

การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชาลี อินทรชัย

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2545

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

บทคัดย่อ

ของ

ชาลี อินทรชัย

25 ส.ย. 2545

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

เมษายน 2545

๖ ๒๕๔๕

ชาลี อินทรชัย. (2545). การทดลองใช้ไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร. ปรินูญานพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อทดลองใช้และหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร โดยใช้ไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 40x40 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร รุ่น TEC1-12704 จำนวน 3, 4 และ 5 ชุด ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แรงดัน 12 โวลท์ กระแส 30 แอมแปร์ ติดตั้งในตู้เย็น และทำการตรวจวัดระดับอุณหภูมิความเย็นที่ได้ใน 24 ชั่วโมง และศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็นใน 3 ด้าน คือด้านกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษา และด้านความปลอดภัย โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการทำความเย็นจำนวน 4 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 1 ท่าน

ผลการทดลองใช้ไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3 ชุด ติดตั้งในตู้เย็น วัดค่าระดับอุณหภูมิความเย็นที่ได้มีค่าเฉลี่ย 16.48 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองใช้ไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 4 ชุด ติดตั้งในตู้เย็น วัดค่าระดับอุณหภูมิความเย็นที่ได้มีค่าเฉลี่ย 10.80 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองใช้ไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 5 ชุด ติดตั้งในตู้เย็น วัดค่าระดับอุณหภูมิความเย็นที่ได้มีค่าเฉลี่ย 6.38 องศาเซลเซียส

สำหรับความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็นไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนแบ่งเป็น

ด้านกายภาพทั่วไป อยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60

ด้านการบำรุงรักษาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30

ด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80

โดยรวมความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็นไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.56 อยู่ในเกณฑ์ดี

สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของไมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3, 4 และ 5 ชุด ที่ติดตั้งในตู้เย็น ขนาดความจุ 53 ลิตร ไม่สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 และไม่สอดคล้องกับสมมุติฐาน

THE EXPERIMENT OF THERMOELECTRIC MODULES ON 53 LITERS
REFRIGERATOR

AN ABSTRACT
BY
CHALIE INTARACHAI

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
April 2002

Chalie Intarachai. (2002). *The Experiment of Thermoelectric Modules on 53 liters Refrigerator*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, Mr. Ophat Sookwan.

The purpose of this research was to try out and investigate the efficiency in making cool of thermoelectric modules on 53 liters refrigerator in using the refrigerator by installing 3, 4 and 5 modules, model TEC1-12704 dimensions of the module are 40 mm. In width and 40 mm. In length with thickness of 4 mm. Its specifications are as follows : operating voltage and current are 12 volt and 30 amp respectively of thermoelectric in it. Measuring of temperature level on 24 hours and to study the suitability in General Physical, Maintenance and Safety. Five experts used the questionnaire, i.e. 4 – Cooling System – Refrigerators 1 – for Electronics.

The measurement of temperature level in the refrigerator by installing 3 modules of thermoelectric in it was in the criteria at the average of 16.48 ° c.

The measurement of temperature level in the refrigerator by installing 4 modules of thermoelectric in it was in the criteria at the average of 10.80 ° c.

The measurement of temperature level in the refrigerator by installing 5 modules of thermoelectric in it was in the criteria at the average of 6.38 ° c.

The suitability in using the Thermoelectric modules refrigerator is of good level at the average of 3.56.

General Physical is in satisfactory level at the average of 3.60.

Maintaining is in fair level at the average of 3.30.

Safety is in satisfactory level at the average of 3.80.

The suitability in using the refrigerator is in satisfactory level at the average of 3.56.

All in the efficiency in making cool of thermoelectric modules on 53 liters by installing 3, 4 and 5 modules was out in accordance with the hypothesis set of Thai Industrial Standard 455-2537 Household Refrigerators in cool level temperature.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

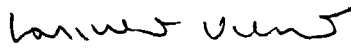
ของ

นายชาลี อินทรชัย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)

วันที่ 12 เดือน ธันวาคม

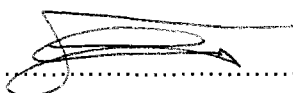
พ.ศ. 2565

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



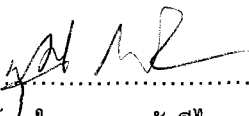
..... กรรมการ

(อาจารย์โอภาส สุขหวาน)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันธกุล)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)

ประกาศคุณูปการ

การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณทุกท่านด้วยความจริงใจ และสำนึกในความกรุณาที่ให้คำแนะนำ เสียสละเวลาให้คำปรึกษา และให้ข้อคิดเสนอแนะการทำปริญญานิพนธ์จนเสร็จตามวัตถุประสงค์ ดังรายชื่อต่อไปนี้ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ชาดา เมี้ยนกำเนิด, ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัฐศุภ แก้ว ศรีสดี และ คุณธีระพงษ์ สมประจบ เป็นผู้ตรวจแบบสอบถามปริญญานิพนธ์ อาจารย์เสรี เพิ่มชาติ, อาจารย์มานิต สุขจินดาเสถียร, อาจารย์สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์, อาจารย์วุฒิกรณ์ จริยตันติเวทย์ และ อาจารย์กิตติ สถาพรประสาธน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญที่กรุณาในการตอบแบบสอบถามปริญญานิพนธ์ ให้ข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความรู้ รวมทั้งทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความสะดวก ในการใช้เครื่องมือ และ อุปกรณ์ในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์สุดใจ เห่งาสีไพร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการร่วมสอบปากเปล่าให้ข้อคิดและช่วยชี้แนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบพระคุณพ่อ-แม่ คุณบุรพคณาจารย์ พี่ เพื่อน น้อง ร่วมรุ่น ร่วมสถาบันที่ให้โอกาสในการทดลอง เพื่อความรู้ความคิดและความกระฉ่างทางการศึกษา

ชาลี อินทรชัย

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานของการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
	ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องทำความเย็น.....	6
	หลักการออกแบบตู้เย็น.....	6
	หลักการทำความเย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน.....	9
	ปรากฏการณ์ไฟฟ้าพลังความร้อน.....	9
	โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	11
	หลักการทำงานของตู้เย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน.....	13
	การถ่ายเทความร้อน.....	15
	การหาภาระการระบายความร้อน.....	17
	เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537	
	ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน.....	20
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
	ศึกษารายละเอียดออกแบบระบบและอุปกรณ์ทำความเย็นของตู้เย็น.....	29
	ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	29
	การสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น ชุดระบายความร้อน การไหลเวียน	
	ของน้ำระบายความร้อน.....	34
	การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น.....	41
	การออกแบบอุปกรณ์ทำความเย็นชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน	
	สำหรับติดตั้งในตู้เย็น.....	41
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง.....	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3 (ต่อ)	วิธีการทดสอบหาประสิทธิภาพความเย็นและการประเมิน	
	ความเหมาะสม.....	43
	วิธีการทดสอบ.....	43
	การประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน.....	45
	การประเมินประสิทธิภาพความเย็นของตู้เย็น.....	45
	การประเมินด้านความเหมาะสมในการใช้งาน.....	45
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
	การวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพของตู้เย็นขนาดเล็ก.....	46
	การวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมในด้านการใช้งาน.....	46
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพการทำความเย็นของตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร.	53
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์	
	ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	65
	นำข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้าน	
	ต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์.....	66
	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ.....	67
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	68
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	68
	ความสำคัญของการวิจัย.....	68
	สมมุติฐานของการวิจัย.....	68
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	68
	สรุปผลการวิจัย.....	69
	อภิปรายผล.....	71
	ข้อเสนอแนะ.....	74
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	74
	บรรณานุกรม.....	75

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก จดหมายขอความอนุเคราะห์ในการตรวจแบบสอบถาม.....	80
ภาคผนวก ข จดหมายขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม.....	83
ภาคผนวก ค ประวัติผู้เชี่ยวชาญ.....	88
ภาคผนวก ง แบบสอบถามเรื่องการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร.....	91
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร.....	97
ภาคผนวก ฉ ภาพของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร.....	108
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	111

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	อุณหภูมิเก็บอาหารในตู้เย็นตาม มอก. 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน.....	20
2	การหาค่าภาระความเย็น.....	30
3	การกำหนดจำนวนชั้นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	33
4	บันทึกค่าอุณหภูมิเทียบกับเวลาและกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับโมดูลไฟฟ้า พลังความร้อนในแผ่นความเย็น 5 ชุด.....	49
5	บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อนจำนวน 5 ชุด ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ (t_1) ที่แผ่นความเย็น.....	51
6	บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อนจำนวน 3 ชุด.....	54
7	บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อนจำนวน 4 ชุด.....	58
8	บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อนจำนวน 5 ชุด.....	62
9	การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูล ไฟฟ้าพลังความร้อน.....	65
10	การวิเคราะห์ด้านกายภาพทั่วไป ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน.....	66
11	การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษา ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน.....	66
12	การวิเคราะห์ด้านความปลอดภัย ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน.....	67

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2 ส่วนประกอบของตู้เย็น.....	7
3 แผนผังการเดินท่อระบบทำความเย็นของตู้เย็น.....	8
4 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seeback Effect).....	9
5 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect).....	10
6 โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (A Thermoelectric Module).....	12
7 การต่อโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนหลายชุดรวมกัน.....	13
8 การทำความเย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน.....	14
9 การทำความเย็นโดยใช้วัตถุกึ่งตัวนำหลายชุด.....	14
10 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในตู้เย็นที่มีการจัดวางฮีวฟอเรเตอร์ต่าง ๆ กัน.....	22
11 ตัวประกอบสมรรถนะของ TEC.....	33
12 แผนระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้ประกอบโมดูล 3, 4, และ 5 ชุด.....	35
13 วงจรไฟฟ้าตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	38
14 วงจรสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายซึ่งใช้กับโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	39
15 วงจรนำระบายความร้อนตู้เย็น.....	40
16 ภาพตัดด้านข้างของตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน.....	41
17 แผงกันลม.....	44
18 การวัดอุณหภูมิของช่องแช่เย็น.....	44
19 ค่าอุณหภูมิต่อเวลาในการทดสอบทำความเย็น.....	49
20 ค่าอุณหภูมิต่อเวลาที่จุดตรวจวัดต่าง ๆ ในการทดสอบความเย็นหลังจาก การแก้ไขปัญหาเรื่องความร้อน.....	53
21 การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกตู้เย็นใช้โมดูล ไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 3 ชุด.....	56
22 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในตู้เย็นใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3 ชุด.....	56

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
23 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้เย็นและอุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำ.....	57
24 การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกตู้เย็นใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน จำนวน 4 ชุด.....	60
25 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในตู้เย็นใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 4 ชุด.....	60
26 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้เย็นและอุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำ.....	61
27 การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกตู้เย็นใช้โมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน จำนวน 5 ชุด.....	64
28 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในตู้เย็นใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 5 ชุด.....	64
29 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้เย็นและอุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำ.....	65
30 ส่วนประกอบของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร.....	102
31 ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในตู้เย็น.....	107
32 ส่วนประกอบของชุดทำความเย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3 ชุด.....	109
33 ตำแหน่งหัววัดอุณหภูมิภายในตัวตู้.....	109
34 ทดสอบอุณหภูมิความเย็นของตู้เย็น.....	110
35 การวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เย็น.....	110

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การทำความเย็นในสมัยก่อนคือ การผลิตน้ำแข็ง แต่ในปัจจุบันการทำความเย็นมีอยู่ในกระบวนการผลิต การเก็บ การจำหน่ายอาหาร อุตสาหกรรมเคมี และกระบวนการทางเคมี การปรับอากาศ การใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น ทางการแพทย์ การก่อสร้าง การอบโลหะ (อัศวเดช สินธุภัก. 2533 : 3) มนุษย์ได้รู้จักหลักการทำความเย็นในระบบต่าง ๆ มาช้านาน ได้แก่ การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง การทำความเย็นโดยใช้การระเหยตัวของน้ำ การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง การทำความเย็นโดยปล่อยให้ไอน้ำระเหยตัว การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก การทำความเย็นในระบบท่อลมวน การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ค การทำความเย็นระบบแอบซอร์ปชัน และการทำความเย็นในระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 34-46) การทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ เป็นที่นิยมใช้แพร่หลายมากในปัจจุบันนับตั้งแต่ตู้เย็น ตู้แช่ ที่ใช้ในบ้านเรือน เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก จนถึงเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และ ศูนย์การค้า ในระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอนี้ใช้สารทำความเย็นฟรอน ซึ่งจะประกอบด้วย สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon) หรือซีเอฟซี (CFC_s) ซีเอฟซี เป็นแก๊สตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ถ้ารั่วไหลออกไปในบรรยากาศ จะมีส่วนทำให้โลกร้อนขึ้นจากเดิมถึงร้อยละ 15-20 ในจำนวนแก๊สเรือนกระจกทั้งหมด ซีเอฟซียังเป็นตัวทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศให้รังสีอัลตราไวโอเลตตกลงสู่พื้นดินมากขึ้น ทำให้โลกร้อนเพิ่มขึ้นอีก (เดอ เอิร์ท เวอร์ค กรุ๊ป. 2534 : 12) จากการทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศของซีเอฟซีทำให้เกิดหลุมโอโซนเกิดขึ้น ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก เช่น คนทำให้ผิวหนังไหม้ ตาพร่า เป็นดื้อทำให้ตาบอดได้ ผิวหน้าเหี่ยวย่นก่อนวัย ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง ภูมิคุ้มกันโรคลดลง สารกรรมพันธุ์หรือดีเอ็นเอถูกทำลาย นอกจากนี้ทำให้พืชมีผลผลิตลดลง แพลงตอนพืชและสัตว์จะได้รับผลกระทบต่าง ๆ ในการเจริญเติบโต ซึ่งมีผลกระทบเมื่ออุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2538 : 11-12)

ในการประชุมระดับนานาชาติที่ลอนดอนได้มีการทำสนธิสัญญาให้ประเทศที่พัฒนาแล้วยกเลิกการผลิตและการใช้สารซีเอฟซีทั้งหมดภายในปี พ.ศ. 2543 ซึ่งเป็นผลดีทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกลดน้อยลง (สุนทร ลัภกิจโร. 2534 : 88 ; กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2538 : 20) ผลสำเร็จจากการควบคุมและใช้สารทำลายชั้นโอโซน คือ การค้นคว้าและพัฒนาหาสารทดแทนได้แก่ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon) หรือเอชซีเอฟซี (HCFC_s) หรือ HFC-134a ใช้ทำความเย็นในอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศและตู้เย็น เป็นต้น สำหรับสารเอชซีเอฟซีนั้นเป็นสารทดแทนที่คิดค้นและพัฒนาในพ.ศ. 2534 - 2536 (Salas, Carl E. & Marianne. 1992 : 110-113) ซึ่งในปัจจุบันได้กำหนดให้เลิกผลิตและใช้สารนี้ภายใน วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2573 เนื่องจากสารในกลุ่มนี้ยังมีค่าศักยภาพในการทำลายชั้นโอโซนอยู่ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2540 : 16)

การลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในด้านการทำความเย็นนั้น ทำให้ผู้วิจัยต้องการค้นหาแนวทางในการลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากหลักการใช้คอมเพรสเซอร์อัดไอ มาใช้หลักการไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric) (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. 2540 : 166) ซึ่งหลักการไฟฟ้าพลังความร้อนนี้ได้ถูกพัฒนาประยุกต์ใช้มากที่สุดในรูปของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ค้นพบโดยซีเบค (Seebeck) ในปัจจุบันสามารถพัฒนาประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานสูงขึ้น โดยได้นำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้อย่างหนึ่ง (กมล ธรรมบุตร. 2536 : 14) การทำความเย็นโดยใช้หลักการไฟฟ้าพลังความร้อนที่เป็นผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน คือ ตู้น้ำอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนทำความเย็นน้ำระดับอุณหภูมิความเย็นที่ทำได้ต่ำสุด คือ 3 องศาเซลเซียส ที่ขนาดบรรจุน้ำ 5 ลิตร โดยใช้การระบายความร้อนเป็นแผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้า (บริษัทเนเซอรัล อิเล็กทริกส์ อิมพอร์ต เอ็กซ์พอร์ต. 2541 : แผ่นพับ) อุปกรณ์สอบเทียบอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์มีช่วงการวัดอุณหภูมิที่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส (บริษัท ท.ทวีพัฒนา. 2542 : 55) โดยใช้การระบายความร้อนสู่แผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้า และอุปกรณ์กระติกเย็น (Cool Box) ใส่อินซูลินทางการแพทย์แบบหิ้วได้ ขนาดความจุ 30 มิลลิลิตร ทำความเย็นได้ 5 องศาเซลเซียส การระบายความร้อนเป็นแผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้า (Uemura,K.I. 1995 : 650) ซึ่งเป็นการทำความเย็นในพื้นที่ขนาดเล็ก เมื่อนำมาใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้นต้องใช้เวลาทำความเย็นนานกว่า เช่น กล่องเย็น (Coolerbox) และตู้เย็นในรถยนต์นั้นโดยใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ถ้านำระบบนี้มาใช้ทำความเย็นในตู้เย็นขนาดเล็กในอาคารบ้านเรือนมีพื้นที่ทำความเย็นเป็นอากาศจะได้ค่าความเย็นไม่ต่ำเพียงพอ เนื่องจากค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้าจะสูงกว่าการใช้ของเหลวหล่อเย็น (Uemura,K.I. 1995 : 628) ทำให้ต้องเปลี่ยนระบบการระบายความร้อนให้กับชุดโมดูล เพื่อให้ได้ค่าความเย็นเพิ่มขึ้น จากผลิตภัณฑ์ข้างต้นจะเห็นว่าเป็นการทำความเย็นในพื้นที่เล็กเมื่อนำมาใช้ในพื้นที่ใหญ่ขึ้น เช่น ในตู้เย็นเล็กขนาดปริมาตรความจุ 53 ลิตร เวลาในการทำความเย็นจะนานขึ้น เมื่อมีปริมาตรมากขึ้น และระดับอุณหภูมิความเย็นจะทำได้ต่ำไม่พอเพียง ต้องใช้ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนหลายชุดมาต่อใช้งานร่วมกัน (เสกสิทธิ์ คำชมภู. 2539 : 99) ในด้านการระบายความร้อนของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เมื่อใช้ชุดโมดูลหลายชุดจะทำให้ความร้อนสะสมที่แผ่นระบายความร้อนมากขึ้น ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจะน้อย มีผลให้ระดับความเย็นภายในตู้เย็นน้อย การระบายความร้อนด้วยน้ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ 0.005 ถึง 0.15 องศาเซลเซียสต่อวัตต์ (Marlow Industries. 1998 : 2)

จากการศึกษานี้ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาพัฒนาตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในการทำความเย็นแทนการใช้สารซีเอฟซี โดยการใช้ชุดโมดูลเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ระดับอุณหภูมิลดลง และปรับเปลี่ยนระบบระบายความร้อนด้วยน้ำประกอบพัดลมไฟฟ้า สามารถนำมาใช้กับตู้เย็นขนาดเล็ก และค่าระดับอุณหภูมิความเย็นที่ตรวจวัดได้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงระบบทำความเย็น เพื่อให้ความเย็นในการปรับอากาศ การใช้ความเย็นในงานเฉพาะด้าน การใช้ความเย็นในการถนอมอาหาร และมีส่วนลดปัญหาสิ่งแวดล้อมลงได้ในระดับหนึ่ง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองใช้และหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร
2. เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็น

ความสำคัญของการวิจัย

สามารถใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนกับตู้เย็นขนาด 53 ลิตรได้ เพื่อช่วยปรับปรุงระบบทำความเย็นแทนแบบใช้สารซีเอฟซีได้ในระดับหนึ่ง และช่วยลดมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำความเย็นโดยการใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เบอร์ TEC1-12704 ของบริษัทเทอร์โมนามิก อิเล็กทรอนิกส์ (Xiamen) จำกัด ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ในตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้อุปกรณ์ประกอบตู้ของเดิมทั้งหมด ยกเว้นคอมเพรสเซอร์ทำความเย็นและอีวาพอเรเตอร์ มีปริมาตร 53 ลิตร (1.9 ลูกบาศก์ฟุต) ใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำปริมาตร 1.60 ลิตรต่อนาที ขนาดท่อน้ำ 6.40 มิลลิเมตร ประกอบพัดลมไฟฟ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที และใช้พัดลมไฟฟ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที กระจายความเย็นภายในตู้เย็น ตัวแปรที่ศึกษาเป็น

ตัวแปรต้น ได้แก่ จำนวนโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 3,4 และ 5 ชุด

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน
2. ความเหมาะสมด้านการใช้งานของตู้เย็น แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ
 - 2.1 ด้านกายภาพทั่วไป
 - 2.2 ด้านการบำรุงรักษา
 - 2.3 ด้านความปลอดภัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Module)

หมายถึง การใช้สารกึ่งตัวนำสองชนิดมาตึงปลายติดกันแล้วต่อกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้เกิดความเย็นและความร้อนมากขึ้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำสองชนิดมาต่ออนุกรมมากขึ้น ทำให้เกิดความเย็นและความร้อนมากขึ้น เรียกว่า โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งในการใช้งานจะติดตั้งแผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้าทางด้านเย็น ทางด้านร้อนติดตั้งชุดระบายความร้อนด้วยของเหลว (Liquid Heat Exchangers) ประกอบพัดลมไฟฟ้า ในการทดลองครั้งนี้ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนเบอร์ TEC1-12704 ของบริษัท Thermonamic Electrics (Xiamen) CO.,Ltd.

