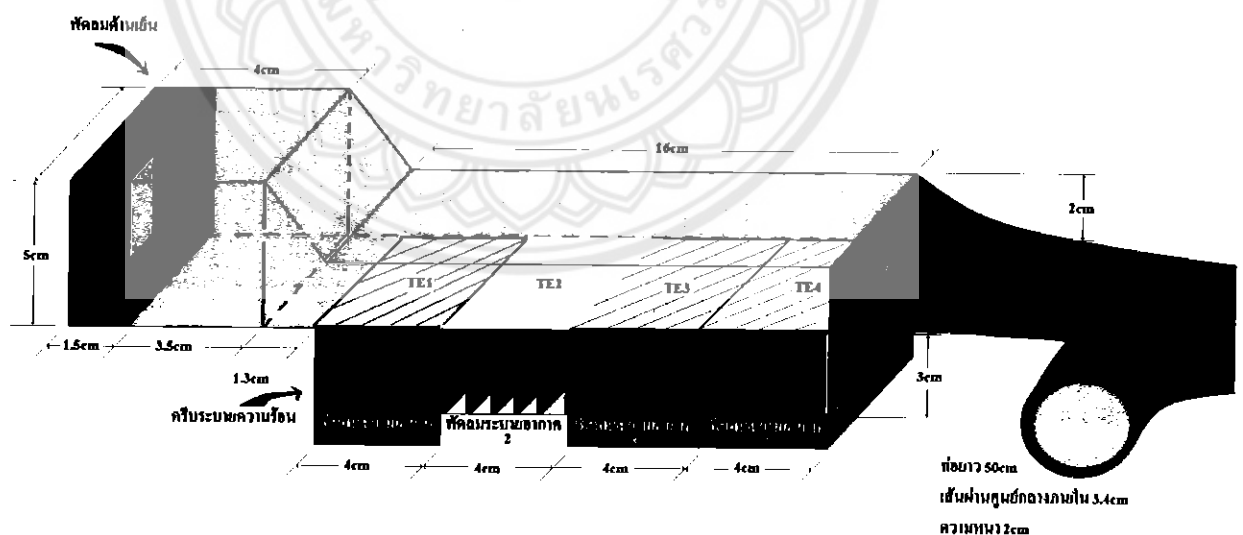
$$h_m = \dot{Q}_{\text{CONV}} / [A_s (T_\infty - T_s)] = 0.774 / [(0.0016)(27-12)] = 32.2496 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

สรุปข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ รูปแบบการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว

ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$)	0.1173 W
การระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)	
การระความร้อนผ่านผนังท่อ	0.6488 W
หาการระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างกระดาษ	0.0080 W
ความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น($\dot{Q}_{\text{CONV}}$)	0.7740 W
หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_m)	32.2496 W/m ² -K

จากข้อมูลการคำนวณจะเห็นได้ว่าพลังงานส่วนใหญ่สูญเสียไปกับการระความร้อนผ่านผนังท่อ ยิ่งความยาวของท่อมักจะทำให้การการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าที่สั้นเกินไปก็จะเป็นการไม่สามารถส่งลมเย็นถึงผู้ใช้ได้ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น (Q_{conv}) ของเครื่อง 0.7740 W เทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบ 0.0566 W หากเราป้อนกำลังไฟฟ้า และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเท่ากับการทดสอบชุดต้นแบบ จะต้องใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ประมาณ 14 แผ่นและความเร็วลมจะต่ำมาก แต่ในการทดสอบชุดต้นแบบในครั้งนี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ในการทดสอบเพื่อหาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็นสูงสุดของเครื่อง ต้องใช้แหล่งจ่ายที่ให้กำลังสูงกว่าการทดสอบชุดต้นแบบในครั้งนี้ หรือต้องใช้แหล่งจ่ายที่สามารถปรับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าได้ ซึ่งกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าเหมาะ ที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น (TM-127-1.4-8.5) ต้องการประมาณ 5 แอมแปร์ 12 โวลต์ ถ้าให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ตามที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต้องการ และเพิ่มอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จะใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกน้อยลง เมื่อเราสามารถหาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็นสูงสุดได้ ก็จะสามารถบอกได้ว่าจะต้องใช้เทอร์โมอิเล็กทริกกี่แผ่น

กรณีที่ต้องใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมากกว่าหนึ่งแผ่น การวางตำแหน่งจะเรียงแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นแถวยาว เพื่อให้อากาศมีเวลาสัมผัสส่อกอยล์มากขึ้น จะทำให้ผลต่างอุณหภูมิอากาศมีค่ามากขึ้น