ตู้เย็น

หมายถึง ตู้กรุ่นความร่อนที่มีอุปกรณ์และปริมาตรความจุ 53 ลิตร สำหรับใช้ในบ้าน มีเครื่องทำความเย็นด้วยพลังงานไฟฟ้า มีช่องเก็บอาหารตั้งแต่ 1 ช่อง ขึ้นไป นำมาติดตั้งชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน มีชุดระบายความร้อนด้วยน้ำและแผ่นระบายความร้อนประกอบพัดลมไฟฟ้า รวมทั้งปั้มน้ำและถังเก็บน้ำ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ตู้เย็นปริมาตรความจุภายใน 53 ลิตร (1.90 ลูกบาศก์ฟุต) ประเภท 1 ประตู ขนาดกว้าง 470 มิลลิเมตร ลึก 525 มิลลิเมตร สูง 490 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพ

หมายถึง ความสามารถในการทำความเย็นของตู้เย็นขนาด 53 ลิตร โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่พัฒนาขึ้นทำงานได้ในระดับอุณหภูมิแช่เย็น โดยสามารถทำความเย็นใน 24 ชั่วโมง ในระดับอุณหภูมิเก็บอาหารของช่องแช่เย็นที่อุณหภูมิหัววัด ภายในตัวตู้ที่ตำแหน่ง t_1, t_2 และ t_3 เท่ากับ $0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย t_m สูงสุดเท่ากับ +5 องศาเซลเซียส

ความเหมาะสมด้านการใช้งาน

หมายถึง ความเหมาะสมของตู้เย็นจากการใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ติดตั้ง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านกายภาพทั่วไป

หมายถึง ลักษณะของอุปกรณ์ทำความเย็นจากการใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ติดตั้งกับตัวตู้ มีความเหมาะสมสวยงาม แข็งแรง และสะดวกในการติดตั้ง

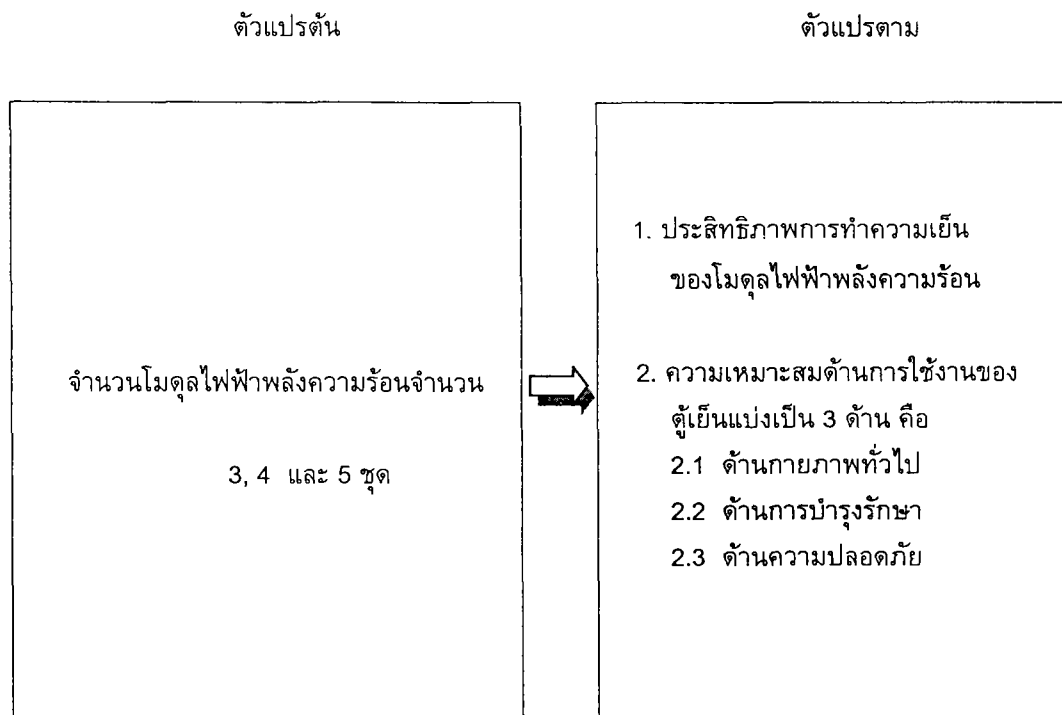
2. ด้านการบำรุงรักษา

หมายถึง การดูแลทำได้สะดวกและง่าย ในการทำความสะอาดเปลี่ยนอะไหล่และชิ้นส่วน

3. ด้านความปลอดภัย

หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าวงจรอิเล็กทรอนิกส์และระบบระบายความร้อนที่ติดตั้งกับตัวตู้ ทำให้ผู้ใช้งานมั่นใจในการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นได้อย่างปลอดภัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวนโมดูล 3,4 และ 5 ชุด ที่ใช้กับตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้านในระดับอุณหภูมิแช่เย็น
2. ตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ที่ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนมีความเหมาะสมด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องทำความเย็น
2. หลักการทำความเย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน
3. เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องทำความเย็น

หลักการเบื้องต้นของการทำความเย็นเพื่อรักษาอุณหภูมิของสิ่งที่ต้องการทำความเย็นให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของบรรยากาศโดยรอบ โดยอาศัยสารตัวกลาง (น้ำยา) เป็นพาหนะนำความร้อน (ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. 2523 : 1) ตู้เย็นจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องทำความเย็นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในแทบทุกครัวเรือน สำหรับเก็บรักษาอาหาร เช่น เนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ไม่ให้เน่าเสีย ตลอดจนใช้ทำน้ำแข็งและแช่น้ำให้เย็นสำหรับดื่ม (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 183)

1.1 หลักการออกแบบตู้เย็น

ตัวแทนสำคัญของอุปกรณ์การแช่เย็น คือ ตู้เย็น ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องเก็บรักษาความเย็นไว้ เช่น เครื่องแช่เย็น (Refrigerating Machine) ทำหน้าที่ถ่ายความร้อนออกจากอาหาร และเก็บรักษาความเย็นของอาหารแช่เย็นให้คงสภาพไว้โดยป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาจากภายนอก เพื่อให้ไม่ให้อุณหภูมิภายในขึ้นสูง การที่เครื่องสามารถดึงความร้อนออกมาได้ เพราะอุณหภูมิของเครื่องต่ำกว่าอุณหภูมิของวัตถุที่ต้องการจะดึงความร้อนออก อุปกรณ์ที่ใช้ทำความเย็น คือ คอมเพรสเซอร์ (ธนาวุธ จารุทัศน์. 2522 : 10-11)

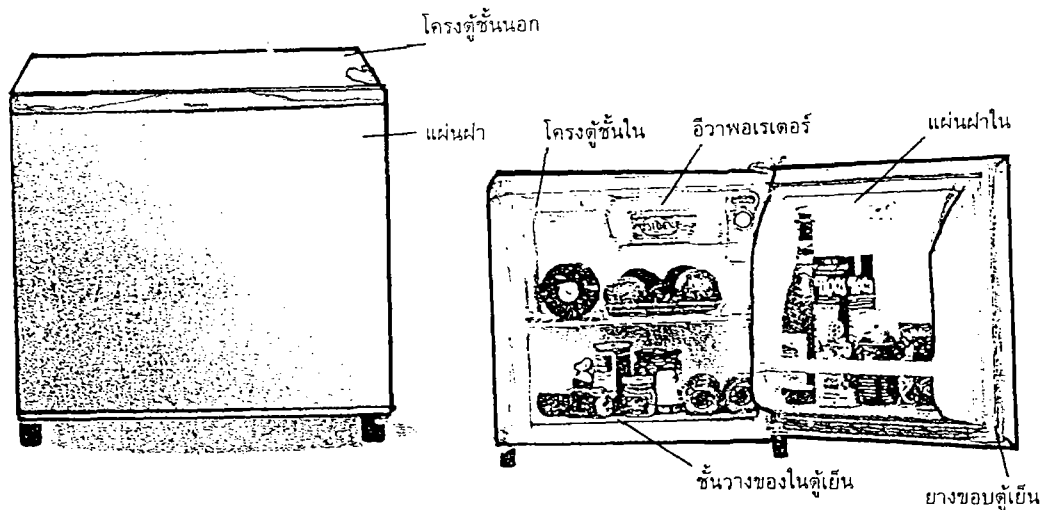
ก่อนปี พ.ศ. 2506 ตู้เย็นที่ใช้ในประเทศไทย ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งหมด เมื่อมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น รัฐบาลจึงส่งเสริมให้มีโรงงานผลิตในประเทศ เพื่อทดแทนการนำเข้า อุตสาหกรรมนี้ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วทดแทนการนำเข้าได้เป็นส่วนใหญ่ ทุกวันนี้การผลิตตู้เย็นในประเทศ สามารถทำได้กว่าร้อยละ 90 และยังส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศ (อุตสาหกรรมสาร. 2537 : 45-54)

ตู้เย็นมีขนาดต่าง ๆ กัน ตู้เย็นที่ใช้จะมีขนาดเล็กตั้งแต่ 1.5 ลูกบาศก์ฟุต (42.45 ลิตร) ถึงขนาดใหญ่ 30 ลูกบาศก์ฟุต (849 ลิตร) (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 183-190)

ในงานวิจัยการทำความเย็นโดยใช้หลักการไฟฟ้าพลังความร้อนนี้จะใช้ตู้เย็นขนาดปริมาตรความจุ 53 ลิตร (1.9 ลูกบาศก์ฟุต)

1.1.1 ส่วนประกอบของตู้เย็น ดังภาพประกอบ 2

1.1.1.1 โครงตู้ชั้นนอกและแผ่นฝา ทำจากเหล็กแผ่น (Steel Sheet) พับขึ้นรูป และผ่านกรรมวิธีป้องกันสนิม อบความร้อน ฟันสีรองพื้น ชนิด Thermosetting Acrylic amino resin



ภาพประกอบ 2 ส่วนประกอบของตู้เย็น

1.1.1.2 โครงตู้ชั้นในและฝาใน ทำจากพลาสติก High Impact Polystyrene (HI-PS) หรือ ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) มีน้ำหนักเบาไม่เป็นสนิม

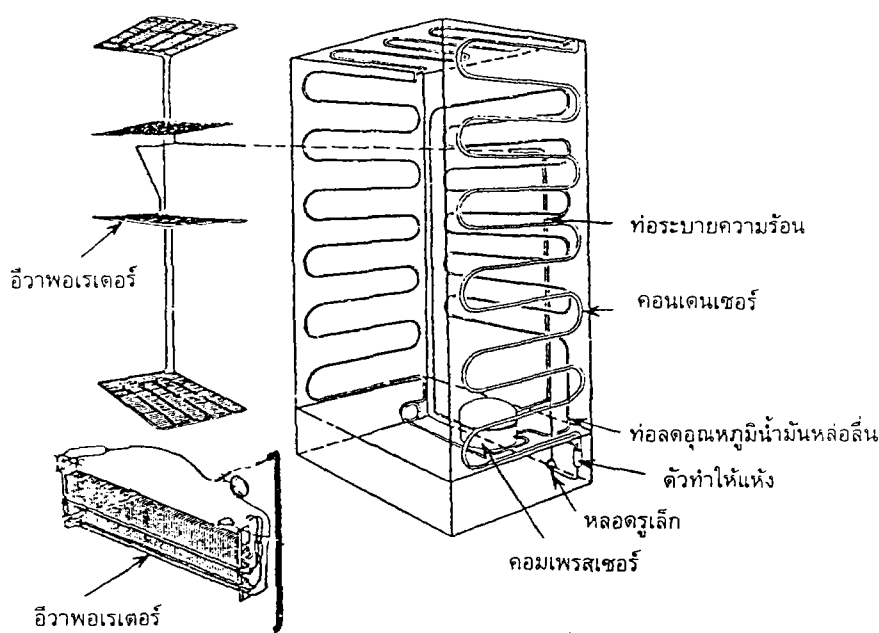
1.1.1.3 ฉนวนกันความร้อน เป็นวัสดุที่ใช้กันระหว่างโครงตู้ชั้นนอกและชั้นในของตู้เย็นทำจากโฟมแผ่นหรือโฟมฉัด (Rigid Polyurethane Foam) ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนจากภายนอกตู้ ไม่ให้ถ่ายเทเข้าภายในตู้ รักษาระดับความเย็นภายในตู้ให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการเสมอ ตู้เย็นทั่วไปจะมีฉนวนหนาประมาณ 30-35 มิลลิเมตร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2539 : 13)

1.1.1.4 ยางขอบตู้เย็น ใช้ยาง Polyvinyl Chloride ช่วยให้ตัวตู้กับประตูหรือฝาตู้ปิดสนิทป้องกันไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้า-ออก ซึ่งจะทำให้ความเย็นลดน้อยลงจะมีเส้นแม่เหล็กสอดอยู่ภายในยางเพื่อให้ยางแนบกับตัวตู้ดีขึ้น

1.1.1.5 ชั้นวางของภายในตู้เย็น เป็นตะแกรงโปร่ง ให้ความเย็นสามารถถ่ายเทได้ ใช้วัสดุที่ไม่เป็นสนิม

1.1.1.6 คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์หลักทำหน้าที่ดูดและอัดน้ำยาทำความเย็น (CFC_s) โดยดูดน้ำยาที่มีสถานะเป็นแก๊ส อุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำ จาก อีวาพอเรเตอร์เข้ามอัดเป็นแก๊สที่มีอุณหภูมิสูง และความดันสูงขึ้นส่งไปยังคอนเดนเซอร์ ปกติคอมเพรสเซอร์ตู้เย็นจะบรรจุอยู่ภายในตัวเรือนเดียวกับมอเตอร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่ใช้คอมเพรสเซอร์ แต่ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนทำความเย็นแทน

1.1.1.7 คอนเดนเซอร์ สำหรับตู้เย็นเป็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยใช้ท่อทองแดงขดไปมาด้านหลังตัวตู้เย็น ในปัจจุบันจะติดตั้งด้านในของโครงตู้ชั้นนอก โดยใช้ผืนผ้าของตู้เย็นเป็นตัวระบายความร้อนไปในตัว ดังภาพประกอบ 3 แผนผังการเดินท่อระบบทำความเย็นของตู้เย็น (ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. 2539 : 112)



ภาพประกอบ 3 แผนผังการเดินท่อระบบทำความเย็นของตู้เย็น

1.1.1.8 อีวาพอเรเตอร์ เป็นส่วนที่ติดตั้งไว้ในตู้ทำความเย็น โดยมีพัดลมเป่าลมเย็นให้หมุนเวียนภายในตู้

2. หลักการทำความเย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Cooling)

หลักการทางฟิสิกส์ในการทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบตั้งแต่ปีพ.ศ. 2377 เป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ในระบบนี้ใช้อิเล็กตรอนเป็นตัวกลางในการทำความเย็นแทนที่จะใช้น้ำยาเป็นตัวกลาง (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 38) ซึ่งเป็นที่มาของปรากฏการณ์ไฟฟ้าพลังความร้อน

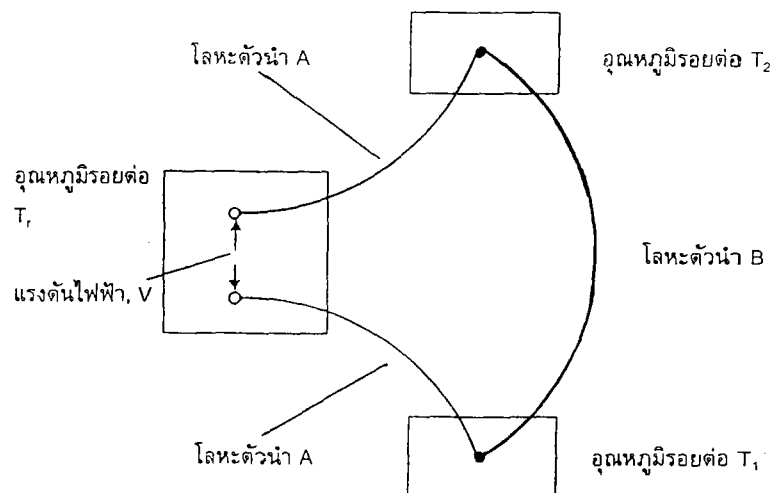
2.1 ปรากฏการณ์ไฟฟ้าพลังความร้อน

เป็นการศึกษาถึงปฏิกิริยาของอุณหภูมิที่แตกต่างกันและแรงดันไฟฟ้าในของแข็ง หรือของเหลวในส่วนย่อย ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความร้อนไปเป็นไฟฟ้า และเปลี่ยนจากไฟฟ้าเป็นความร้อน (Ure, Roland W. 1990 : 653 – 654)

มี 2 ปรากฏการณ์หลักของไฟฟ้าพลังความร้อน คือ ซีเบค (Seebeck) และ เพลเทียร์ (Peltier) ผลของการศึกษาปรากฏการณ์นี้ได้นำไปใช้ในวิทยาศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์ ใช้ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ระบบทำความร้อน และทำความเย็น และผลิตพลังงานไฟฟ้าจากความร้อน

2.1.1 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

ถ้าให้ปลายด้านหนึ่งของตัวนำความร้อนซึ่งจะร้อนกว่าปลายอีกด้านหนึ่ง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำ เรียกว่าปรากฏการณ์ซีเบค มีหลักการอยู่ว่ากระแสไหลหรือแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ซีเบค มาจากการรวมวงจรของวัตถุตัวนำ 2 ชนิด ซึ่งแตกต่างกัน ชนิด A และ B ในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ปรากฏการณ์ซีเบค (Seebeck Effect)

ค่าระดับอุณหภูมิรอบ ๆ รอยต่อ ในรูปจะเป็น T_1, T_2, T , เมื่อวัตถุตัวนำ A, B ต่อตามรูป ทำให้อุณหภูมิที่ T_1, T_2 แตกต่างกัน เมื่อแรงดันไฟฟ้า (V) ถูกป้อนเข้าไป เรียกว่าแรงดันไฟฟ้าซีเบค เมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันเล็กน้อย แรงดันไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิที่ต่างกันนั้นคือ

$$V = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ α เป็นค่าประสิทธิผลซีเบคของวัตถุตัวนำ A และ B (Volts / K)

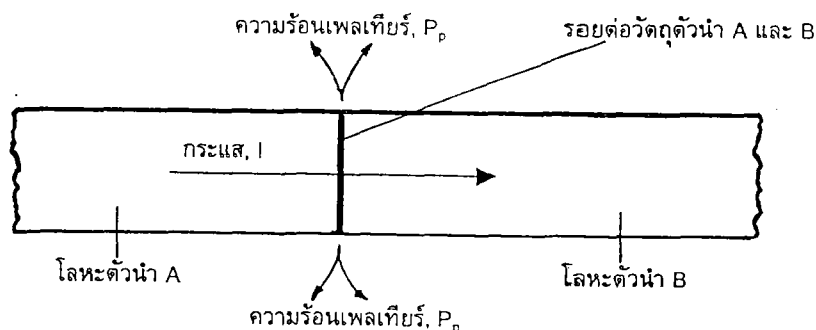
V เป็นแรงดันไฟฟ้า (Volts)

T_2, T_1 เป็นอุณหภูมิคู่ควมความร้อนด้านร้อนและเย็น (K)

แรงดันซีเบคปรากฏเป็นอุณหภูมิ T_1 และ T_2 ที่รอยต่อทั้ง 2 ที่จุด A, B และบนลวดตัวนำ ทั้ง 2 ที่ใช้อยู่ แรงดันจะไม่เปลี่ยน ถ้าอุณหภูมิ T , เปลี่ยน โดยที่ขนาดของตัวนำ A, B ไม่มีผลต่อแรงดันที่ปรากฏ

2.1.2 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

ถ้าให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ที่ปลายด้านหนึ่งของตัวนำจะเย็นและปลายอีกด้านหนึ่งจะร้อน เป็นผลจากปรากฏการณ์เพลเทียร์ เป็นหลักในการผลิตความเย็นและความร้อน ปรากฏการณ์นี้เป็นผลสำเร็จโดยใช้ส่วนประกอบของตัวนำที่ใช้ตัวนำที่แตกต่างกัน 2 ชนิด เมื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลในทางเดียวผ่านรอยต่อของตัวนำ 2 ชนิด ที่แตกต่างกัน A และ B ความร้อนจะถูกดูดกลืนเป็นอัตรากับกระแส ถ้าการไหลของกระแสวนกลับ ความร้อนจะถูกดูดกลืนลง ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect)

ความร้อนเพลเทียร์จะถูกกลืนหรือหยุดไว้ในบริเวณรอยต่อระหว่างตัวนำ 2 ชนิด ค่าความร้อนเพลเทียร์จะได้โดย

$$P_p = \Pi_{AB} J_{AB}$$

เมื่อ P_p คือ ค่าของความร้อนเพลเทียร์ที่ผลิตต่อหน่วย ในพื้นที่ตัดขวางของรอยต่อ (Watts)

Π_{AB} คือ ค่าสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ (Volts)

J_{AB} คือ ความหนาแน่นของกระแสที่เป็นไปตามวัตถุ A ถึง วัตถุ B (Amperes)

ค่าความร้อนเพลเทียร์เป็นส่วนสำคัญจากค่าความร้อนจูล ค่าความร้อนจูลจะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่การไหลของกระแสไฟฟ้า ค่าความร้อนจูลจะหยุดให้โดยตัวนำ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางการไหลของกระแสและจะหยุดให้ตลอดของวัตถุตัวนำ

ค่าความร้อนจูล (Joule Heat) , P_j จะให้โดย

$$P_j = \rho J^2$$

เมื่อ J คือค่าความหนาแน่นของกระแส (Amperes)

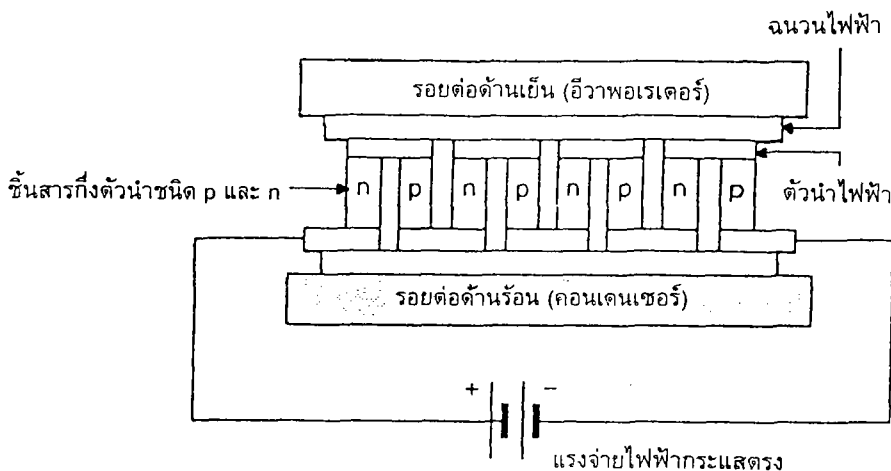
ρ คือความต้านทานของวัตถุ (Ohms)

(Ure, Roland W. 1990 : 653)

2.2 โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Module)

ในปัจจุบันมีความเป็นไปได้ที่จะทำความเย็นโดยใช้ปรากฏการณ์เพลเทียร์ โดยใช้วัตถุที่เรียกว่าสารกึ่งตัวนำ (Semi Conductor) เข้ามาแทนที่โลหะที่ทำรอยต่อ โลหะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าสารกึ่งตัวนำ แต่การนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำจะดีกว่าฉนวนเช่นกันกับแก้วหรือยาง สารกึ่งตัวนำจะมีสภาพระหว่างโลหะและฉนวน ทำให้สามารถที่จะนำไฟฟ้า โดยปกติแล้วใช้ซิลิกอนเป็นสารกึ่งตัวนำ และรวมเป็นวงจรเรียกว่าซิลิคอนชิป (Silicon Chips) ใช้ในการทำคอมพิวเตอร์ เครื่องทำความเย็นที่ผลิตโดยปรากฏการณ์เพลเทียร์เรียกว่าเครื่องทำความเย็นไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric Refrigeration)

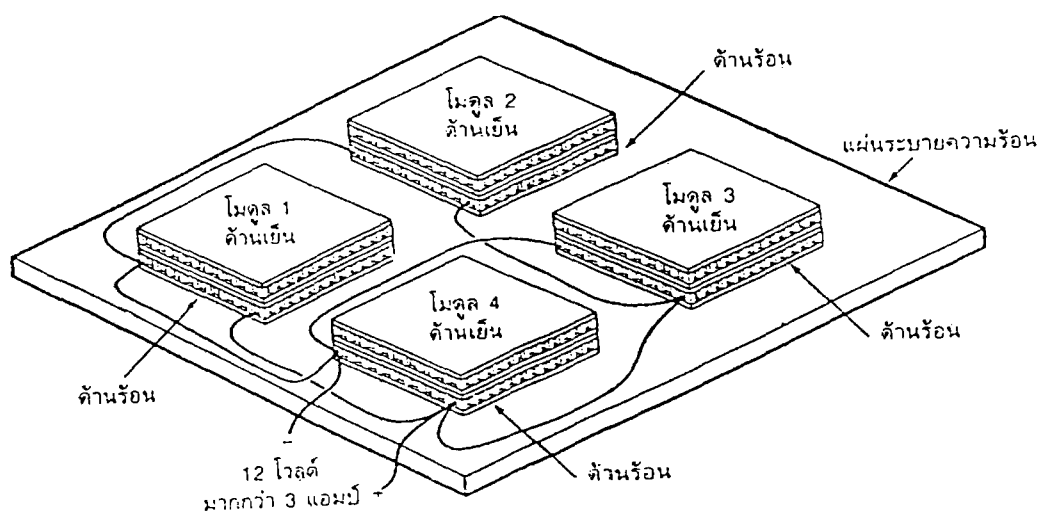
สารกึ่งตัวนำบิสมัท เทลลูไรด์ (Bismuth Telluride) ถูกใช้ในเพลเทียร์แบบใหม่ หรือ เครื่องทำความเย็นไฟฟ้าพลังความร้อน สารบิสมัท เทลลูไรด์ จะถูกเจือปนในทางเคมี เพื่อให้เกิดสาร 2 ชนิด คือ ชนิดเอ็น(n-type) และชนิดพี(p-type) ชนิดเอ็นจะมีอิเล็กตรอนตัวนำมากกว่า สารบิสมัท เทลลูไรด์บริสุทธิ์ และชนิดเอ็นจะมีพาหะประจุบวกมากกว่า พาหะประจุที่เล็กจะรวมตัวเป็นอนุภาคเคลื่อนที่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าอิเล็กตรอนเป็นพาหะนำประจุลบ รอยต่อคู่ความความร้อน (Thermocouple Junction) จะถูกทำโดยการต่อสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric : TE modules) จะประกอบขึ้นด้วยจำนวนของตัวคู่ความความร้อน ดังภาพประกอบ 6 (Cook, N. 1995 : 60-61)



ภาพประกอบ 6 โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (A Thermoelectric Module)

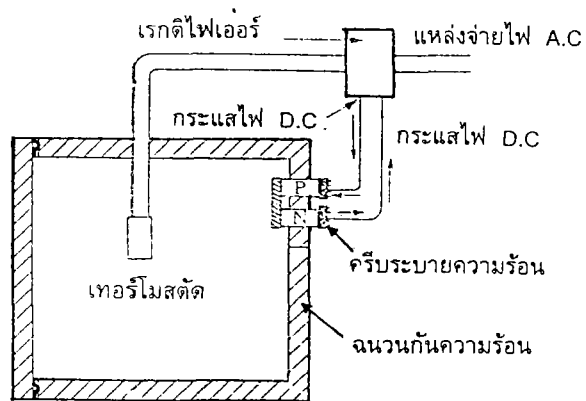
โมดูลเป็นอุปกรณ์โซลิตัสเตท จำนวนของเทอร์โมคัปเปิลในโมดูล จะแปรเปลี่ยนไปจากประมาณ 3 ถึง 100 กว่าชิ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนขนาดของความต้องการทำให้เย็น ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของการใช้หลักการไฟฟ้าพลังความร้อนในการทำทำความเย็น เช่น ซ่อมบำรุงง่าย ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว ไม่มีส่วนทำลายชั้นโอโซนของโลก

ขนาดของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนนั้นมีขนาดตั้งแต่ 6-150 วัตต์ หากต้องการปริมาณความเย็นมาก ต้องใช้โมดูลหลาย ๆ แผ่น มาต่อใช้งานร่วมกัน โดยการต่อโมดูลในลักษณะอนุกรมกันดังภาพประกอบ 7 โดยที่ขั้วรับแรงดันไฟจะต่อขนานกัน (เศกสิทธิ์ คำชมภู. 2539 : 99)



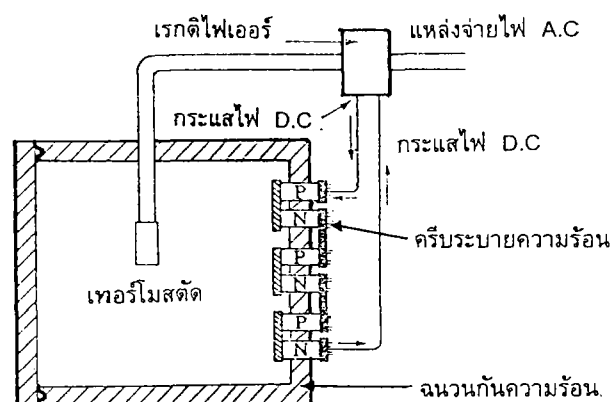
ภาพประกอบ 7 การต่อโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนหลายชุดร่วมกัน

2.3 หลักการทำงานของตู้เย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน จากภาพประกอบ 8 แสดงถึงหลักการทำงานของตู้เย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน ที่สามารถถ่ายเทความร้อนจากภายในบริเวณที่มีอุณหภูมิความร้อนล้อมรอบ ดูดรับความร้อนด้วยตัวกลางที่เรียกว่าอิเล็กตรอนนำออกไปถ่ายเทยังภายนอกตู้เย็น และเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการดูดซับปริมาณความร้อนจากทางด้านเย็น ทางด้านนอกก็จะใช้ครีบบั้วเพิ่มพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนออกให้กับอากาศโดยรอบ



ภาพประกอบ 8 การทำความเย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน

การใช้ขั้วตักึงตัวนำเพียงชุดเดียว ความเย็นที่ได้รับจะน้อย ดังนั้นถ้าต้องการให้เกิดความเย็นมาก ๆ ทำได้โดยการนำเอาขั้วตักึงตัวนำหลาย ๆ ชุดมาต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน ดังภาพประกอบ 9 (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2542 : 38-40)



ภาพประกอบ 9 การทำความเย็นโดยใช้ขั้วตักึงตัวนำหลายชุด

2.4 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การไหลหรือการเคลื่อนไหวยของความร้อนเป็นส่วนสำคัญของการทำความเย็น เพราะว่าระบบการทำความเย็น จะมีส่วนที่จะนำความร้อนเข้าและแยกส่วนนำความร้อนออก การถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิสูงไปสู่ต่ำ สามารถทำได้ใน 3 ทางด้วยกัน คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน (Cook, N. 1995 : 24)

2.4.1 การนำความร้อน (Conduction)

เกิดขึ้นเมื่อของสองสิ่งวางติดกัน โมเลกุลติดต่อกันได้ อัตราการไหลของความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิ วัตถุแต่ละชนิดมีความสามารถในการนำความร้อนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสมบัติของการนำความร้อน เช่น สารประกอบพวกโลหะนำความร้อนได้ดีกว่าแก้ว หรือไม้ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวน ในระหว่างสถานะภาพทั้ง 3 ของสสาร ของแข็งจะนำความร้อนได้ดีกว่าของเหลว ของเหลวจะนำความร้อนได้ดีกว่าก๊าซ

ในโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ภาระความร้อน (Heat Load) เนื่องจากการนำความร้อน จะผ่านทางลวดตัวนำ สกรูช่วยในการยึดและหน้าสัมผัสของแผ่นเซรามิกกับโลหะ เกิดเป็นเส้นทางการถ่ายเทความร้อนจากส่วนที่จะทำความเย็นไปยังแผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) หรือ อากาศล้อมรอบ ภาระความร้อนจะหาได้จาก (Mcdaniel. 1995 : 156)

$$Q_{\text{cond}} = kA / L \Delta T$$

เมื่อ Q_{cond} คือ ภาระความร้อนเนื่องจากการนำความร้อน (W)

k คือ สภาพการนำความร้อนของวัสดุ ($\text{W} / \text{m}^{\circ} \text{C}$)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัสดุ (m^2)

L คือ ความยาวของเส้นทางการถ่ายเทความร้อน (m)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างเส้นทางการถ่ายเทความร้อน ($^{\circ} \text{C}$)

2.4.2 การพาความร้อน (Convection)

เป็นการให้ความร้อนแก่ของเหลว ของเหลวจะขยายตัวมีปริมาตรต่อหน่วย น้ำหนักสูงขึ้นจึงเบาขึ้น และลอยตัวไปสู่ส่วนที่เย็นกว่า ได้แก่โมเลกุลที่อยู่ด้านบน เช่น เวลาต้มน้ำ การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นไปจนกระทั่งทุกโมเลกุลร้อนเท่ากันหมด การช่วยให้การถ่ายเทความร้อนเป็นไปเร็วขึ้น อาจทำได้ เช่น การใช้พัดลมช่วย (Forced Convection) การหมุนเวียนโดยใช้ปั๊มน้ำ (Liquid Cooling Convection) การพาอย่างธรรมชาติ (Natural Convection) เป็นต้น

การคำนวณภาระความร้อนจากการพาความร้อนขึ้นอยู่กับความเป็นพื้นที่เปิดและความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่นี้กับก๊าซหรือของไหลที่อยู่ล้อมรอบ ปกติแล้วการพาจะมีความสำคัญมากในสภาพแวดล้อมที่เป็นก๊าซ ไม่ว่าสำหรับภาระไวงาน (Load Active) จะเป็นขนาดเล็กหรือกรณีที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมาก

ภาระความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน สามารถหาได้จากสมการดังนี้
(ธวัชชัย ชยานิช. 2538 : 89)

$$Q_{\text{conv}} = hA(T_{\text{air}} - T_c)$$

เมื่อ Q_{conv} คือ ภาระความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน (Convection Heat Load) (W)

h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($\text{W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}$) ปกติจะมีค่าเท่ากับ 21.7 สำหรับแผ่นแบนราบ

A คือ พื้นที่ (m^2)

T_{air} คือ อุณหภูมิอากาศล้อมรอบ ($^\circ \text{C}$)

T_c คือ อุณหภูมิพื้นเย็น ($^\circ \text{C}$)

2.4.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การถ่ายเทความร้อนในสภาพช่วงคลื่น โดยไม่อาศัยสื่อในการถ่ายเทความร้อน ตัวอย่างเช่น คลื่นแสง เป็นต้น (มยุรี จัยวัฒน์. 2527 : 11 - 12)

การแผ่รังสีความร้อนโดยปกติแล้ว ภาระความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีจะไม่นำมาพิจารณา เพราะผลการไหลของความร้อน เนื่องจากการนำและการพาความร้อนจะมีค่ามากกว่า ภาระความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนจะมีความสำคัญในระบบที่มีภาระไวงาน (Load Active) ขนาดเล็ก และมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสุญญากาศ (ธวัชชัย ชยานิช. 2538 : 89)

2.4.4 การรวมการพาความร้อนและการนำความร้อน (Combine Convection and Conduction)

สมการนี้สามารถนำมาใช้ในการประมาณการสูญเสียความร้อน (Heat Losses) ของการพาความร้อนและการนำความร้อนในกล่องปิด (Marlow Industries. 1998 : 5)

$$Q_{\text{passive}} = (A \times \Delta T) / (x / k + 1 / h)$$

เมื่อ Q_{passive}	คือ ภาระความร้อน (Heat Load) (W)
A	คือ พื้นที่ผิวด้านนอกทั้งหมดของกล่องปิด (m^2)
ΔT	คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ($^{\circ}\text{C}$)
x	คือ ความหนาของฉนวน (m)
k	คือ สภาพการนำความร้อนของฉนวน ($\text{W} / \text{m}^{\circ}\text{C}$)
h	คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($\text{W} / \text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

2.5 การหาภาระการระบายความร้อน (The Cooling Load)

ผลรวมของความร้อนที่ได้มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ รวมกัน ตามปกติแหล่งกำเนิดความร้อนนี้ต้องนำมาคิดเป็นภาระการทำความเย็น สำหรับเลือกหาเครื่องอุปกรณ์ทำความเย็นนั้น ได้มาจากแหล่งกำเนิดความร้อนดังต่อไปนี้ (บรรเลง ศรีนิล และวีรวัฒน์ กบิลกาญจน์. มปป. : 271)

1. ความร้อนจากภายนอกที่ไหลแทรกซึม ผ่านเข้าไปในบริเวณเนื้อที่ทำความเย็น โดยการนำความร้อนผ่านผนังที่บุฉนวนเข้าไป
2. ความร้อนจากภายนอกที่เข้าไปในเนื้อที่ โดยการแผ่รังสีเข้าไปโดยตรง ผ่านกระจกใต้หรือวัสดุที่มีลักษณะโปร่งใสอย่างอื่นเข้าไป
3. ความร้อนจากภายนอกที่เข้าไปในเนื้อที่ โดยการพาความร้อน ในลักษณะของอากาศร้อนภายนอกไหลผ่านประตูที่เปิดอยู่ หรือผ่านรอยแยก ตามขอบประตูหรือหน้าต่างเข้าไป
4. ความร้อนจากบุคคลที่ภายในยังร้อน คายออกมา ในเมื่อมีการลดอุณหภูมิลงถึงระดับที่ต้องการ
5. ความร้อนที่ออกจากร่างกายมนุษย์ ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเนื้อที่ทำความเย็นนั้น
6. ความร้อนที่คายออกมาจากเครื่องอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนทุกชนิดที่ใช้ติดตั้งอยู่ในเนื้อที่ทำความเย็น เป็นต้นว่ามอเตอร์ไฟฟ้า, หลอดไฟแสงสว่าง, เครื่องอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์, เครื่องเป่าลม เป็นต้น

2.5.1 การคำนวณหาภาระการระบายความร้อนของตู้เย็น (Cooling Load) (คู่มือวิศวกรเครื่องกล. 2535 : 1-221 – 1-225)

รูปแบบการคำนวณภาระของตู้เย็นจะมาจาก

ภาระการระบายความร้อน = ความร้อนจากภายนอกที่ไหลผ่านเข้ามา
+ ภาระการระบายความร้อนของผลิตภัณฑ์
ภายในตู้ + ความร้อนจากอุปกรณ์ภายในตู้

2.5.1.1 ความร้อนจากภายนอกที่ไหลผ่านเข้ามา (Externally entering heat)

- A. ความร้อนไหลผ่านเข้ามาโดยการนำความร้อน (Entering heat by conduction) โดยส่วนมากมาจากผนังภายนอกหรือผนังแบ่งกันห้องในห้องใกล้เคียงกัน คำนวณได้จาก

$$Q_1 = K \times A \times (T_o - T_r)$$

เมื่อ Q_1 คือ ค่าความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดยการนำความร้อน (kcal/h)

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (kcal/mh[°] C)

A คือ พื้นที่ผิวของผนังภายนอก (m²)

T_o คือ อุณหภูมิของอากาศด้านนอกหรือห้องใกล้เคียง (° C)

T_r คือ อุณหภูมิภายในตู้เย็น (° C)

- B. ภาระจากการไหลของอากาศ (Air change load) เกิดจากการไหลของอากาศเข้ามาภายในตู้เย็นขณะเปิดประตูตู้ คำนวณได้จาก

$$Q_2 = V \times \Delta i \times n \times 1/24$$

เมื่อ Q_2 คือ ภาระการไหลของอากาศ (kcal/h)

V คือ ค่าปริมาตรความจุของตู้ (m³)

Δi คือ ความแตกต่างเอนทัลปี (Enthalpy) ของอากาศด้านนอก
และภายในตู้ ค่าโดยประมาณเท่ากับ 32 (kcal/m³)

n คือ เวลารวมของการปิด-เปิดตู้เย็นใน 24 ชั่วโมง

2.5.1.2 ภาระการระบายความร้อนของผลิตภัณฑ์แช่เย็น (Cooling Load for Stored Good) โดยการระบายความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์เข้าสู่อุณหภูมิแช่เย็น คำนวณได้จาก

$$Q_3 = C \times G \times (T_s - T_r) \times 1/24$$

- เมื่อ Q_3 คือ ภาระการระบายความร้อนของผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็น (kcal/h)
 C คือ ค่าความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็น (kcal/kg °C)
 G คือ ปริมาณการเก็บต่อ 24 ชั่วโมง (kg)
 T_s คือ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บ (°C)
 T_r คือ อุณหภูมิของตู้เย็น (°C)

2.5.1.3 ความร้อนที่เกิดภายในตู้เย็น (Internal Heat Generation) จะมาจาก
 ผลิตภัณฑ์ แสงสว่าง อุปกรณ์มอเตอร์พัดลม

- A. ภาระความร้อนจากไฟแสงสว่าง (Load Caused by Lamps)

$$Q_4 = q \times W \times H \times 1/24$$

- เมื่อ Q_4 คือ ภาระความร้อนจากไฟแสงสว่าง (kcal/h)
 q คือ ความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ (kcal/kw.h)
 W คือ ค่ารวมเป็นกิโลวัตต์ของไฟแสงสว่าง (kw)
 H คือ เวลาเปิดไฟใน 24 ชั่วโมง (h)

- B. ความร้อนที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็น (Heat Generation Caused by
 Stored Goods)

$$Q_5 = q \times W$$

- เมื่อ Q_5 คือ การคายความร้อนจากการหายใจของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ (kcal/h)
 q คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นต่อ 1 กิโลกรัมของผลิตภัณฑ์ที่เก็บ (kcal/kg.h)
 W คือ ผลิตภัณฑ์ที่เก็บทั้งหมด (kg)

- C. ความร้อนจากเครื่องจักรใช้ไฟฟ้าภายใน

$$Q_6 = 0.86 \times W \times Hr \times 1/24$$

- เมื่อ Q_6 คือ ความร้อนที่เกิดจากเครื่องจักรใช้ไฟฟ้าและอื่น ๆ (kcal/h)
 W คือ กำลังสิ้นเปลือง (kcal/h)
 Hr คือ ชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรใน 24 ชั่วโมง (h)

3. เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน

ในการศึกษาพัฒนาเครื่องทำความเย็นขนาดเล็กโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ใช้เกณฑ์มาตรฐาน มอก. 455-2537 ตรวจสอบระดับอุณหภูมิแช่เย็นที่สามารถทำได้โดยเทียบเคียงกันเนื่องจากมาตรฐานนี้ใช้ครอบคลุมเฉพาะตู้เย็นแบบคอมเพรสเซอร์อัดไอเท่านั้น (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2538 : 1) มาตรฐานที่อ้างถึงมีตารางอุณหภูมิเก็บอาหารแสดงในตาราง 3 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538 : 11)

ตาราง 1 อุณหภูมิเก็บอาหารในตู้เย็นตาม มอก. 455-2537

ชั้นภูมิอากาศ	อุณหภูมิโดยรอบ	ช่องแช่เย็น	ช่องแช่แข็งประเภทหนึ่งดาว	ช่องแช่แข็งและส่วนของช่องแช่แข็งประเภทสองดาว	ช่องแช่แข็งประเภทสามดาว
		t_1 t_2 และ t_3 t_m สูงสุด	t^*	t^{**}	t^{***}
SN	+10 ถึง +32				
N	+16 ถึง +32	$0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$ +5	≤ -6	≤ -12	≤ -18
ST	+18 ถึง +38				
T	+18 ถึง +43				

หน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ที่มา : กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.(2538).

“ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน.” : 11.