รูปที่ 5.3 ลักษณะการจัดวางแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็นแถวยาว

เมื่อเพิ่มแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ค่าที่ได้จากการคำนวณบางค่าจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนี้

ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) 0.1173 W

ภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$)

ภาระความร้อนผ่านผนังท่อ 0.6488 W

ขั้นตอนที่1 การคำนวณหาภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างกระดาดใหม่ เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริก
จำนวน 2 แผ่น

พื้นที่ผิวด้านข้าง $A = (2) (0.02) (0.08) = 0.0032 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนังโครงสร้างด้านข้างเท่ากับ 23.5°C

$$\dot{Q}_{x2} = [(0.011) (0.0032) (27-23.5)]/0.01 = 0.0123 \text{ W}$$

พื้นที่ผนังด้านบน $A = (0.04) (0.08) = 0.0032 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนังโครงสร้างด้านบนเท่ากับ 26°C

$$\dot{Q}_{x3} = [(0.011) (0.0032) (27-26)]/0.01 = 0.0035 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{xT} = \dot{Q}_{x1} + \dot{Q}_{x2} + \dot{Q}_{x3} = 0.6488 \text{ W} + 0.0123 \text{ W} + 0.0035 \text{ W} = 0.6647 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่2 หาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$) เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 2แผ่น

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \dot{Q}_{xT} + \dot{Q}_L = 0.6646 \text{ W} + 0.1173 \text{ W} = 0.7819 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่3 หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_m) เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 2 แผ่น

พื้นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก $A_s = (0.04) (0.08) = 0.0032 \text{ m}^2$

$$h_m = \dot{Q}_{\text{conv}} / [A_s (T_\infty - T_s)] = 0.782 / [(0.0032)(27-12)] = 16.2898 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

ขั้นตอนที่1 การคำนวณหาภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างกระดาดใหม่ เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

จำนวน 3 แผ่น

พื้นที่ผิวด้านข้าง $A = (2) (0.02) (0.12) = 0.0048 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนังโครงสร้างด้านข้างเท่ากับ 23.5°C

$$\dot{Q}_{x2} = [(0.011) (0.0048) (27-23.5)]/0.01 = 0.0185 \text{ W}$$

พื้นที่ผนังด้านบน $A = (0.04) (0.012) = 0.0048 \text{ m}^2$

ผลการทดสอบอุณหภูมิผนังโครงสร้างด้านบนเท่ากับ 26 °C

$$\dot{Q}_{x3} = [(0.011) (0.0032) (27-26)]/0.01 = 0.0053 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{xT} = \dot{Q}_{x1} + \dot{Q}_{x2} + \dot{Q}_{x3} = 0.649\text{W} + 0.0185\text{W} + 0.00528\text{W} = 0.6726 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 2 หาความสามารถในการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{\text{conv}}$) เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

จำนวน 3 แผ่น

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \dot{Q}_{xT} + \dot{Q}_L = 0.6726\text{W} + 0.1173 \text{ W} = 0.7898 \text{ W}$$

ขั้นตอนที่ 3 หาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_m) เมื่อใช้เทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 3 แผ่น

$$\text{พื้นที่แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก } A_s = (0.04) (0.12) = 0.0048 \text{ m}^2$$

$$h_m = \dot{Q}_{\text{conv}} / [A_s(T_{\infty} - T_s)] = 0.790 / [(0.0048)(27-12)] = 10.9699 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณเมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

	Q_L	Q_{x1}	Q_{x2}	Q_{x3}	Q_{xT}	Q_{conv}	h_m
แผ่น TE	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W/m ² K]
1	0.1173	0.6488	0.0062	0.0018	0.6567	0.7740	32.2496
2	0.1173	0.6488	0.0123	0.0035	0.6647	0.7819	16.2898
3	0.1173	0.6488	0.0185	0.0053	0.6726	0.7898	10.9699
4	0.1173	0.6488	0.0246	0.0070	0.6805	0.7978	8.3099
5	0.1173	0.6488	0.0308	0.0088	0.6884	0.8057	6.7139
6	0.1173	0.6488	0.0370	0.0106	0.6963	0.8136	5.6499
7	0.1173	0.6488	0.0431	0.0123	0.7043	0.8215	4.8899
8	0.1173	0.6488	0.0493	0.0141	0.7122	0.8294	4.3199
9	0.1173	0.6488	0.0554	0.0158	0.7201	0.8374	3.8766
10	0.1173	0.6488	0.0616	0.0176	0.7280	0.8453	3.5220