3.1 จากตาราง 1 ตู้เย็นแบ่งตามขีดความสามารถในการทำงาน ณ อุณหภูมิโดยรอบเป็น 4 ชั้นภูมิอากาศ คือ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2538 : 7)

3.1.1 ชั้นภูมิอากาศ SN (ชั้นภูมิอากาศเลยเขตอบอุ่น (Extended Temperate Class) คือ ตู้เย็นสำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิโดยรอบ +10 ถึง +32 องศาเซลเซียส

3.1.2 ชั้นภูมิอากาศ N (ชั้นภูมิอากาศเขตอบอุ่น (Temperate Class) คือ ตู้เย็นสำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิโดยรอบ +16 ถึง +32 องศาเซลเซียส

3.1.3 ชั้นภูมิอากาศ ST (ชั้นภูมิอากาศใกล้เขตร้อน (Subtropical Class) คือ ตู้เย็นสำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิโดยรอบ +18 ถึง +38 องศาเซลเซียส

3.1.4 ชั้นภูมิอากาศ T (ชั้นภูมิอากาศเขตร้อน (Tropical Class)) คือ ตู้เย็นสำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิโดยรอบ +18 ถึง +43 องศาเซลเซียส

3.2 ส่วนช่องแช่แข็งของตู้เย็น แบ่งตามอุณหภูมิเก็บอาหารเป็น 3 ประเภท คือ

3.2.1 ประเภทหนึ่งดาว คือ ช่องแช่แข็งที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ -6 องศาเซลเซียสลงไป

3.2.2 ประเภทสองดาว คือ ช่องแช่แข็งหรือส่วน (Section) ของช่องแช่แข็ง ที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ -12 องศาเซลเซียสลงไป

3.2.3 ประเภทสามดาว คือ ช่องแช่แข็งที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ -18 องศาเซลเซียสลงไป โดยที่ตู้เย็นแต่ละตู้จะมีช่องแช่แข็งประเภทใดประเภทหนึ่ง หรือทั้ง 3 ประเภท หรือไม่มีเลยก็ได้

ในการศึกษาครั้งนี้จะวัดอุณหภูมิเก็บอาหารของช่องแช่เย็นตามตาราง 1

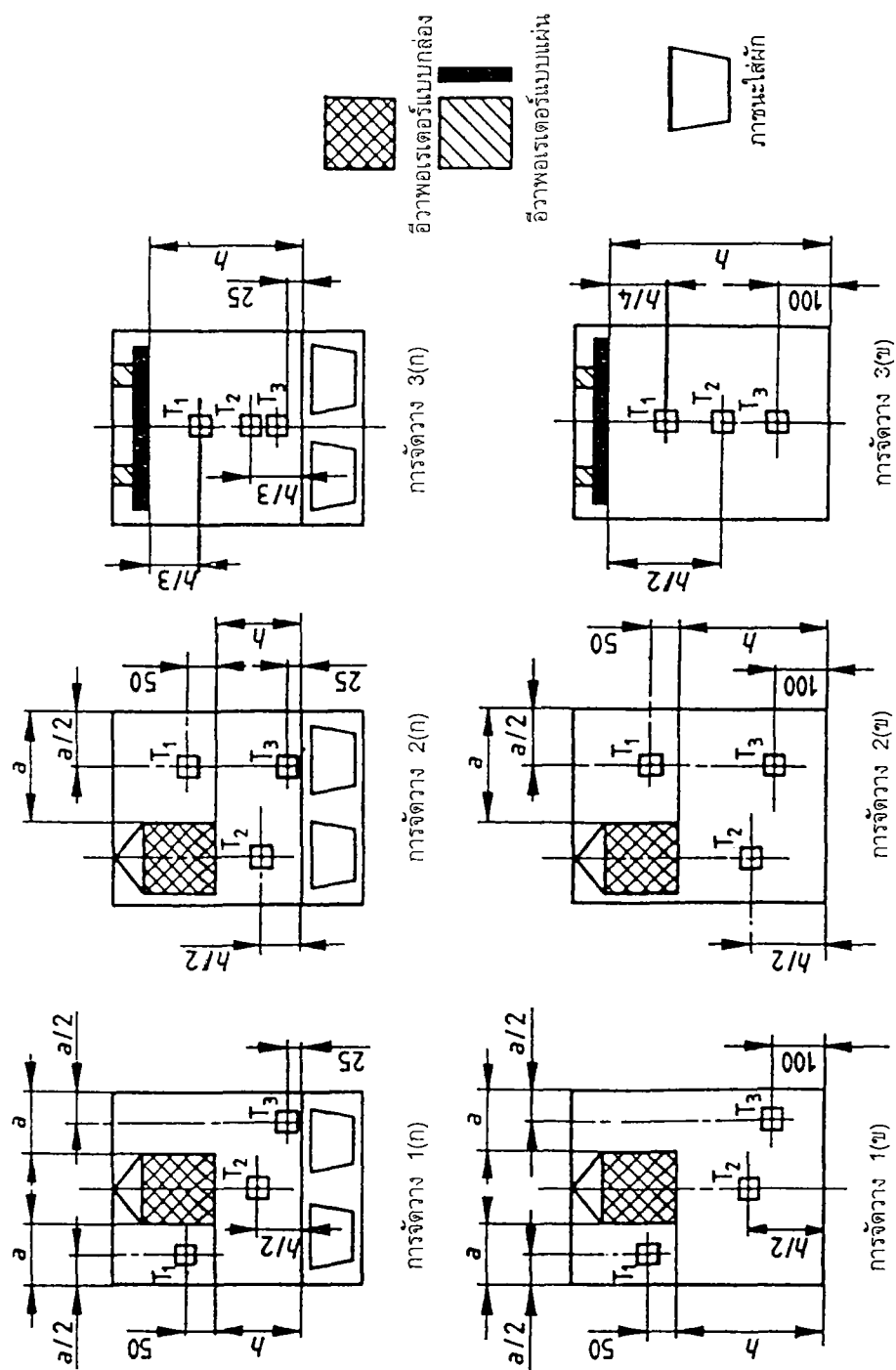
3.3 การวัดอุณหภูมิของช่องแช่เย็น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538 : 36)

วัดอุณหภูมิ t_1 , t_2 และ t_3 โดยวัดในปลอกทองแดงเคลือบดีบุกหรือปลอกทองเหลืองที่แขวนอยู่ ณ ตำแหน่ง t_1 , t_2 และ t_3 ดังแสดงในภาพประกอบ 10 ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างผนังด้านในของตู้เย็นกับผนังด้านในของประตูเมื่อปิดอยู่ แล้วคำนวณหาอุณหภูมิเฉลี่ย t_m

สิ่งที่ใช้แขวนปลอกต้องมีภาคตัดขวางและสภาพนำความร้อนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และจัดวางในลักษณะที่ไม่รบกวนการหมุนเวียนของอากาศตามปกติ

ถ้าอุปกรณ์ประกอบภายในกีดขวางการวัดอุณหภูมิ t_1 , t_2 และ t_3 ณ ที่จุดกำหนด ให้วัดอุณหภูมิ ณ จุดที่อยู่ห่างจากจุดที่กำหนดไม่เกิน 25 มิลลิเมตร ถ้าการจัดวางตำแหน่งของช่องแช่เย็นไม่เป็นไปตามที่แสดงในภาพประกอบ 10 ให้พิจารณาวัดอุณหภูมิ t_1 , t_2 และ t_3 ณ ตำแหน่งที่เทียบได้กับที่แสดงในภาพประกอบ 10

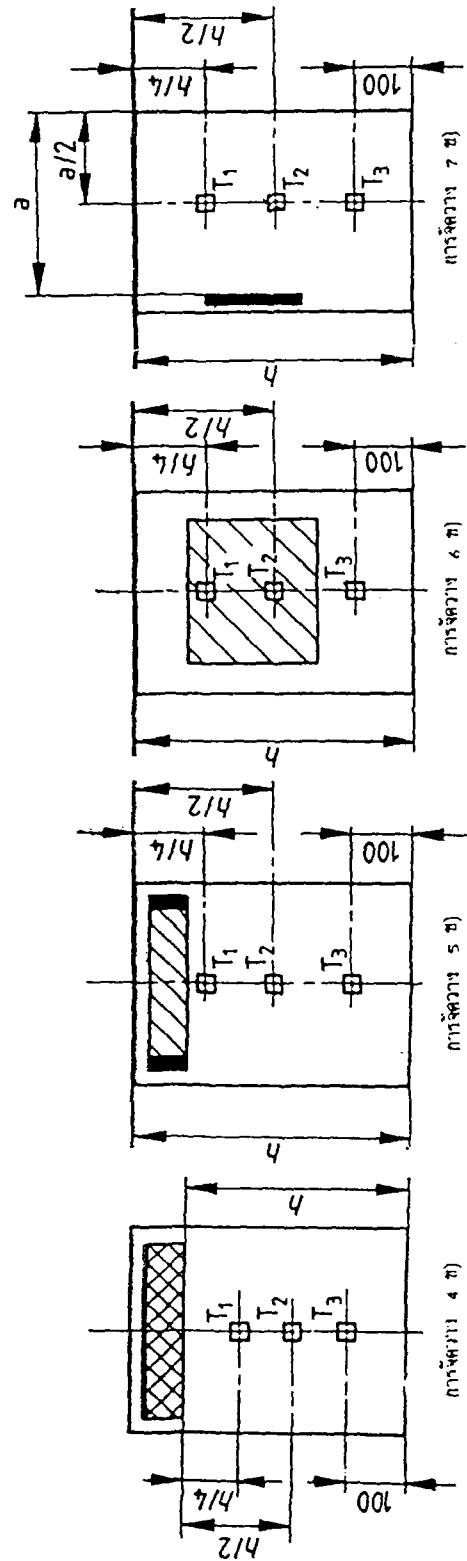
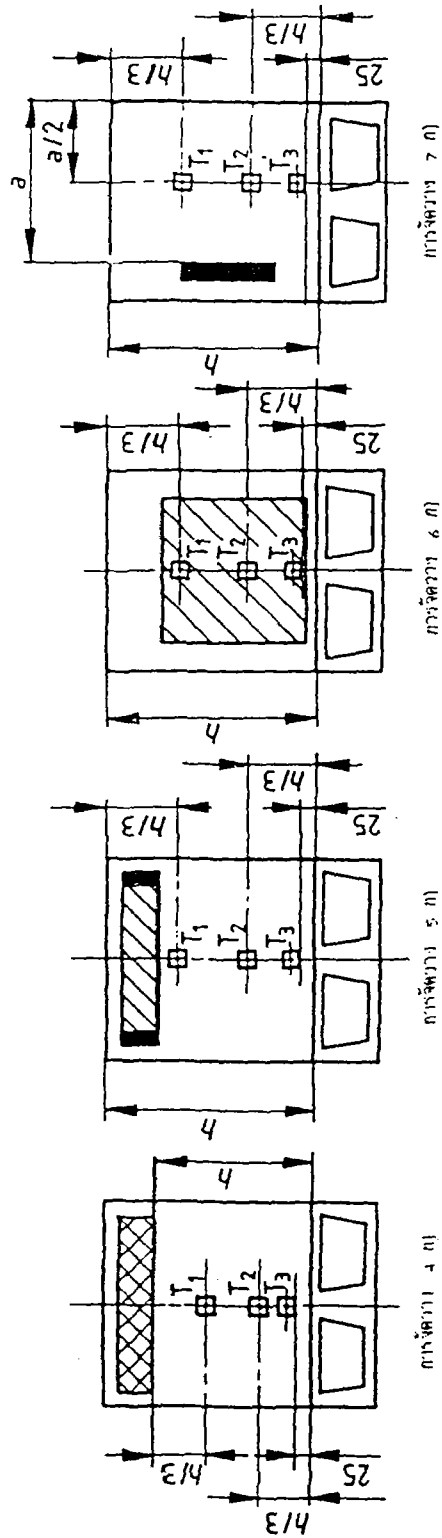
ให้บันทึกอุณหภูมิไว้ ปลอกทองแดงเคลือบดีบุกหรือปลอกทองเหลืองต้องแยกห่างจากผิวที่มีการนำความร้อนโดยมีช่องว่างอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร การต่อสายไปยังเครื่องวัดต้องจัดวางในลักษณะที่ไม่กระทบกระเทือนอย่างกันรั่วของช่องแช่เย็น



สำหรับการจัดวาง 1 ก) 1 ข) 2 ก) และ 2 ข) : $a \geq 150$ มิลลิเมตร
สำหรับการจัดวางอื่นให้ดูรูปที่ 4 ก หรือรูปที่ 4 ข

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภาพประกอบ 10 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในตู้เย็นที่มีการจัดวางอิ้วพอเรเตอร์ต่าง ๆ กัน



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภาพประกอบ 10 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในตู้เย็นที่มีการจัดวางฮีวาทเรเตอร์ต่าง ๆ กัน (ต่อ)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- งานวิจัยภายในประเทศ

กฤษฎา เทียมทิพบุญกรและคณะ (2540 : 77) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ตู้ทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก โดยใช้เพลเทียร์โมดูลแทนคอมเพรสเซอร์ในการทำความเย็น ใช้เวลาทำความเย็นประมาณ 6-8 ชั่วโมง เมื่อใช้เพลเทียร์โมดูล 1 ตัว อุณหภูมิที่ทำได้ 15-17 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิปกติ

สมชาติ พงศ์วิญญู, สิขเรศ มากทิมทองและนารินทร์ ชีวะชน (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง Thermoelectric Refrigerator เป็นการศึกษากระบวนการทำความเย็นโดยอาศัยปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ผลการศึกษานำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเทอร์โมอิเล็กทริกทำการทดลองโดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าในอุปกรณ์ p-n junction โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้ามีค่า 1, 2, 3, 4 และ 5 แอมแปร์ตามลำดับ แล้วทำการจับเวลาและบันทึกอุณหภูมิด้านร้อน ด้านเย็นของ p-n junction และแรงดันไฟฟ้าเมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะของ Thermoelectric Refrigerator จะมีค่าเท่ากับ 2.659, 0.664, 0.301, 0.304 และ 0.245 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ได้เท่ากับ 3.4

วีรชัย เลิศสถาพรสุข (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้สำหรับระบบตู้แช่ผักขึ้นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการออกแบบและสร้างตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกแบบขนาดความจุ 10 ลิตร ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล รุ่น TEC1-12704 จำนวน 1 โมดูล ควบคุมสภาวะในการทดสอบที่อุณหภูมิห้องทดสอบ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล 30 องศาเซลเซียส ด้วยการระบายความร้อนด้วยน้ำ ผลการทดสอบด้วยการจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพบว่าตู้แช่ผักขึ้น สามารถลดอุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส มาที่ 4 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที ลดความชื้นภายในตู้จาก 60 % RH มาอยู่ที่ 44.5 % RH ถึง 50 % RH มีค่าการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 50.5 วัตต์ และออกแบบขนาดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ LOEP 10 % ได้ขนาดแผง 334.91 Wp และขนาดแบตเตอรี่ 509.18 Ah ผลการทดสอบตู้แช่ผักขึ้นต้นแบบโดยใช้กำลังไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในตู้แช่จาก 25 องศาเซลเซียส มาที่ 4 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมง 40 นาที ลดความชื้นภายในตู้จาก 46.5 %RH มาอยู่ที่ 33 % RH ถึง 34 % RH ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน 1108.95 Wh/day คิดเป็น 81.4 % ของกำลังไฟฟ้าใช้งานสูงสุด ทำให้ระบบตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ สามารถลดอุณหภูมิให้อยู่ในระดับใช้เก็บรักษาผักขึ้น (0-8 องศาเซลเซียส) ได้

สมชาย มณีวรรณ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตน้ำร้อนใช้ภายในครัวเรือนโดยใช้ระบบผสมผสานแบบใหม่ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก ในการทดลองใช้เทอร์โมอิเล็กทริก รุ่น TEC1-12704 จำนวน 30 โมดูล และใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์ทำหน้าที่เป็นถังเก็บน้ำร้อนในเวลาเดียวกันขนาด 120 ลิตร โดยห้องที่ทำความเย็นในการทดสอบระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกมีขนาด 2.5 m³

ทำการศึกษาโดยการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก 50, 100 และ 150 VDC และ อัตราการไหลของน้ำและความเร็วที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ 10, 15 L/min และ 2.5, 5 m/s ตามลำดับ พบว่าระบบสามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุด 50 °C ภายในเวลา 2 ชั่วโมง และสามารถผลิตความเย็นได้ 176 W จากผลการทดสอบพบว่าจุดที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำร้อน และทำความเย็น คือ ที่แรงดันไฟฟ้าป้อนไฟฟ้าเข้าแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 100 VDC อัตราการไหล 15 L/min และความเร็วลม 2.5 m/s โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของระบบทำความเย็นด้วย เทอร์โมอิเล็กทริก (COP) 0.2 ถึง 0.25 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (COP) สูงสุดของระบบ ผสมผสานเพื่อผลิตน้ำร้อนและทำความเย็น 3.12

เด่นพงศ์ สังขวสี (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาลักษณะการใช้ พลังงานของตู้เย็นและแนวทางการปรับปรุงเพื่อประหยัดพลังงาน พบว่า การใช้พลังงานของตู้เย็น จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการทำความเย็นเพิ่ม และภาระทำความเย็นจะเกิดจากความร้อนเข้าสู่ผนัง ภายใน 59 % ความร้อนจากโคกกันท์ 39 % และความร้อนจากการเปิดประตูตู้เย็น 2 %

การปรับปรุงโดยเพิ่มความหนาของฉนวนกันความร้อนจาก 3.5 เซนติเมตร เป็น 6 เซนติเมตร ทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าลง 25 %

ประเสริฐ วิโรจน์ชีวิน (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของครีบบระบายเครื่องยนต์จักรยานยนต์ 2 จังหวะ แบบระบาย ความร้อนด้วยอากาศ ระหว่างกระบอกสูบเอียงกับกระบอกสูบนอน 0 องศา พบว่า การติดตั้งครี บระบายขนานกับทิศทางการไหลของอากาศที่ปะทะกับตัวเครื่องยนต์อุณหภูมิที่ตัวเครื่องยนต์ และฐานครีบบจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าในขณะความเร็วรอบเท่ากัน เนื่องจากอากาศสามารถระบายความ ร้อนออกจากตัวเครื่องยนต์ได้มากกว่า ทำให้ชิ้นส่วนสึกหรอน้อยกว่า เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพมาก กว่าและอายุการใช้งานนานกว่า

ศราภา ฉันทิกุล (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตกุ้งแช่เย็นจากปลาอุก อูยเทศและการเก็บรักษา พบว่า กุ้งแช่เย็นปลาอุกที่บรรจุในสภาพปรับบรรยากาศ 60 % CO₂ + 40N₂ และสุญญากาศที่อุณหภูมิตู้เย็น (4-6 °C) มีอายุการเก็บนานกว่า 91 วัน และเก็บใน สภาพบรรยากาศปกติ มีอายุการเก็บรักษานานกว่า 63 วัน นานกว่าการเก็บรักษาในสภาพปรับ บรรยากาศหรือสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเก็บได้เพียง 28 วัน ส่วนการเก็บรักษาในสภาพ บรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้องเก็บได้เพียง 4 วัน

เยาวลักษณ์ รัตนพรวาริสกุล (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของกฎซีตริกที่มี ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง พบว่า กุ้งแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 °C จะมี อายุการเก็บรักษานานกว่า 14 สัปดาห์ และมีคุณภาพดีกว่ากุ้งแห้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2 °C ทุกกระบวนการบรรจุ

- งานวิจัยต่างประเทศ

แจ๊คบาสส์ (Jack Bass. 1997 : 359) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การนำ Thermoelectric Refrigerator มาใช้ทำความเย็นในตู้เย็นขนาด 50 ลิตร โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 40 วัตต์ สามารถทำความเย็นได้ที่ 20 กิโลแคลลอรี่ต่อชั่วโมง (23 วัตต์) ใช้เวลาในการระบายความร้อน 4-5 ชั่วโมง

บีน (Goldsmid, H J. 1986 : 199; citing Bean. 1962 : *Industrial Electron* : 132) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การนำโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน แบบ 12 คู่ ใช้ทำความเย็นในตู้แช่ทางการแพทย์ (Medical Cold Box) โดยใช้กระแสไฟฟ้า 9 แอมแปร์ที่แรงดันไฟฟ้า 1.8 โวลท์ พื้นที่ทำความเย็นมีปริมาตร 230 x 150 x 100 mm.³ โดยทำความเย็นที่อุณหภูมิ 4 °C จากอุณหภูมิปกติที่ 27 °C พบว่า อุณหภูมิจะลดลงเป็นส่วนมาก (90 %) ใช้เวลาประมาณ 80 นาที หลังจากเปิดสวิตช์ โดยใช้กล่องตู้แช่เป็นตัวระบายความร้อน

วาสเซอร์ทาล (Wasserthal. 1993 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาและพัฒนาตู้แช่วัคซีนตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก โดยใช้ระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก ขนาด 16 ตารางเซนติเมตร ใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีค่าระหว่าง 30 วัตต์ ถึง 60 วัตต์ ขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยความร้อนทั้งของระบบใช้การถ่ายเทความร้อนตามธรรมชาติ ซึ่งตู้แช่วัคซีนนี้มีความจุภายใน 40 ลิตร มีผนังด้านในแบบ dewar vessel ทำจากแก้ว strong borosilicate โดยเป็นผนังตู้แบบสุญญากาศที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังตู้ต่ำกว่า 5 วัตต์ ที่อุณหภูมิแวดล้อม 43 °C โดยเก็บสะสมความเย็นในรูปของน้ำแข็งที่ช่องว่างด้านล่างของตู้แช่วัคซีน ซึ่งข้อดีของตู้แช่นี้ คือ การใช้ระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีอายุการใช้งานสูงถึง 10 ปี มีขนาดกระทัดรัด มีการบำรุงรักษาต่ำเนื่องจากไม่มีชิ้นส่วนในเคลื่อนที่ และเป็นเทคโนโลยีที่รักษาสีแวลลุ่มซึ่งผนังตู้แช่วัคซีนที่เป็นฉนวนแบบสุญญากาศเป็นการลดการใช้ฉนวนที่ผลิตจากโฟมที่มีส่วนประกอบของสาร CFC

อิกฮอร์น (Eichhorn. 1960 : บทคัดย่อ) ได้ทำการทดสอบเครื่องทำความเย็นที่อุณหภูมิ 4.4 °C โดยมีอุณหภูมิอากาศแวดล้อมเท่ากับ 32.2 °C มีเทอร์โมอิเล็กทริก ติดตั้งอยู่ด้านบนและมีพัดลมระบายความร้อนออกจากด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก ส่วนภายในห้องทำความเย็นอาศัยการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนตามธรรมชาติ จากการทดสอบพบว่าที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเพิ่มขึ้น ค่า C.O.P. จะลดลง และในทำนองเดียวกัน เมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าค่า C.O.P. จะมีค่าลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของด้านร้อนและด้านเย็นมีค่ามากขึ้น จากการทดสอบพบว่าที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเพิ่มขึ้น ค่า C.O.P. จะลดลง และในทำนองเดียวกัน เมื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า ค่า C.O.P. จะมีค่าลดลงเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากผลต่างระหว่างอุณหภูมิของด้านร้อนและด้านเย็นมีค่ามากขึ้น

ไมและคณะ (Mei and Others. 1993 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้เป็นเครื่องปรับอากาศในรถยนต์แทนระบบอัดไอโดยมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาช่วยในการผลิตกระแสไฟฟ้า ขนาดการทำความเย็นที่ต้องการเท่ากับ 4 kW (13,680 Btu/hr) ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม 38 °C ต้องการพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้ระบบเท่ากับ 9.5 kW

วาร์ทานอวิช และ โกสคอร์สกี (Wartanowicz and Goschorski. 1987 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบระบบทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก โดยเขียนรูปแบบการคำนวณให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ โดยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการออกแบบเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล ซึ่งคำนวณหาขนาดของเทอร์โมอิเล็กทริกที่เหมาะสม ที่มีค่าสมรรถนะสูงสุด ส่วนที่สอง จะเป็นการคำนวณเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใช้อากาศโดยการพาความร้อนแบบบังคับให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านครีปของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเป็นแบบสี่เหลี่ยมตรง โดยวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่ครีปให้เป็นการถ่ายเทความร้อนในทิศทางเดียว

คาเนอร์ (Kaner. 1998 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสารบิสมัทเทลลูไรด์ เพื่อปรับปรุงการทำความเย็นแบบไฟฟ้าพลังความร้อน (Modified Bismuth Telluride for Improved Thermoelectric Refrigeration) พบว่าการแทรกสอดทางเคมีของ บิสมัทเทลลูไรด์ (Bi_2Te_3) ทำให้ตัวเลขคุณค่า (Figure of Merit, Z) ของไฟฟ้าพลังความร้อนดีขึ้น โดยการใส่ชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของสารลิเทียม ในระหว่างแผ่นสารบิสมัทเทลลูไรด์ และแตกตัวพาหะด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม จากการแขวนลอยอยู่พาหะจะถูกพาไปจับกันกับกลุ่มชั้นของสารบิสมัทเทลลูไรด์ด้วยตัวเอง เป็นอนุภาคเล็ก ๆ อยู่ระหว่างแผ่นสารและผสมกันมีสภาพเป็นฉนวนแทรกสอดกันกลางระหว่างแต่ละชั้นของสารบิสมัทเทลลูไรด์ ทำให้มีลักษณะทางไฟฟ้าพลังความร้อนดีขึ้น สามารถนำสารนี้มาใช้ในกระดิกน้ำเย็นในอุปกรณ์ทางอวกาศ นำไปใช้ในการทำความเย็นแบบใหม่และนำไปใช้ในเครื่องทำความเย็นบ้านเรือน และทางอุตสาหกรรมได้

กราร์ก (Grag. 1998 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง คุณสมบัติของอลูมิเนียมแกเลียม อาซีนิก, แกเลียม อาซีนิก, ทรานซิสเตอร์ 2 ขั้วรอยต่อ ภายในสำหรับอุปกรณ์ดิจิตอลและออกแบบโมดูลความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ประมวลผลที่ 1 กิกะเฮิร์ตซ์ โดยใช้ชิพทั้งหมด 24 ชิป กระแสไฟ 50 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 240 วัตต์ ออกแบบโดยใช้การทำความเย็นด้วยไฟฟ้าพลังความร้อน และใช้พัดลมระบายอากาศให้รอยต่อของอุปกรณ์มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องโดยให้ค่าความร้อนทำงานสูงสุด

มัลโควาติ (Malcovati. 1997 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเชื่อมโยงอุปกรณ์ตรวจจับไฟฟ้าพลังความร้อนในอุปกรณ์ซีมอส (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) โดยวิจัยออกแบบวงจรเชื่อมโยงลงในอุปกรณ์ตรวจจับทางไฟฟ้าพลังความร้อน โดยลงอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ อุปกรณ์ตรวจจับอินฟราเรด, อุปกรณ์ตรวจจับกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ หรือตัวแปลงผันทางความร้อน (Thermal Converter) และอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Multisensor for Heating), การระบายอากาศและปรับอากาศ (HVAC) ในวงจรรวมใช้หลักการรวมสัญญาณแบบซิกมา-เดลต้า สัญญาณขาออกเป็นดิจิตอลแบบสัดส่วนใช้งานได้ทั้ง 3 ส่วน มีอำนาจจำแนกที่ $0.2\%/\text{sp}/\text{circ}\text{C}$, ความชื้นสัมพัทธ์ 1% และ 0.01 m/s ตามลำดับ

สรุปจากงานวิจัยที่ศึกษาค้นคว้ามาพบว่างานวิจัยค้นคว้าทางด้านการทำความเย็นโดยใช้
โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนภายในประเทศ พบว่า การใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในการทำความ
เย็นสามารถทำความเย็นได้ต่ำสุดที่ 4 องศาเซลเซียสจากอุณหภูมิปกติ 25 องศาเซลเซียส โดยที่ตู้
แช่เก็บความเย็นมีปริมาตร 10 ลิตร ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 1 ตัว และจากงานวิจัย
ค้นคว้าในต่างประเทศ พบว่า การใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในการทำความเย็นสามารถทำความ
เย็นได้ต่ำสุดที่ 4 องศาเซลเซียสจากอุณหภูมิปกติ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษา
การทำความเย็นให้ต่ำกว่านี้เพื่อใช้ในการแช่เย็นและถนอมอาหารได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดออกแบบระบบและอุปกรณ์ทำความเย็นของตู้เย็น
2. ออกแบบและสร้างเครื่องทำความเย็น
3. ทดลองประสิทธิภาพการทำความเย็นและความเหมาะสมด้านการใช้งาน
4. การประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษารายละเอียดออกแบบระบบและอุปกรณ์ทำความเย็นของตู้เย็น

1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของรายละเอียดเพื่อการออกแบบระบบและอุปกรณ์ทำความเย็น มีขั้นตอนดังนี้

- 1.1.1 ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น
- 1.1.2 ศึกษารายละเอียดของเครื่องทำความเย็น ตู้เก็บความเย็น และ อุปกรณ์ประกอบที่มีอยู่ในท้องตลาด สืบหาวัตถุดิบเพื่อจัดซื้อและสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น
- 1.1.3 ศึกษารายละเอียดอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ตาราง 2 การหาค่าภาระความเย็น

พื้นที่ A			อุณหภูมิภายนอกตู้เย็น T _o	อุณหภูมิตู้เย็น T _r	ค่าการนำความร้อนของฉนวนของฉนวน λ	ความหนาของฉนวน d	สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน K= λ/d	ภาระความเย็น Q ₁ = K x A x (T _o - T _r)
ความร้อนจากภายนอกที่ไหลผ่านเข้ามา	ความร้อนไหลเข้าจากการนำความร้อน	ผนังด้านบน	0.1927 m ²	30 ° C	0 ° C	0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.393 kcal/h
		ผนังด้านขวา	0.1845 m ²	30 ° C		0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.206 kcal/h
		ผนังด้านซ้าย	0.1845 m ²	30 ° C		0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.206 kcal/h
		ประตูหน้า	0.209 m ²	30 ° C		0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.765 kcal/h
		ผนังด้านหลัง	0.2068 m ²	30 ° C		0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.715 kcal/h
		พื้น	0.188 m ²	30 ° C		0.019 kcal/ mh ^o C	0.025 m 0.76 kcal/ mh ^o C	4.286 kcal/h
	รวม 26.571 kcal/h							
ความร้อนที่เกิดขึ้นในตู้เย็น	หลอดไฟ	ความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ q 860 Kcal/kW	ค่ารวมวัตต์ของหลอดไฟในตู้เย็น W 0.015 k	เวลาเปิดไฟใน 24 ชม. H 3 h	Q ₃ = q x W x H X 1/24 1.609 kcal/h			
	ความร้อนจากเครื่องจักรเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในตู้เย็น	กำลังสิ้นเปลือง W 0.19 k/h	เวลาทำงานใน 24 ชม. Hr 24 h			Q ₄ = 0.86 x W x Hr x 1/24 0.163 kcal/h		
	ภาระทั้งหมด		Q ₁ + Q ₂ + Q ₃ + Q ₄ 28.34 kcal/h					

เปลี่ยนหน่วยกิโลแคลอรี (kcal) ให้เป็นหน่วยวัตต์ (watts) จะได้ 32.93 วัตต์ต่อชั่วโมง (1 กิโลแคลอรี เท่ากับ 1.162 วัตต์)

1.1.3.2 การหาจำนวนโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนรุ่น TEC1-12704 มีคุณสมบัติดังนี้

- ค่ากระแสสูงสุด (I_{max}) = 4.4 A
- ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{max}) = 13.5 V
- ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุด (Q_{max}) = 36 W
- จำนวนรอยต่อ p-n = 127
- ผลต่างอุณหภูมิด้านร้อนและด้านเย็นสูงสุด (ΔT) = 59 °C ที่อุณหภูมิด้านร้อน 30 °C

โดยไม่มีภาระความร้อน

- ขนาดความกว้าง 40 ความยาว 40 และความหนา 4 มิลลิเมตร

หาค่า Q_c ซึ่งเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนที่ด้านเย็น (W) ได้จากสมการ

$$Q_c = V \times I \times COP$$

โดยกำหนดให้ V เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ = 12 V

I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ = 3.9 A

COP เป็นค่าสมรรถนะการทำความเย็น = 0.25

$$\text{ได้ค่า } Q_c = 11.70 \text{ W}$$

หาจำนวนโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (N) ได้จากสมการ

$$N = \frac{Q_{net}}{Q_c}$$

กำหนดให้ Q_{net} เป็นค่าภาระความเย็น = 32.93 W

Q_c เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนด้านเย็น = 11.70 W

$$\text{ได้ค่า } N = \frac{32.93}{11.70} = 2.81$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนรุ่น TEC1 – 12704 จำนวน 3 ชุด

1.1.3.3 ศึกษารายละเอียดในการออกแบบสร้างชุดระบายความร้อนภายในตู้เย็น เพื่อใช้ในการทำความเย็นในตัวตู้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้ารายละเอียดของบริษัทมาร์โล อินดัสทรีส์ ซึ่งเป็นผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทำความเย็น โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ได้วิธีการคำนวณหาค่าภาระความร้อนของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน และวิธีการเลือกโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวนที่เหมาะสมโดยใช้สมการ

การรวมการพาและการนำความร้อนในตู้เย็น (Marlow Industries. 2541 : 5) เนื่องจากค่าการแผ่รังสีมีค่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการพาและการนำความร้อนจึงไม่นำมารวมด้วยจะได้

$$Q_{\text{passive}} = (A \times \Delta T) / (x / k + 1 / h)$$

เมื่อ Q_{passive} คือ ภาระความร้อน (Heat Load) (W)

A คือ พื้นที่ผิวด้านนอกทั้งหมดของกล่องปิด (m^2) = 1.1655 m^2

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ($^{\circ}\text{C}$) = 30°C

x คือ ความหนาของฉนวน (m) = 0.025 m

k คือ สภาพการนำความร้อนของฉนวนโพลียูรีเทน ($\text{W} / \text{m}^{\circ}\text{C}$)
= $0.039 (\text{W} / \text{m}^{\circ}\text{C})$

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนลมเป่า ($\text{W} / \text{m}^2^{\circ}\text{C}$)
= $137.5 (\text{W} / \text{m}^2^{\circ}\text{C})$

แทนค่าจะได้ $Q_{\text{passive}} = 27.25$ วัตต์

การหาค่าขอบเขตอุณหภูมิ (Define Temperatures, ΔT) ของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ที่ด้านเย็นและด้านร้อนของตัวโมดูลซึ่งต้องเย็น และร้อนกว่าอุณหภูมิในตัวตู้และด้านหลังตัวตู้จะได้จาก

$$\Delta T = (T_h - T_c)$$

เมื่อ T_h คือ อุณหภูมิด้านร้อนของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ($^{\circ}\text{C}$) = 33°C

T_c คือ อุณหภูมิด้านเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ($^{\circ}\text{C}$) = -5°C

แทนค่าจะได้ $\Delta T = 38^{\circ}\text{C}$

การกำหนดจำนวนชั้นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ต้องการ (Marlow Industries.
2541 : 2)

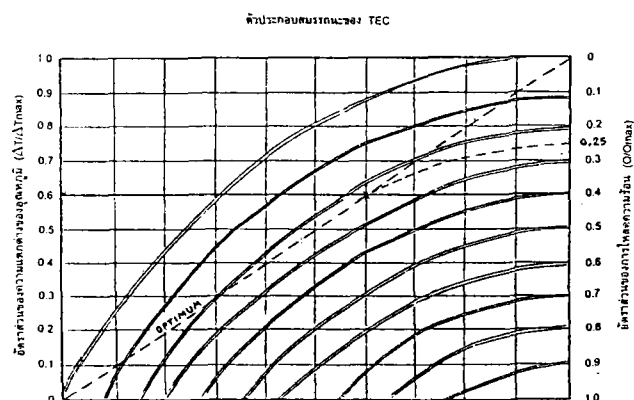
ตาราง 3 การกำหนดจำนวนชั้นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ชั้น	ค่าขอบเขตอุณหภูมิ(ΔT_{max}) (Dry N_2 @1 atm)	ΔT_{max} (Vacuum)
1	64	67
2	84	91
3	95	109
4	-	115

จะใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในชั้นที่ 1 ซึ่งมีค่า ΔT_{max} คือ $64^{\circ}C$ (dry N_2 @ 1 atm) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า ΔT ที่ต้องการคือ $38^{\circ}C$

การเลือกโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่เหมาะสม โดยใช้กราฟ (Performance Graph) ดังภาพประกอบ 11 ตัวประกอบสมรรถนะของ TEC หาค่าสูงสุดโดย

- กำหนดอัตราส่วนของ $\Delta T / \Delta T_{max}$ จะได้เท่ากับ $38/64 = 0.6$
- กำหนดค่า $\Delta T / \Delta T_{max}$ ในรูปกราฟตัวประกอบสมรรถนะของ TEC (Marlow Industries. 2541 : 4)



ภาพประกอบ 11 ตัวประกอบสมรรถนะของ TEC

- C. จะได้ค่า $Q/Q_{\max}$ (Optimum Value of $Q/Q_{\max}$) = 0.25
- D. หาค่าสูงสุดของ $Q/Q_{\max}$ (Maximum Value of $Q/Q_{\max}$) = 0.4
- E. นำค่าภาวะความร้อนมาหารด้วยค่า $Q/Q_{\max}$ (Optimum Value of $Q/Q_{\max}$) และ $Q/Q_{\max}$ (Maximum Value of $Q/Q_{\max}$) จะได้

$$\frac{\text{Optimum}}{Q_{\max}} = 27/0.25 = \underline{108} \text{ วัตต์}$$

$$\frac{\text{Maximum}}{Q_{\max}} = 27/0.4 = \underline{67.5} \text{ วัตต์}$$

- F. เลือกโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจากรายละเอียดผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายอยู่โดยที่ค่า $Q_{\max}$ จะต้องมากกว่าค่าของ Maximum $Q_{\max}$ ซึ่งจากที่คำนวณได้ = 67.5 วัตต์ แต่จะต้องน้อยกว่า Optimum $Q_{\max}$ คือไม่เกิน 108 วัตต์

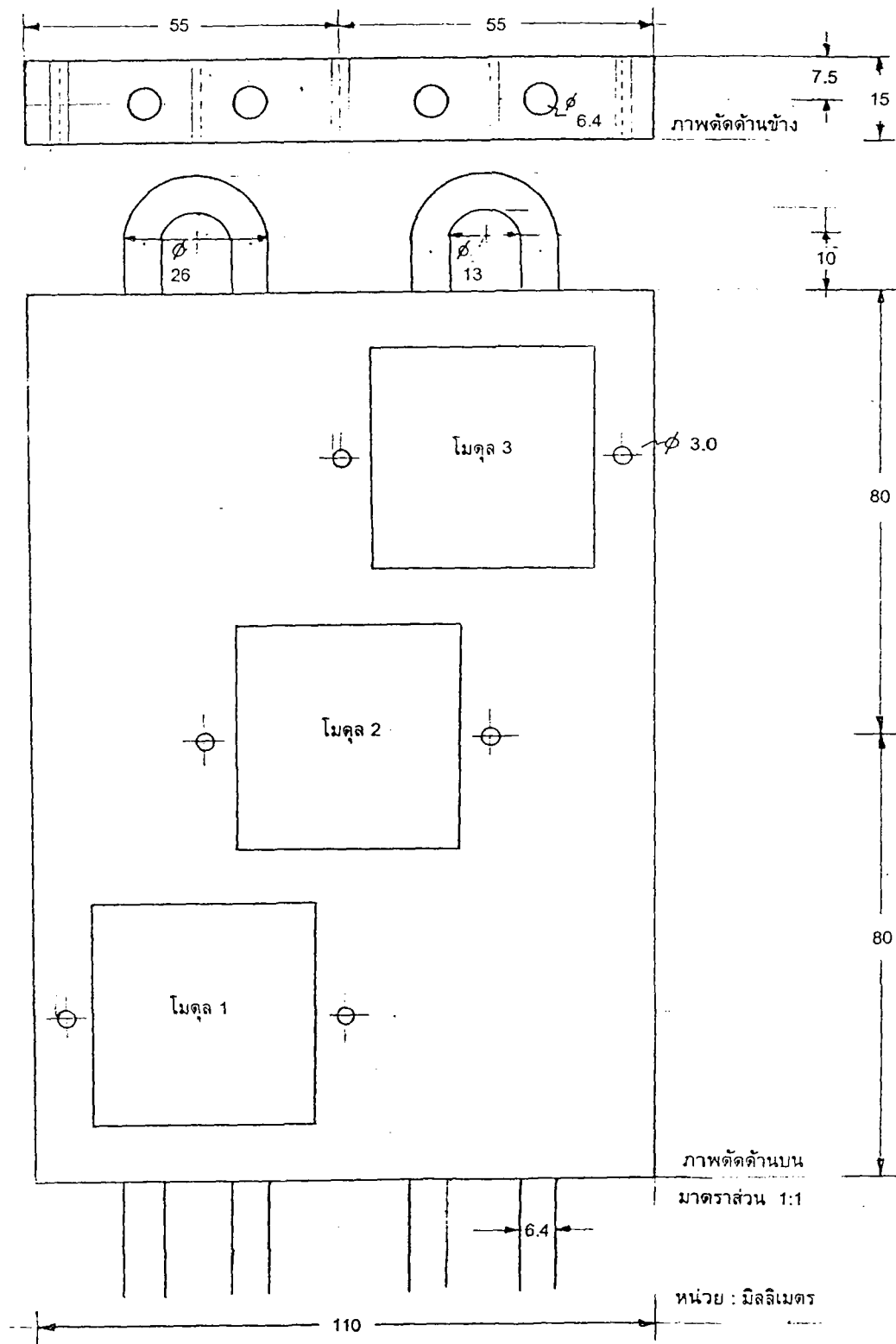
ผลิตภัณฑ์โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดสามารถให้ค่า Maximum $Q_{\max} = 36$ วัตต์ ค่ากระแสสูงสุด $I_{\max} = 4.4$ แอมแปร์ และค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด $V_{\max} = 13.5$ โวลต์ ซึ่งมีค่าไม่เพียงพอกับค่าที่คำนวณได้ต้องใช้โมดูลที่มีอยู่อย่างน้อย 3 ชุด (108 วัตต์) จึงจะได้ค่าเท่ากับ Optimum $Q_{\max}$

จากการใช้สมการสองสมการในการหาจำนวนโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เพื่อใช้ในตู้เย็น ขนาด 53 ลิตร ต้องใช้จำนวนโมดูลขั้นต่ำ 3 ชุด ซึ่งสามารถทำความเย็นได้ ผู้วิจัยจึงต้องการเพิ่มจำนวนชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนเป็น 4 และ 5 ชุด เพื่อผลในการทำทำความเย็นได้เวลาเร็วขึ้น และระดับอุณหภูมิต่ำลงพอเพียง