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋วสามารถอุณหภูมิอากาศได้ตามสมมติฐานในการออกแบบ คือผลต่างอุณหภูมิอากาศเข้าสู่ชุดต้นแบบ และอุณหภูมิออกชุดต้นแบบประมาณ 5 องศาเซลเซียส ในการทดสอบได้ป้อนไฟฟ้าให้กับระบบจากสองแหล่งจ่าย แหล่งจ่ายแรก ป้อนกำลังไฟฟ้าคงที่ให้กับพัดลมทั้งด้านอากาศจ่ายหรือด้านเย็น และด้านระบายความร้อน แหล่งจ่ายที่สองป้อนกำลังไฟฟ้าโดยการต่อผ่าน ถ่านอัลคาไลน์ AA เพิ่มทีละก้อนต่อกันแบบอนุกรม ทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอากาศที่ออกจากด้านจ่ายของชุดต้นแบบมีอุณหภูมิต่ำลง ในการทดสอบได้ให้กำลังไฟฟ้าแก่ระบบสูงสุด 13.14 W อุณหภูมิทางเข้าของอากาศ 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศจ่าย 18.9 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิตดลง 8.1 องศาเซลเซียส ผลต่างอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าต่างๆเพิ่มขึ้นทุกค่า

โดยค่าสูงสุดที่วัดได้ ของภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) 0.0302 W ความสามารถในการทำความเย็น ($\dot{Q}_L$) 0.0264 W ค่าการพาความร้อนที่ด้านเย็น ($\dot{Q}_{conv}$) 0.0566 W สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_m) 2.3582 W/m²-K และสมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) 0.00201 W/W แต่การเพิ่มขึ้นของค่าสมรรถนะของชุดต้นแบบ (COP_R) ยังถือว่าน้อยมาก เป็นผลมาจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อย ซึ่งทำให้ต้องใช้พัดลมที่มีความเร็วลมต่ำ และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศน้อย ภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น ($\dot{Q}_x$) มีค่าสูงซึ่งต้องได้รับการพัฒนาต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะทางเทคนิคในการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดจิ๋ว

1. ควรคำนวณภาระในการออกแบบ ก่อนไปเลือกซื้อจำนวนเทอร์โมอิเล็กทริก
2. ควรศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับร้านขายเทอร์โมอิเล็กทริก
3. ควรศึกษาเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า
4. ควรมีแหล่งจ่ายไฟ(Power supply) ที่เหมาะสมกับตัวแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
5. ควรมีสถานที่ในการทดลองที่เหมาะสม
6. ควรศึกษาเกี่ยวกับการระบายความร้อนและเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมที่สุด

6.3 ข้อเสนอแนะทางทฤษฎีในการพัฒนาชุดต้นแบบเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

1. ออกแบบเครื่องปรับอากาศโดยกำหนดค่าความต้องการต่างๆ ได้แก่ ลักษณะวัสดุและโครงสร้าง ผลต่างอุณหภูมิอากาศทางเข้าและทางออก ความเร็วลมหรืออัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ เพื่อจะได้หาอัตราในการทำความเย็นของเครื่อง ควรออกแบบโดยให้ภาระความร้อนผ่านผนังโครงสร้างในด้านเย็น มีค่าน้อยที่สุด

2. เลือกแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกให้เหมาะสมกับภาระการทำความเย็นของเครื่อง และศึกษาว่าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ต้องการอุปกรณ์เสริมในการใช้งานหรือไม่ อะไรบ้าง

3. ศึกษาวิธีการระบายความร้อนที่ดีที่สุด และเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนให้มากที่สุด กรณีต้องเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าในการระบายความร้อนหรือใช้ช่วยเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนในด้านเย็นเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความเย็น ต้องพิจารณากำลังไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้อุปกรณ์ให้เหมาะสม เพราะหากต้องเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับระบบมากเกินไปจะทำให้สมรรถนะในการทำความเย็นต่ำลง

4. ในการทดสอบเครื่องควรเลือกแหล่งจ่ายให้เหมาะสมแก่การทดสอบ เพราะแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกแต่ละรุ่นมีความต้องการแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าต่างกัน



บรรณานุกรม

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_effect
2. http://www.me.psu.ac.th/Isme/ME_NETT18/fullpaper/tsf/TSF16.doc
3. <http://student.nu.ac.th/electronic/00008.doc>
4. <http://webstaff.kmutt.ac.th/~ivorthip/TE/>
5. <http://www.tetech.com/Peltier-Thermoelectric-Cooler-Modules.html>

ภัทรารุณ จาริกพานิชย์ และคณะ การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ปี 2552





ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ

กำลังไฟฟ้าโหลด	กระแสไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้า	อุณหภูมิอากาศด้านเย็น		h	อุณหภูมิอากาศด้านร้อน		อุณหภูมิผิว	อุณหภูมิผิวโครงสร้างด้านใน		
[W]	[A]	[V]	WB	DB	[kJ/kg]	WB	DB	DB	ด้านล่าง	ด้านข้าง	ด้านบน
3.54	0.24	0.7	23.5	26.5	70.5	23.4	27.3	24.0	26.5	27.0	27.0
3.54	0.47	1.4	23.0	26.0	68.5	23.5	27.5	21.5	26.3	26.5	27.0
3.54	0.67	2.1	22.4	25.5	66.0	22.8	26.8	19.6	26.0	26.0	26.9
3.54	0.81	2.8	22.0	25.0	64.5	23.5	27.6	17.6	25.5	25.5	26.7
3.54	0.95	3.5	21.5	24.5	63.0	22.5	26.1	16.0	25.1	25.0	26.5
3.54	1.16	4.2	21.2	23.9	62.2	23.2	26.6	15.6	24.5	24.6	26.5
3.54	1.28	4.9	20.7	23.2	59.5	23.5	26.6	14.5	24.0	24.4	26.4
3.54	1.32	5.4	20.0	22.6	57.5	23.7	26.8	14.1	23.7	24.0	26.2
3.54	1.56	6.0	17.8	19.0	50.5	23.1	27.0	12.8	22.0	23.7	26.0
3.54	1.60	6.0	17.5	18.9	49.0	23.2	27.5	12.0	22.0	23.5	26.0

อากาศภายนอก $T_w=23.7^\circ\text{C}$, $T_d=27^\circ\text{C}$, $h=71\text{kJ/kg}$, $m=0.0012\text{kg/}$

ตารางแสดงผลการคำนวณ

กำลังไฟระบบ	กำลังไฟฟ้า (TE)	ΔT	ความร้อนสูญเสียผ่านผนัง Q_u [W]				Q_L	Q_{conv}	$h_{(conv)}$	COP_R	Q_u/m^2
[W]	[W]	[°C]	ด้านล่าง	ด้านข้าง	ด้านบน	รวม	[W]	[W]	[w/m ² -K]	[W/W]	[W/m ²]
3.7080	0.1680	0.5000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0019	0.0006	0.0025	0.5139	0.0002	0.3750
4.1980	0.6580	1.0000	0.0026	0.0012	0.0000	0.0038	0.0030	0.0068	0.7689	0.0007	1.8750
4.9470	1.4070	1.5000	0.0037	0.0023	0.0003	0.0064	0.0060	0.0124	1.0460	0.0012	3.7500
5.8080	2.2680	2.0000	0.0056	0.0035	0.0010	0.0101	0.0078	0.0179	1.1901	0.0013	4.8750
6.8650	3.3250	2.5000	0.0071	0.0046	0.0017	0.0134	0.0096	0.0230	1.3090	0.0014	6.0000
8.4120	4.8720	3.1000	0.0093	0.0055	0.0017	0.0166	0.0105	0.0272	1.4892	0.0013	6.5625
9.8120	6.2720	3.8000	0.0112	0.0060	0.0021	0.0193	0.0138	0.0331	1.6537	0.0014	8.6250
10.6680	7.1280	4.4000	0.0123	0.0069	0.0028	0.0220	0.0162	0.0382	1.8512	0.0015	10.1250
12.9000	9.3600	8.0000	0.0187	0.0076	0.0035	0.0298	0.0246	0.0543	2.3915	0.0019	15.3750
13.1400	9.6000	8.1000	0.0187	0.0081	0.0035	0.0302	0.0264	0.0566	2.3582	0.0020	16.5000

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

นายวินัย กัลยา

วันเกิด 8 กันยายน 2531 ที่อยู่ 92 ม.10 ต.แม่สุ่น อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ 50110

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ จ.เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2546

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนฝางชนูปถัมภ์ จ.เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2549

นายวุฒิพงษ์ พาลี

วันเกิด 5 พฤษภาคม 2531 ที่อยู่ 90 ม.1 ต.นาแซง อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จ.เพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2546

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม จ.เพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2549

นายสมศักดิ์ ศรีแก้ว

วันเกิด 30 กันยายน 2531 ที่อยู่ 129 ม.4 ต.คึกคัก อ.ศีลาแลด จ.ศรีสะเกษ 33160

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนราศีไศล จ.ศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2546

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนราศีไศล จ.ศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2549