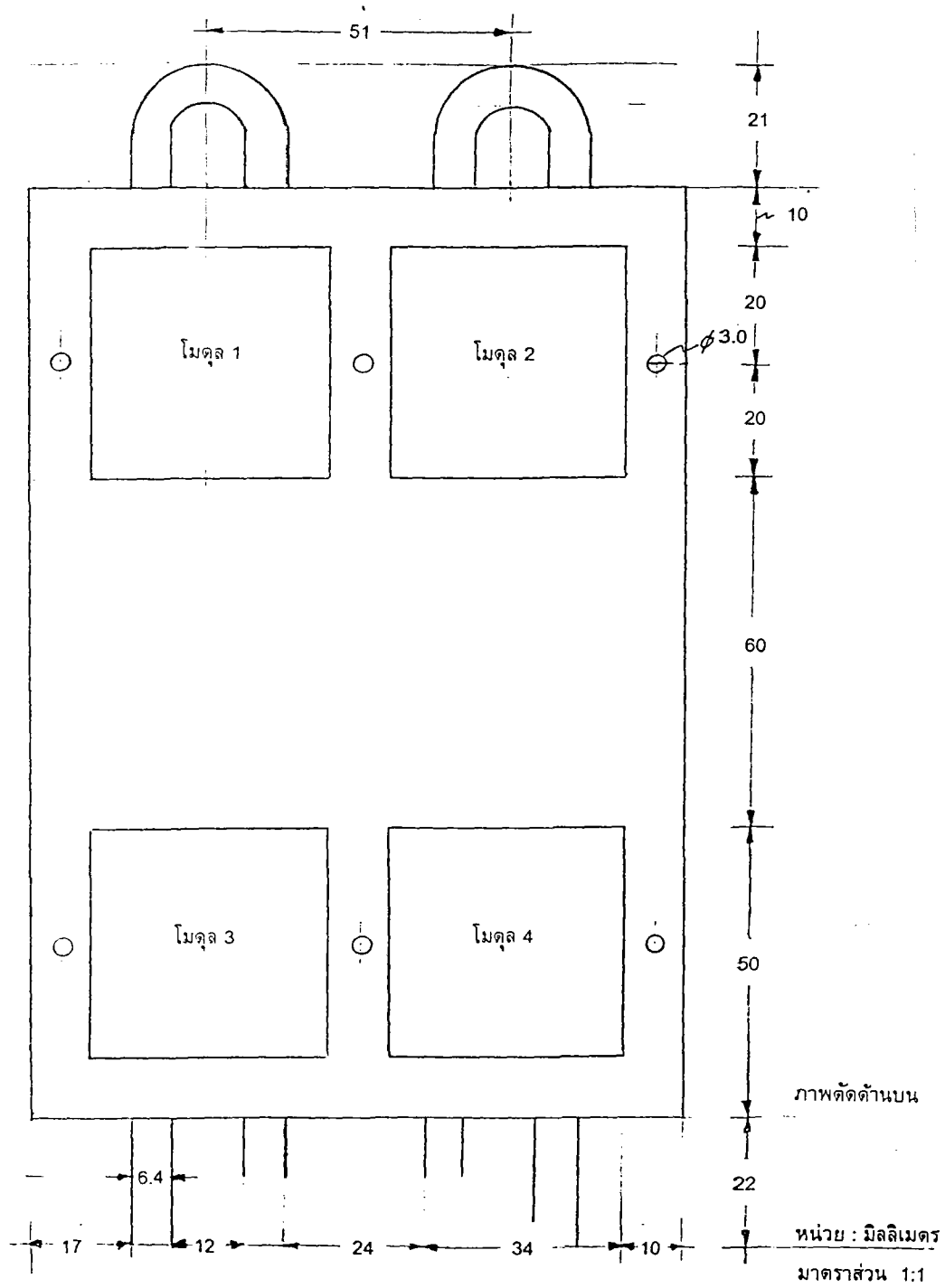
1.2 การสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น ชุดระบายความร้อน การไหลเวียนของน้ำระบายความร้อน

1.2.1 นำสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์ทำความเย็นและอุปกรณ์ประกอบ

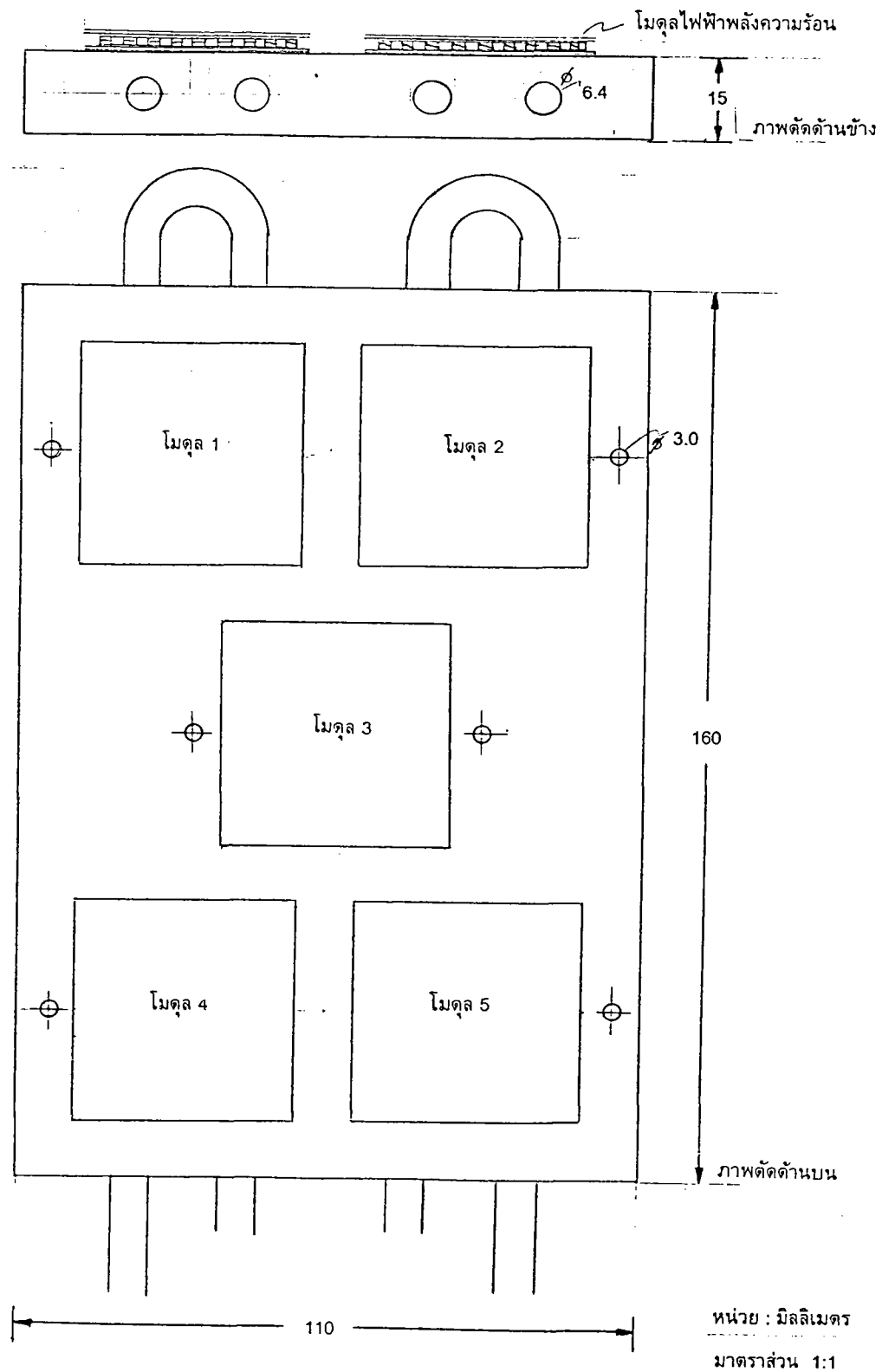
1.2.1.1 ศึกษารายละเอียดในการออกแบบสร้างชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อใช้ในการระบายความร้อนให้แก่ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้ประกอบโมดูล 3 ชุด

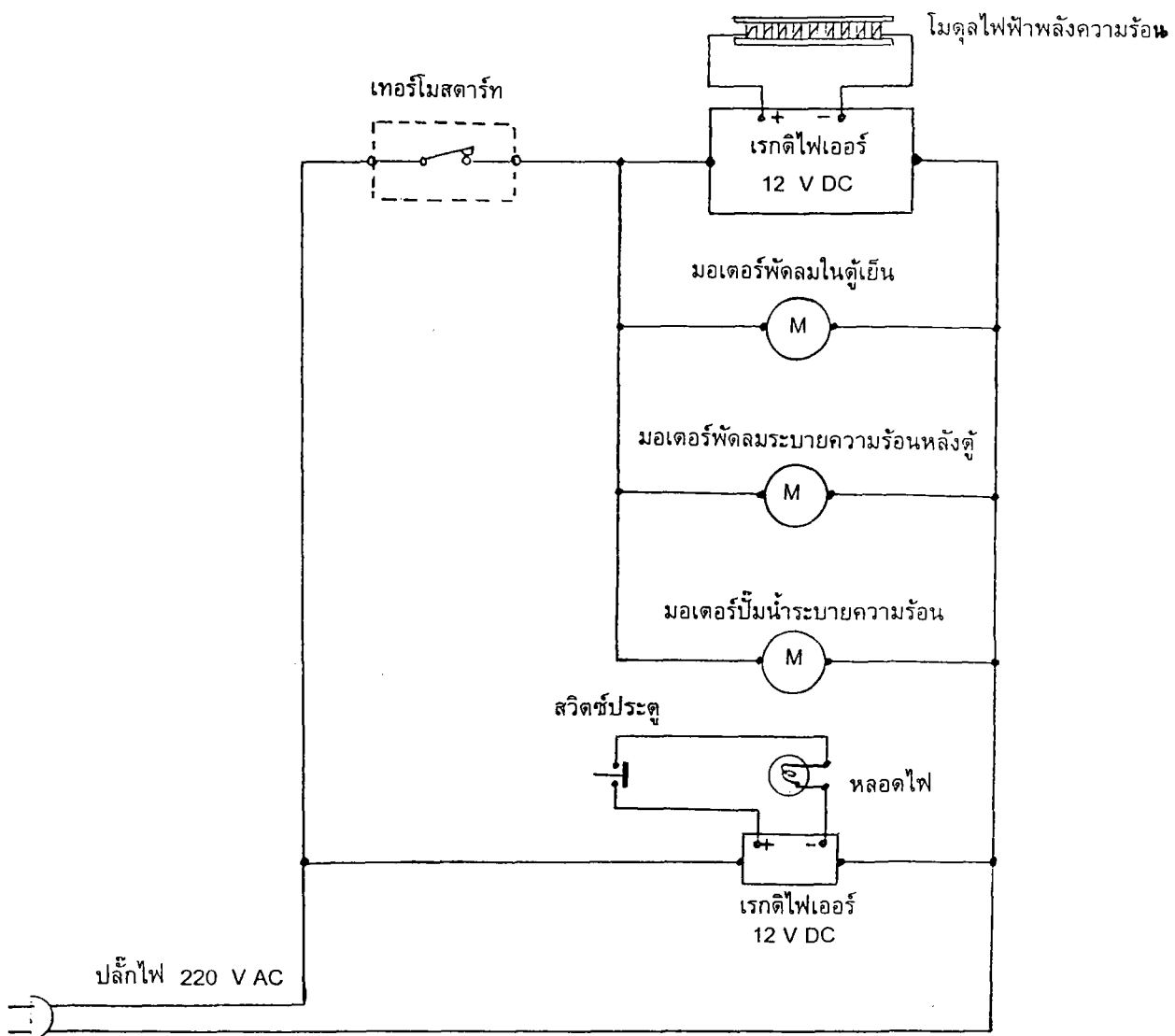


ภาพประกอบ 12 แผนระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้ประกอบโมดูล 4 ชุด (ต่อ)



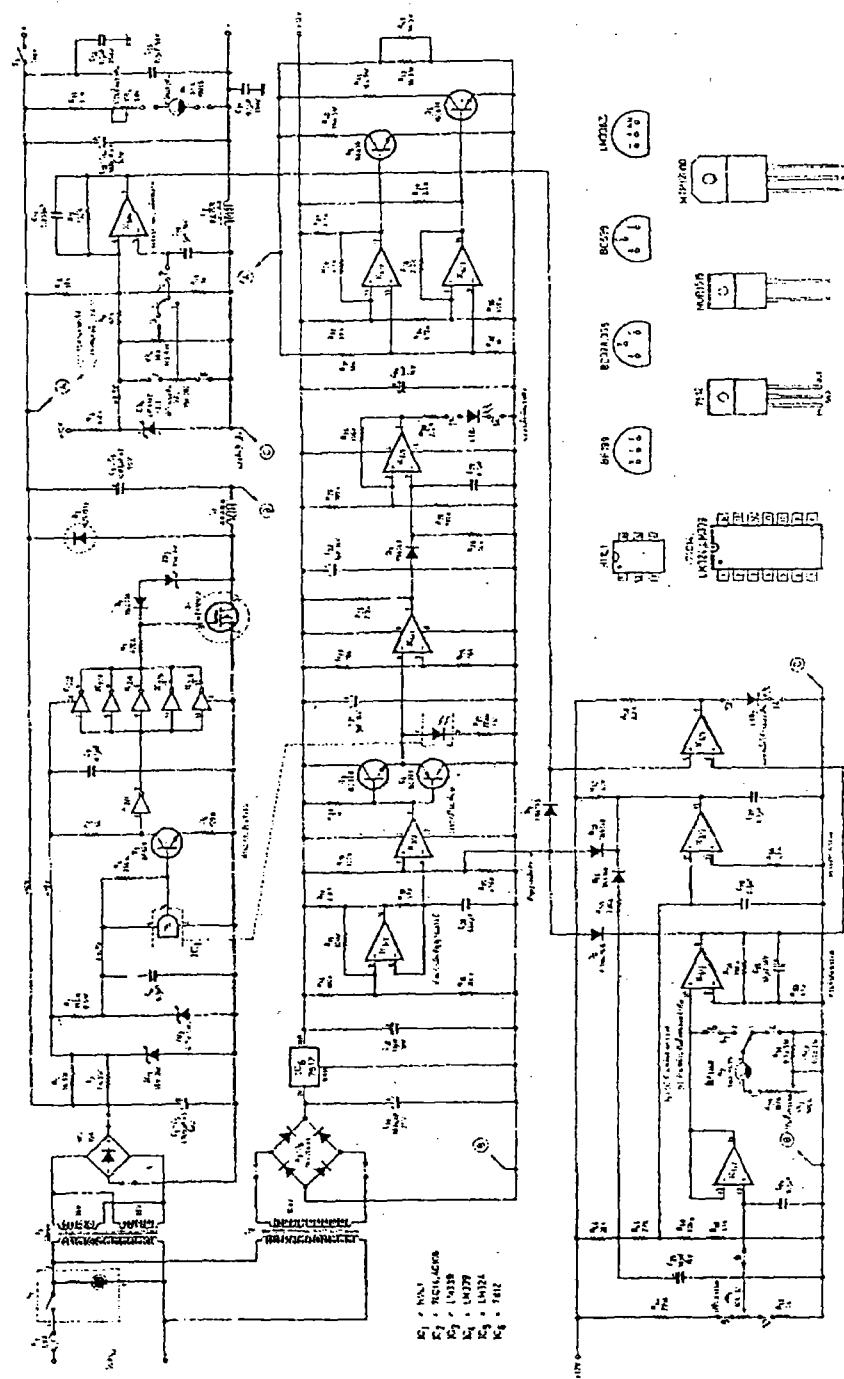
ภาพประกอบ 12 แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ ใช้ประกอบโมดูล 5 ชุด (ต่อ)

1.2.1.2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของตู้เย็นระบบไฟฟ้าพลังความร้อน ดังภาพประกอบ 13



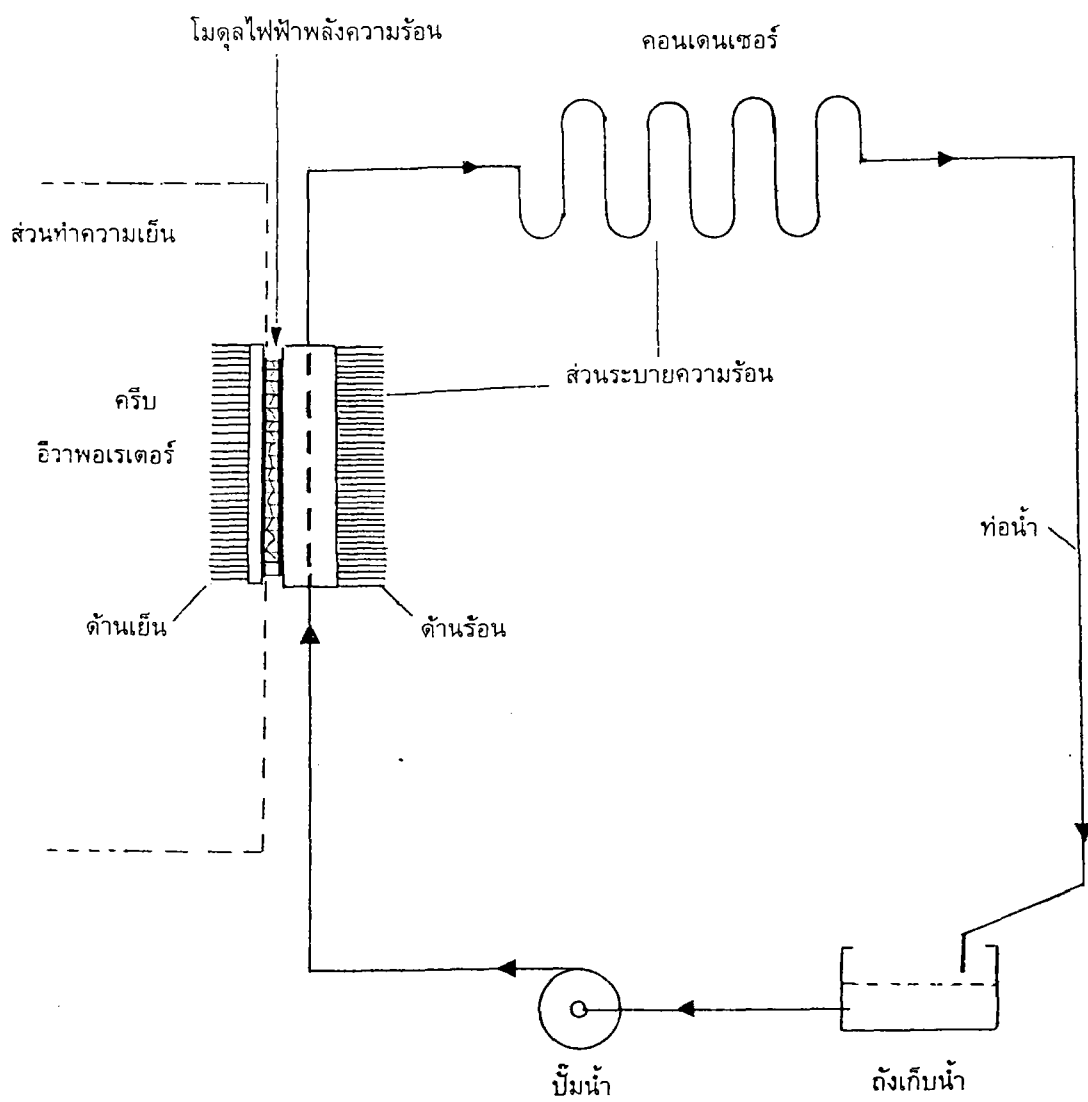
ภาพประกอบ 13 วงจรไฟฟ้าตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้โมเดลไฟฟ้าพลังความร้อน

1.2.1.3 วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งใช้กับโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน
 ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 วงจรสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งใช้กับโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

1.2.1.3 การออกแบบวงจรระบายความร้อนด้วยน้ำของตู้เย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้า
พลังความร้อน ดังภาพประกอบ 15



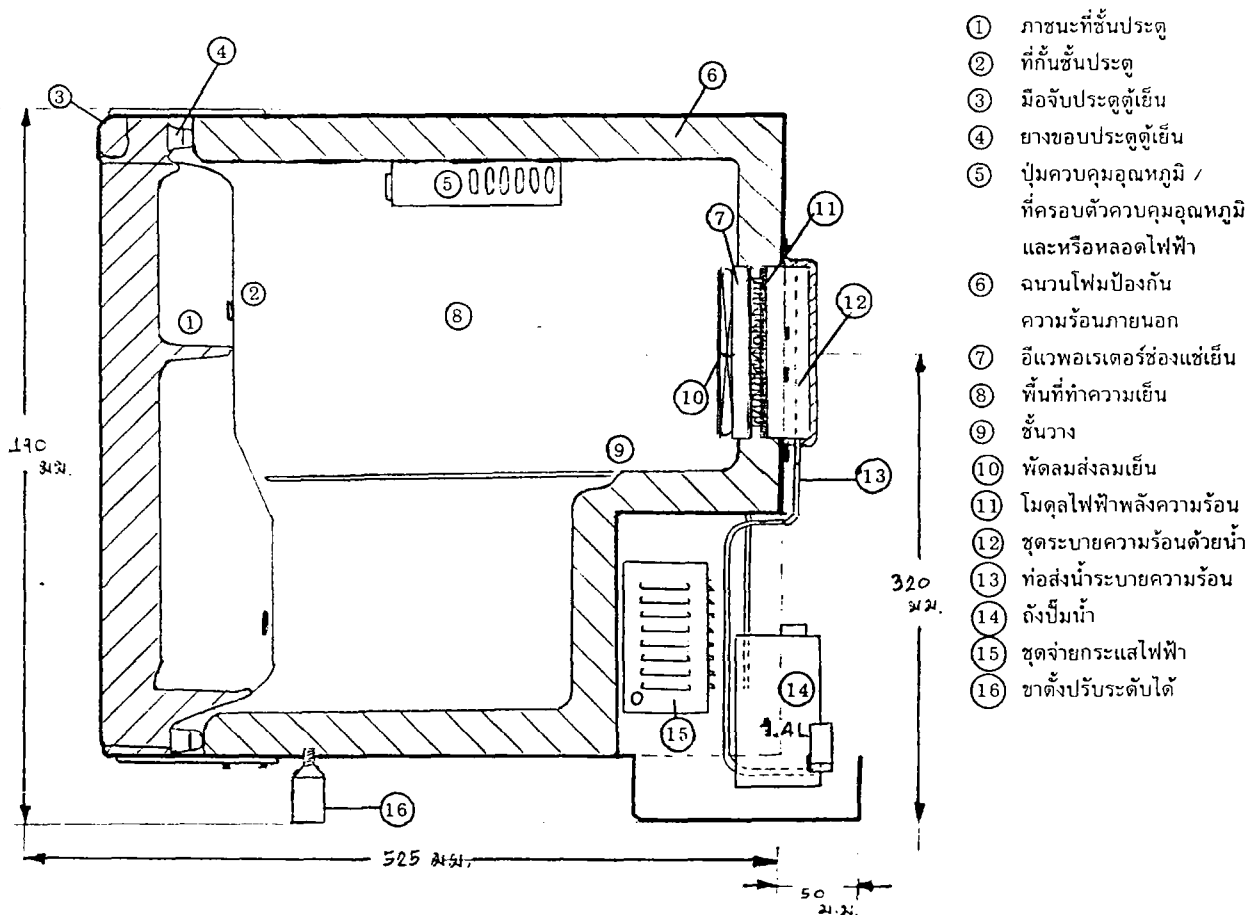
ภาพประกอบ 15 วงจรน้ำระบายความร้อนตู้เย็น

1.2.2 นำข้อมูลให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและเสนอแนะเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไข

1.2.3 จัดสร้างชิ้นงานเครื่องทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

2. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น

2.1 การออกแบบอุปกรณ์ทำความเย็นชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนสำหรับติดตั้งในตู้เย็น ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ภาพตัดด้านข้างของตู้เย็นขนาดเล็กโดยใช้โมดูลไฟฟ้าฯ

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้

2.2.1.1 เครื่องตรวจวงจรไฟฟ้า เพื่อใช้วัดแรงดันไฟฟ้าทั้งกระแสสลับ และ กระแสตรง (AC/DC) ความต้านทาน และวัดกระแสตรง (DC) เท่านั้น ของวงจรไฟฟ้า

2.2.1.2 มีดตัดท่อหรือคัตเตอร์ เป็นเครื่องมือสำหรับตัดท่อในระบบวงจรน้ำระบายความร้อน

2.2.1.3 रिमเมอร์ ใช้ปรับแต่งพื้นที่ผิวปากท่อ หลังจากที่ได้ตัดท่อไปแล้ว ปากท่อจะไม่เรียบ ก่อนที่จะนำไปใช้งานต้องปรับแต่งบริเวณปากท่อให้เรียบด้วยริมเมอร์

2.2.1.4 เครื่องมือบานแฟลร์ท่อ เป็นเครื่องมือที่ใช้บานแฟลร์ท่อทองแดง ประกอบด้วยตัวจับท่อทองแดง ซึ่งมีรูขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ $\frac{1}{4}$ - $\frac{5}{8}$ นิ้ว เป็นชุดจับท่อให้แน่นในขณะดอกลหรือขันทำบานแฟลร์ ตัวขันหรือดอกลเพื่อบานแฟลร์สามารถทำการบานแฟลร์ได้ทั้งชั้นเดียวหรือสองชั้นแล้วแต่งานที่จะนำไปใช้

2.2.1.5 เหล็กขยายท่อ เมื่อต้องการต่อท่อขนาดเดียวกันด้วยการเชื่อมประสานปากของท่อที่จะเอามาต่อกันนั้น จะต้องขยายด้านใดด้านหนึ่งให้โตพอที่จะนำปากท่ออันที่ไม่ได้ขยายใส่เข้าไปได้พอดี ซึ่งในการนี้จะต้องใช้เหล็กขยายท่อ

2.2.1.6 เครื่องมือตัดท่อ เพื่อให้การตัดท่อเป็นไปตามที่ต้องการโดยไม่เกิดความเสียหายแก่ท่อ จะต้องใช้เครื่องมือตัดท่อ เพื่อใช้ในการตัดท่อทุกครั้ง เครื่องมือตัดท่อมียุคและรูปร่างต่าง ๆ กัน และสามารถตัดท่อให้อยู่ในรูปและมุมมองต่าง ๆ กันอีกด้วย

2.2.1.7 ค้อน เป็นเครื่องมือช่างทั่ว ๆ ไป

2.2.1.8 ไส้ควงชุด เป็นแบบที่สามารถเปลี่ยนปากได้โดยใช้ด้ามอันเดียวกัน

2.2.1.9 ไส้ควงทดสอบไฟ ใช้ขันและตรวจสอบว่าจุดใดจุดหนึ่งในระบบวงจรไฟฟ้าขนานนั้นมีกระแสไฟฟ้าผ่านอยู่หรือไม่ ทำให้ทราบถึงอันตรายที่จะเกิดและเพิ่มความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดมากขึ้นในขณะปฏิบัติงาน

2.2.1.10 สว่านไฟฟ้า เป็นเครื่องไฟฟ้าที่ใช้จับดอกสว่านขนาดต่าง ๆ เพื่อเจาะงาน เพื่อยึดหรือประกอบส่วนต่าง ๆ ด้วยสกรูกับนอต

2.2.1.11 ชุดดอกสว่าน เป็นดอกเจาะที่ใช้เจาะงานต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ เป็นชุด เพื่อเลือกใช้ในขนาดต่าง ๆ ได้สะดวก

2.2.1.12 เลื่อยเหล็ก เป็นเครื่องมือที่ใช้ตัดโลหะ

2.2.1.13 ชุดตะไบ เป็นเครื่องมือที่ใช้ตกแต่งโลหะให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ

2.2.1.14 คีมตัด ใช้ตัดสายไฟ

2.2.1.15 คีมปากยาว เป็นคีมที่ปากยาวสามารถคิบบหรือจับงานในที่ลึก ๆ ได้มีทั้งปากแบนและปากแหลม

2.2.1.16 เทอร์โมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ ในขณะทำการทดลอง

2.2.1.17 คีมย้ำ ใช้ย้ำแผ่นหรือแท่นเครื่องให้ยึดติดกันแน่น

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบและสร้าง

2.2.2.1 แผ่นระบายความร้อนอลูมิเนียมครีป (Heat Sink) ขนาด 120 x 160 mm. ใช้ประกอบชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนเพื่อดูดความร้อนภายในตู้เย็น

2.2.2.2 พัดลมระบายอากาศ ขนาด 120 x 120 x 26 mm. การระบายลม 93 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ใช้ประกอบชุดแผ่นระบายความร้อน เพื่อช่วยดูดความร้อนภายในตู้เย็น

2.2.2.3 แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาด 120 x 160 x 15 mm. ทำทองแดง ขัดมัน เซาะร่องบนแผ่นทองแดง ใส่ท่อทองแดงขนาด 6.4 mm. เชื่อมติดแผ่นทองแดงเพื่อให้ น้ำไหลผ่านได้ ใช้ประกอบชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เพื่อระบายความร้อนออกจากชุดโมดูล

2.2.2.4 ชุดถังเก็บน้ำและปั๊มน้ำระบายความร้อน ขนาดปริมาตรการไหล 1.6 ลิตรต่อนาที ใช้ประกอบกับแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อให้ น้ำหมุนเวียนผ่านแผ่นระบาย โดยใช้อย่างทนความร้อนไปสู่ส่วนระบายความร้อนด้านหลังตู้เย็น

2.2.2.5 พัดลมระบายอากาศ ขนาด 120 x 120 x 26 mm. อัตราการระบายลม 93 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ใช้ประกอบแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อพาความร้อนออกไป

2.2.2.6 โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เป็นตัวทำความเย็นให้เกิดขึ้นภายในตู้เย็นและ ทำความร้อนภายนอกตู้ ใช้ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Thermonamic Electronics (Xiamen) Co.,Ltd. เบอร์ TEC1-12704 ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด

2.2.2.7 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 30 แอมแปร์ แบบสวิทช์ซึ่ง ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ตัวโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนและทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ ปั๊มน้ำสู่แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ

2.3 สถานที่และระยะเวลา ที่ใช้ในการสร้างประกอบและติดตั้งอุปกรณ์เครื่องทำความเย็น ขนาดเล็กโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้ห้องพักเลขที่ 181/83 ถนนอิสราภาพ แขวงบ้านช่างหล่อ เขต บางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่ทำการศึกษาทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง สิงหาคม 2543 - มกราคม 2545

3. วิธีการทดสอบประสิทธิภาพความเย็นและการประเมินความเหมาะสม

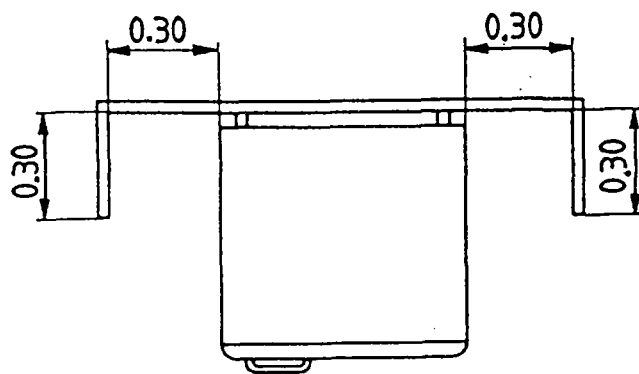
3.1 วิธีการทดสอบ อ้างอิงวิธีการทดสอบของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์กระทรวง อุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ใน หัวข้ออุณหภูมิเก็บอาหารเป็นเกณฑ์เทียบเคียง โดยใช้การวัดอุณหภูมิของช่องแช่เย็น

3.1.1 ปรับสภาวะในห้องทดสอบ ให้อุณหภูมิภายนอกโดยรอบตู้เย็นอยู่ในชั้น ภูมิอากาศ T (ชั้นภูมิอากาศเขตร้อน (Tropical class) ที่อุณหภูมิ +18 ถึง +43 องศาเซลเซียส (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538 : 7,31-32)

3.1.2 ทดสอบตู้เย็น โดยไม่มีสิ่งทดสอบบรรจุในตู้เย็น (No Load)

3.1.3 ปรับตั้งเทอร์โมสแตตในตู้เย็น เมื่อตู้เย็นทำงานจนกระทั่งอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น (t_m) = 5 ± 1 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิช่องแช่เย็นแต่ละตำแหน่ง (t_1 , t_2 และ t_3) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ +10 องศาเซลเซียส

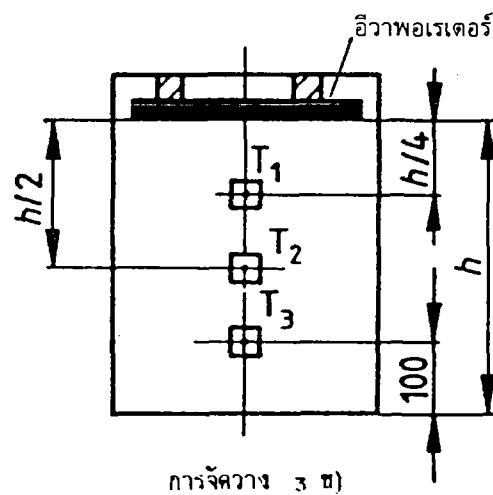
3.1.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งตู้ทดสอบ จัดให้มีการจัดการหมุนเวียนของอากาศเหมือนสภาพการใช้งานจริง โดยใช้แผงกันตามภาพประกอบ 17



หน่วยเป็นเมตร

ภาพประกอบ 17 แผงกันลม

3.1.5 การวัดอุณหภูมิของช่องแช่เย็น ณ ตำแหน่ง t_1 , t_2 และ t_3 แสดงดังภาพประกอบ 18



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภาพประกอบ 18 การวัดอุณหภูมิของช่องแช่เย็น

ซึ่งจะอยู่กึ่งกลางระหว่างผนังด้านในของตู้เย็นกับผนังด้านในของประตูเมื่อปิดอยู่ แล้ว
คำนวณหาอุณหภูมิเฉลี่ย t_m

- ตัวตรวจจับอุณหภูมิ จะแยกห่างจากผิวที่มีการนำความร้อน โดยมีช่องว่างห่างจาก
ด้านหลังของตู้เย็นเป็นระยะ 25 มม. การต่อเครื่องวัดต้องจัดวางในลักษณะที่ยังคงทำให้ช่องแช่
เย็นปิดสนิท

3.1.5 ช่วงเวลา ที่ใช้ในการทดสอบค่าประสิทธิภาพอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หลังจาก
สภาวะการทำงานคงที่แล้ว

4. การประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมด้านการใช้งาน

4.1 การประเมินประสิทธิภาพของตู้เย็น จะประเมินจากการตรวจวัดการทำความเย็น
ได้ในระดับอุณหภูมิแช่เย็นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 455-2537)

สถานที่ในการตรวจวัดอุณหภูมิความเย็น

สถานที่ของหน่วยงานประเมินตรวจวัดการทำความเย็นที่บ้านเลขที่ 181/83 ถนน
อิสราภาพ แขวงบ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700 โทร. 0-2866-1787

4.2 การประเมินด้านความเหมาะสมในการใช้งาน จะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญดังนี้

4.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องทำความเย็นและตู้เย็น

4.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า

4.2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์

การสร้างแบบประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน มีรายละเอียด 4 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นคำชี้แจงวัตถุประสงค์และการตอบแบบประเมินความเหมาะสมด้าน
การใช้งาน

ตอนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นเรื่องความเหมาะสมด้านการใช้งานของ
อุปกรณ์ทำความเย็นไฟฟ้าพลังความร้อน ใช้มาตราส่วนประมาณค่า คะแนน 5 ระดับ ตามวิธีของ
ลิเคอร์ท์

5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง

1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับที่ไม่ได้

ความเหมาะสมด้านการใช้งานที่จะประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

1. ด้านกายภาพทั่วไป
2. ด้านการบำรุงรักษา
3. ด้านความปลอดภัย

ตอนที่ 4 เป็นคำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ

การดำเนินการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ

1. ติดต่อผู้เชี่ยวชาญให้รับทราบถึงการประเมินงานวิจัย
2. มอบคู่มือการใช้งาน
3. แนะนำการใช้งาน
4. ให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้และกรอกแบบประเมินแสดงความคิดเห็น
5. นำข้อมูลไปวิเคราะห์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของประสิทธิภาพของตู้เย็นขนาดเล็ก โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จะวิเคราะห์จากระดับอุณหภูมิความเย็นภายในเครื่องทำความเย็นโดยเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 455-2537) ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเหมาะสมในการใช้งาน โดยนำแบบประเมินผลมาดำเนินการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของอุปกรณ์ทำความเย็น ด้วยวิธีทางสถิติดังนี้

5.2.1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมด้านการใช้งาน

- | | | |
|------------|---|-------|
| มากที่สุด | 5 | คะแนน |
| มาก | 4 | คะแนน |
| ปานกลาง | 3 | คะแนน |
| น้อย | 2 | คะแนน |
| น้อยที่สุด | 1 | คะแนน |

5.2.2 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณ

5.2.2.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

5.2.2.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.51-5.00	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
3.51-4.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
2.51-3.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีพอใช้
1.51-2.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง
1.00-1.50	ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อหาประสิทธิภาพการทำความเย็นและการประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญ คือ

1. ค่าเฉลี่ย ใช้สูตร (ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ. 2536 : 59-60)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของอุณหภูมิทั้งหมด

n คือ จำนวนชั่วโมง

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สูตร (กานดา พูนลาภทวี. 2539 : 55)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิ

X คือ ข้อมูลอุณหภูมิแต่ละชั่วโมง

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ

n คือ จำนวนชั่วโมง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าเรื่องการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3,4 และ 5 ชุดในตู้เย็น ขนาดความจุ 53 ลิตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษารายละเอียดและรวบรวมข้อมูลอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบระบบการทำความเย็นที่ใช้กับตู้เย็นในการทดลอง ด้านคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เพื่อใช้สำหรับออกแบบและประกอบเข้าเป็นชุด ใช้อุปกรณ์เครื่องมือเพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ทำงานได้ตามที่กำหนดไว้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จัดหาชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 36 วัตต์ โดยโมดูล 1 ตัว มีพื้นที่ 40x40 มิลลิเมตร ความหนาของชุดโมดูล 4.70 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด ซึ่งเป็นจำนวนสูงสุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ นำมาวัดขนาด เพื่อใช้ออกแบบอุปกรณ์รับความเย็นและส่วนรับความร้อนทั้งสองด้านของชุดโมดูล โดยใช้ทองแดงแผ่นขนาด 160x120 มิลลิเมตร หนา 16 มิลลิเมตร นำไปเจาะรูวางขดทองแดงเพื่อให้มีน้ำระบายความร้อนไหลผ่านพาความร้อนออกจากแผ่นทองแดง นำไปเชื่อมฝังลงบนแผ่นทองแดงประกอบกับชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกับแผ่นความเย็น รับความเย็นจากชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนเป็นแผ่นอลูมิเนียมครีขนาด 120x160 มิลลิเมตร นำไปคว้านเจาะรูร้อยกันเป็นชุด ซึ่งจะติดตั้งไว้ด้านในหลังตู้

ทดสอบการไหลรวมกับชุดปั๊มน้ำระบายความร้อนโดยประกอบเข้ากับชุดแผ่นระบายความร้อนจากโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน พบรูรั่วซึมจึงนำไปซ่อมรูรั่ว นำมาทดสอบการไหลเวียนของน้ำระบายความร้อนไม่พบรูรั่ว

2. ประกอบชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ติดตั้งโดยทำขั้วต่อสายให้กับชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ติดตั้งพัดลมในตู้เย็น พัดลมระบายความร้อน และสายไฟต่อปั๊มน้ำระบายความร้อนด้านหลังตัวตู้ ติดตั้งฟิวส์ความร้อนที่แผ่นระบายความร้อน ฟิวส์ป้องกันกระแสเกินด้านขั้วต่อสายหลังตู้ และสายดินเข้ากับแท่นหลังตู้

ทดสอบระบบวงจรไฟฟ้าที่จ่ายเข้าตู้และอุปกรณ์ด้านหลังตู้ ไม่พบข้อบกพร่อง

3. ประกอบชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน โดยรวมแผ่นระบายความร้อน แผ่นความเย็น ลงในตู้ตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ทากาวซิลิโคนประสานยึดไว้กับตัวตู้ แล้วนำไปเทโฟมปิดทางด้านหลังตู้ นำมาประกอบวงจรไฟฟ้า วงจรน้ำระบายความร้อน

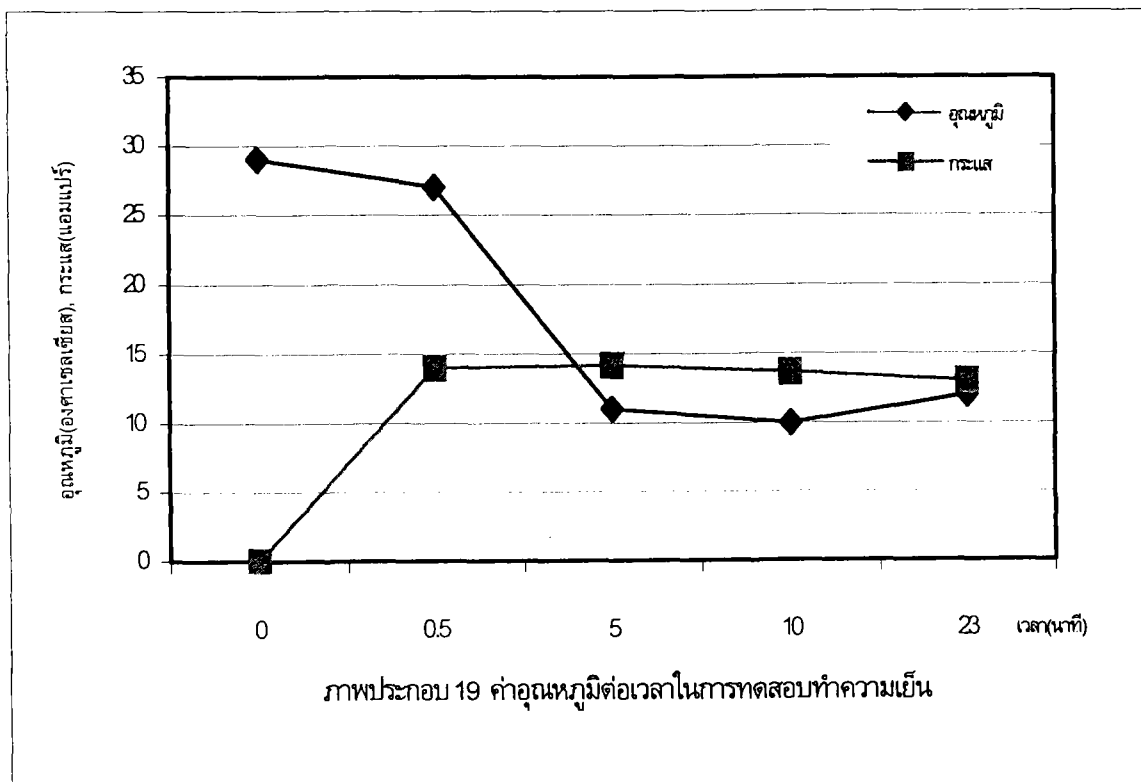
ทดสอบการทำความเย็นวันที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2544 เวลา 8.50 น. โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในการทดสอบความเย็น 5 ชุด ซึ่งเป็นจำนวนสูงสุดที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เพื่อจะได้ทราบค่าเวลาในการทำความเย็นต่ำสุด ค่าอุณหภูมิที่ทำได้ต่ำสุดและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นของตู้ขนาดปริมาตรความจุ 53 ลิตร ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดมือถือบันทึกค่าความเย็นที่แผ่กระจายภายในตู้ได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 บันทึกค่าอุณหภูมิเทียบกับเวลาและกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ในแผ่น
ความเย็น 5 ชุด ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิที่แผ่นความเย็น

วัดครั้งที่	เวลา	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (แอมแปร์)
1	0	29	0
2	30 วินาที	27	14.00
3	5 นาที	11	14.17
4	10 นาที	10	13.70
5	23 นาที	12	13.01

จากตาราง 4 ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ 10 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิปกติ 29 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำความเย็น 10 นาที กระแสไฟฟ้าใช้งานสูงสุดที่ 14.7 แอมแปร์ ในการบันทึกครั้งที่ 5 ที่เวลาผ่านไป 23 นาที ค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของท่อทองแดงเพิ่มเป็น 47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำ 58 องศาเซลเซียส นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงค่าอุณหภูมิต่อเวลาในการทำความเย็นได้ดังภาพประกอบ 19

ภาพประกอบ 19 ค่าอุณหภูมิต่อเวลา เมื่อเริ่มป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ชุดทำความเย็นและชุดระบายความร้อน อุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิห้อง (29 องศาเซลเซียส) สู่จุดต่ำสุด (10 องศาเซลเซียส) ในเวลา 10 นาที และในเวลาอีก 13 นาที ต่อมาค่าอุณหภูมิเริ่มเพิ่มขึ้น (12 องศาเซลเซียส)



ผลของค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในแผ่นความเย็นที่ช่องแช่เย็น และอุณหภูมิที่สูงขึ้นของท่อทองแดงและน้ำในถังเก็บน้ำ ทำให้ต้องหาสาเหตุในความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทำให้ทราบว่าปัญหาที่ตัวทำความเย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนทำงานได้ไม่เต็มศักยภาพ คือ ปัญหาเรื่องการระบายความร้อนออกจากแผ่นระบายความร้อนไม่ดีพอ ผลที่ทำให้ความร้อนไหลออกจากแผ่นระบายความร้อนไม่ทัน เนื่องจากตัวแผ่นระบายความร้อนมีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพของตัวทำความเย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนมีค่าลดลง (สมโภชน์ อุททัยวิวัฒน์กุล. 2541 :189)

ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ถึงน้ำกับท่อทองแดงและอุณหภูมิห้องแตกต่างกันที่ 11 กับ 18 องศาเซลเซียส และความแตกต่างรวม 29 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในของแผ่นความเย็นไม่คงที่ ซึ่งในการใช้งานกำหนดให้อุณหภูมิระบายความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (Ambient) ที่ 10 ถึง 20 องศาเซลเซียส ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิทางด้านเย็นและส่งผลต่อการทำความเย็นไปไม่ถึงจุดที่กำหนดไว้ (Marlow Industries. 2541 : 1)

การหาค่าความต้านทานความร้อน (Heat Sink Resistance) เป็นการวัดความสามารถในการกระจายของความร้อนจากจุดให้ความร้อน โดยสมการ

$$HSR = (T_1 - T_2)/Q$$

เมื่อ HSR = ความต้านทานความร้อนมีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
 T_1 = อุณหภูมิที่แผ่นความร้อนมีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$
 T_2 = อุณหภูมิด้านเข้าของห้องหรือน้ำหล่อเย็น มีหน่วยเป็น $^{\circ}\text{C}$
 Q = ภาระความร้อน (Heat Load) ที่ไหลเข้าแผ่นความร้อนมีหน่วยเป็น W
 (ซึ่งรวมด้วยกำลังของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนและความร้อนที่รั่วไหลเข้ามา)

จุดหมายของการคำนวณหาค่าความต้านทานความร้อนที่น้อยที่สุด ในการที่จะนำไปเลือกวิธีการระบายความร้อนต่อไป

$$\begin{aligned}\text{จากสมการได้ค่าความต้านทานความร้อน (HSR)} &= (58^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C})/200\text{ W} \\ &= 0.14^{\circ}\text{C}/\text{W}\end{aligned}$$

การระบายความร้อนมี 3 วิธี คือ การพาความร้อนโดยแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนที่ 0.50 ถึง 5 องศาเซลเซียสต่อวัตต์ การใช้ลมพาความร้อน มีค่าความต้านทานความร้อนที่ 0.20 ถึง 0.50 องศาเซลเซียสต่อวัตต์ และการใช้น้ำระบายความร้อน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนที่ 0.005 ถึง 0.15 องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ซึ่งโดยปกติแล้วอุปกรณ์โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จะใช้ลมพาความร้อน โดยใช้พัดลมหรือใช้น้ำระบายความร้อน (Marlow Industries. 2541 : 2)

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงระบบการระบายความร้อนโดยใช้หม้อน้ำ ประกอบพัดลมไฟฟ้าขนาดของหม้อน้ำ 160 x 360 x 40 มิลลิเมตร แบบท่อน้ำแบน 16 มิลลิเมตร ท่อน้ำประกอบครีบน้ำร้อน (Fin) ทำการติดตั้งระบบวงจรน้ำใหม่

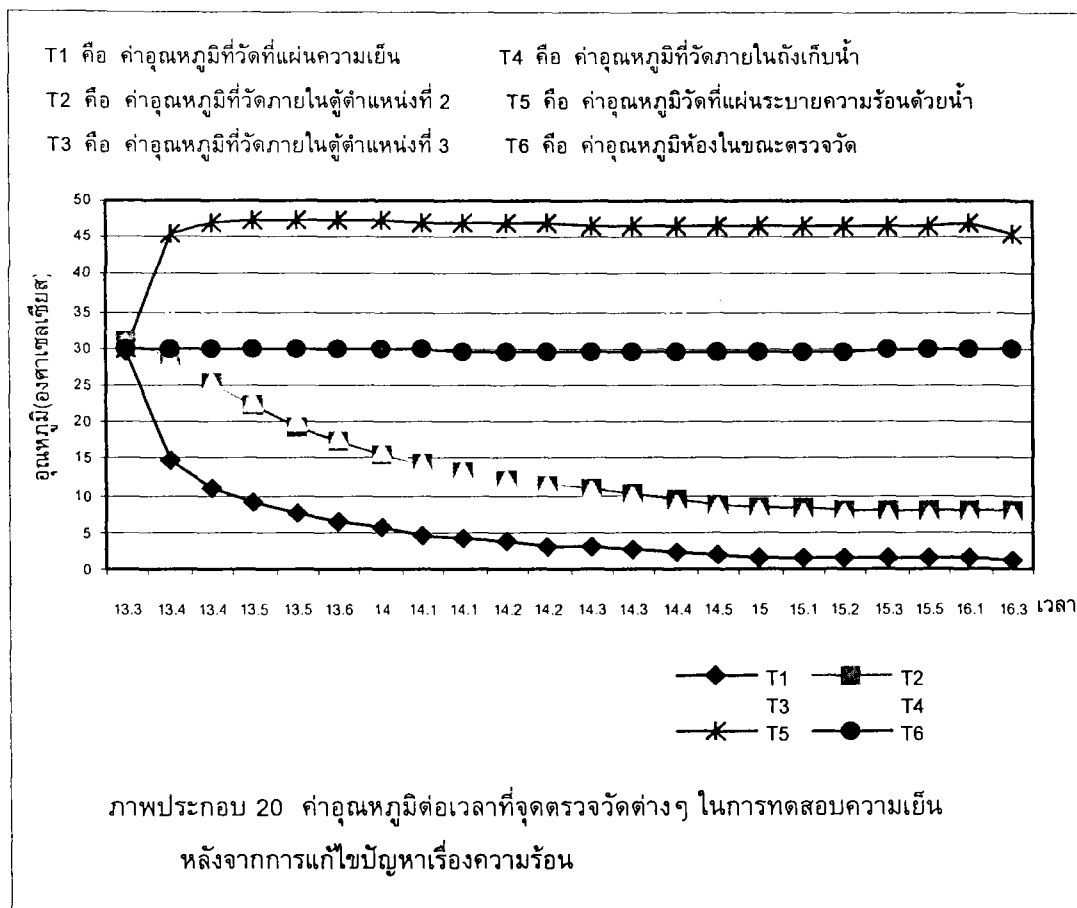
ทดสอบค่าความเย็น 3 จุด ภายในตัวตู้โดยติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ T1 ที่แผ่นความเย็น อีก 2 จุด (T2, T3) ติดตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 โดยมีปลอกทองเหลืองขนาดน้ำหนัก 25 กรัม ครอบอยู่ ได้ค่าความเย็นตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังตาราง 5, 6, 7, และ 8

ตาราง 5 บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 5 ชุด ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ (T1) ที่แผ่นความเย็น

เวลา	T1	T2	T3	T4	T5	T6
13.30 น.	29.60	31.10	30.70	30.00	29.80	29.90
13.35 น.	14.70	28.40	28.30	35.10	45.30	30.00
13.40 น.	10.80	25.20	25.30	35.90	47.10	30.00
13.45 น.	9.00	22.30	22.70	36.60	47.40	30.00
13.50 น.	7.50	19.50	20.00	36.90	47.40	29.90
13.55 น.	6.40	17.60	17.90	36.80	47.40	29.90
14.00 น.	5.50	15.70	16.00	36.90	47.30	29.80
14.05 น.	4.70	14.30	14.40	36.80	47.10	29.80
14.10 น.	4.10	13.20	13.20	36.70	47.00	29.70
14.15 น.	3.60	12.20	12.10	36.50	46.80	29.60
14.20 น.	3.20	11.50	11.30	36.60	46.80	29.60
14.25 น.	2.90	10.80	10.50	36.60	46.70	29.60
14.30 น.	2.60	10.20	9.90	36.50	46.70	29.60
14.40 น.	2.10	9.30	8.90	36.00	46.70	29.70
14.50 น.	1.80	8.80	8.20	36.60	46.60	29.60
15.00 น.	1.60	8.40	7.90	36.50	46.60	29.60
15.10 น.	1.60	8.20	7.60	36.60	46.60	29.70
15.20 น.	1.50	8.00	7.40	36.70	46.70	29.70
15.30 น.	1.40	8.00	7.30	36.70	46.70	29.80
15.50 น.	1.40	7.80	7.20	36.70	46.70	29.90
16.10 น.	1.40	7.90	7.20	36.90	46.80	29.90
16.30 น.	1.10	7.90	7.20	33.40	45.40	30.10

หมายเหตุ : T1 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 1
 T2 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 2
 T3 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 3
 T4 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในถังเก็บน้ำ
 T5 คือ ค่าอุณหภูมิวัดที่แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ
 T6 คือ ค่าอุณหภูมิห้องในขณะตรวจวัด

จากตาราง 5 นำมาเขียนกราฟค่าอุณหภูมิที่จุดตรวจวัดต่าง ๆ ได้ดังภาพประกอบ 20



จากตาราง 5 ค่าอุณหภูมิต่ำสุด (T1) เท่ากับ 1.10 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิปกติ 30.10 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำความเย็น 3 ชั่วโมง ใช้กระแสไฟ 1.58 แอมป์ ค่าอุณหภูมิถังเก็บน้ำ (T4) เท่ากับ 33.40 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ (T5) เท่ากับ 45.40 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิห้อง (T6) เท่ากับ 30.10 องศาเซลเซียส

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพการทำความเย็นของตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 3, 4 และ 5 ชุด

ทำการวัดค่าความเย็น 3 จุด ภายในตัวตู้ขนาดความจุ 53 ลิตร โดยติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ T1, T2 และ T3 ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 โดยใช้ปลอกทองเหลืองน้ำหนัก 25 กรัม ครอบอยู่ ส่วน T4, T5 และ T6 ตรวจวัดค่าอุณหภูมิถังเก็บน้ำ, แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ และอุณหภูมิห้อง ตามลำดับ ได้ค่าความเย็นในตาราง 6

ตาราง 6 บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน
จำนวน 3 ชุด

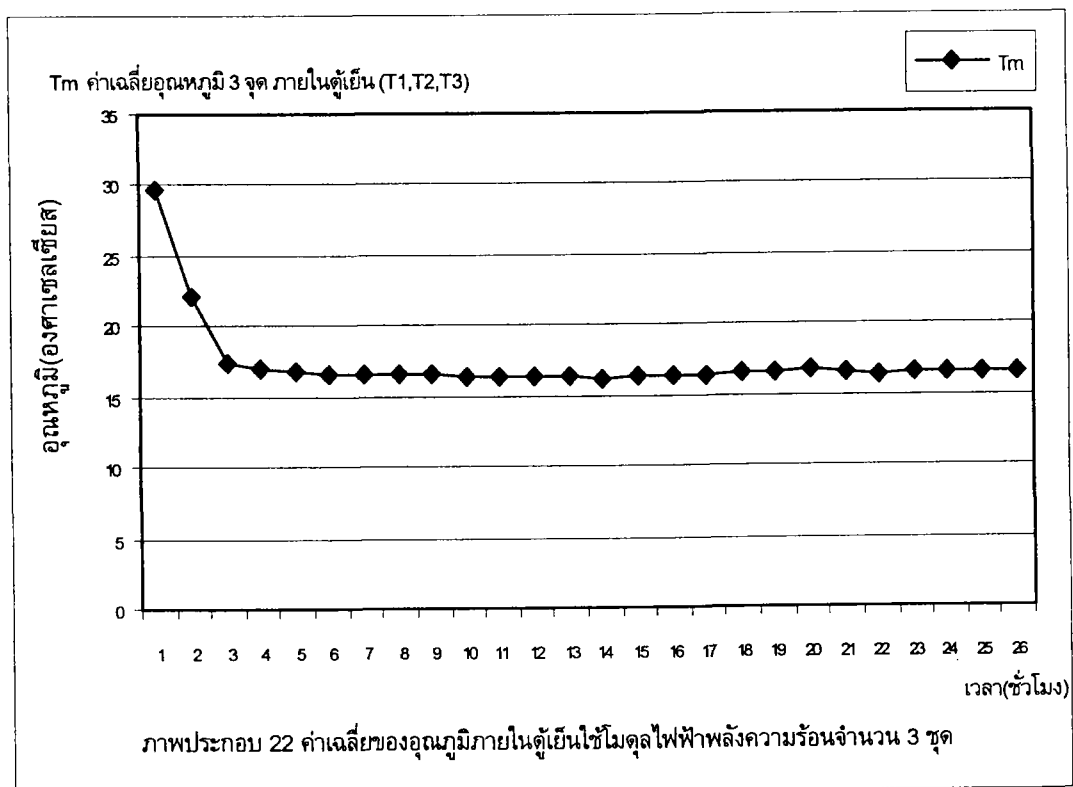
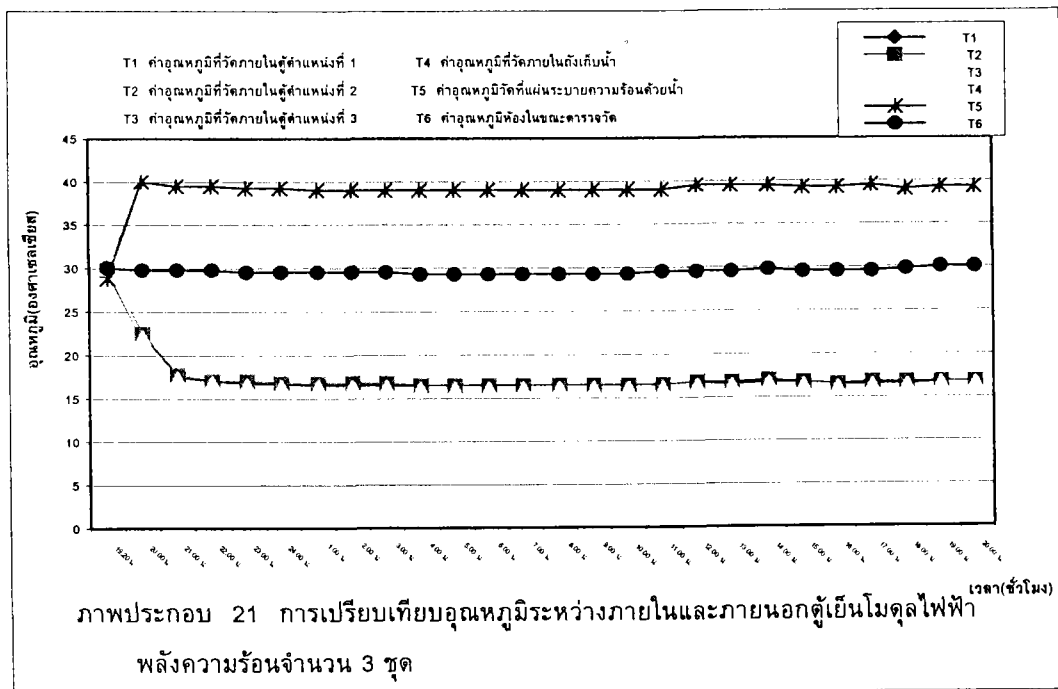
เวลา	T1	T2	T3	Tm	T4	T5	T6
19.20 น.	29.70	29.70	29.90	29.76	31.90	28.70	30.10
20.00 น.	22.10	22.40	22.00	22.16	36.10	39.90	29.80
21.00 น.	17.60	17.70	17.20	17.50	35.70	39.50	29.70
22.00 น.	17.10	17.10	16.70	16.96	35.80	39.40	29.70
23.00 น.	16.80	16.90	16.40	16.70	35.40	39.20	29.50
24.00 น.	16.70	16.80	16.30	16.60	35.50	39.20	29.50
1.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	35.40	39.10	29.40
2.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	35.40	39.10	29.40
3.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	35.40	39.10	29.40
4.00 น.	16.50	16.60	16.10	16.40	35.40	39.00	29.30
5.00 น.	16.50	16.50	16.10	16.36	35.60	39.00	29.30
6.00 น.	16.40	16.50	16.00	16.30	35.50	38.90	29.20
7.00 น.	16.40	16.50	16.00	16.30	35.60	39.00	29.30
8.00 น.	16.40	16.40	16.00	16.26	35.50	38.90	29.20
9.00 น.	16.50	16.50	16.10	16.36	35.90	39.10	29.30
10.00 น.	16.50	16.60	16.10	16.40	35.50	39.00	29.30
11.00 น.	16.40	16.50	16.00	16.30	36.00	39.10	29.40
12.00 น.	16.70	16.80	16.30	16.60	36.40	39.40	29.60
13.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	36.20	39.40	29.50
14.00 น.	16.80	16.90	16.40	16.70	36.90	39.50	29.70
15.00 น.	16.70	16.80	16.30	16.60	36.60	39.30	29.50
16.00 น.	16.60	16.60	16.10	16.43	36.50	39.20	29.40
17.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	36.60	39.40	29.60
18.00 น.	16.60	16.70	16.20	16.50	35.90	39.10	29.70
19.00 น.	16.70	16.80	16.40	16.63	36.10	39.30	29.90
20.00 น.	16.70	16.80	16.40	16.63	36.10	39.30	29.90
รวม	364.90	366.70	356.20	362.57	789.40	861.60	648.30
เฉลี่ย	16.58	16.66	16.19	16.48	35.88	39.16	29.46

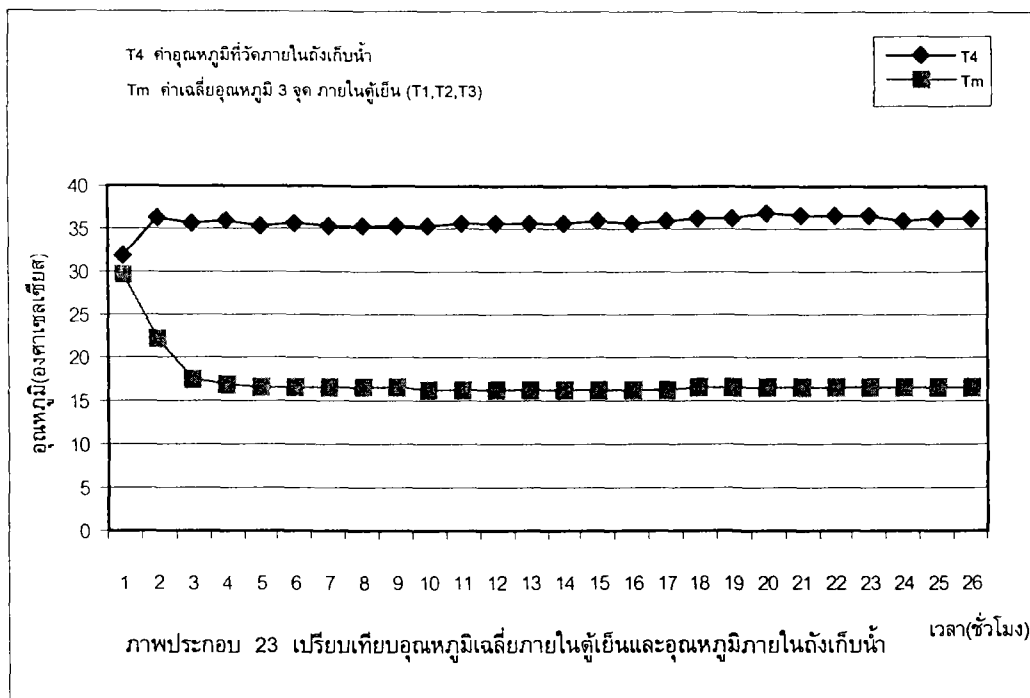
หมายเหตุ : T1 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 1
 T2 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 2
 T3 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 3
 T4 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในถังเก็บน้ำ
 T5 คือ ค่าอุณหภูมิวัดที่แผ่ระบายความร้อนด้วยน้ำ
 T6 คือ ค่าอุณหภูมิห้องในขณะที่ตรวจวัด

จากตาราง 6 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด (T_1 , T_2 , T_3) เท่ากับ 16.26 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิปกติ 29.20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำความเย็น 11 ชั่วโมง วัดไฟกระแสสลับได้ 1.12 แอมแปร์

หลังจากทำการวัดครบ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (T_m) เท่ากับ 16.48 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตั้งเก็บน้ำ (T_4) เท่ากับ 35.88 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแผ่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (T_5) เท่ากับ 39.16 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้อง (T_6) เท่ากับ 29.46 องศาเซลเซียส

การนับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ จะนับจากการทำความเย็นจากอุณหภูมิห้องปกติที่ 30.10 องศาเซลเซียส ลงมาถึงค่าเฉลี่ยในระดับต่ำของความเย็นเฉลี่ยคือ หลังจากเวลา 22.00 นาฬิกา ถึงเวลา 20 นาฬิกาอีกวันหนึ่ง เป็นเวลา 22 ชั่วโมง หลังจากทำความเย็นที่อุณหภูมิห้องปกติลงมาใช้เวลา 2 ชั่วโมง 40 นาที นำค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ ทั้ง 6 จุด มาเขียนกราฟ เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เย็น ได้ดังภาพประกอบ 21, 22 และ 23





ทำการทดลองครั้งที่ 2 โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 4 ชุด ติดตั้งกับแผ่นระบายความร้อนและแผ่นความเย็นเดิม โดยเริ่มจับเวลาทดลองที่ 21.00 นาฬิกา วัดค่าอุณหภูมิได้ออกมาดังตาราง 7

ตาราง 7 บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน
4 ชุด

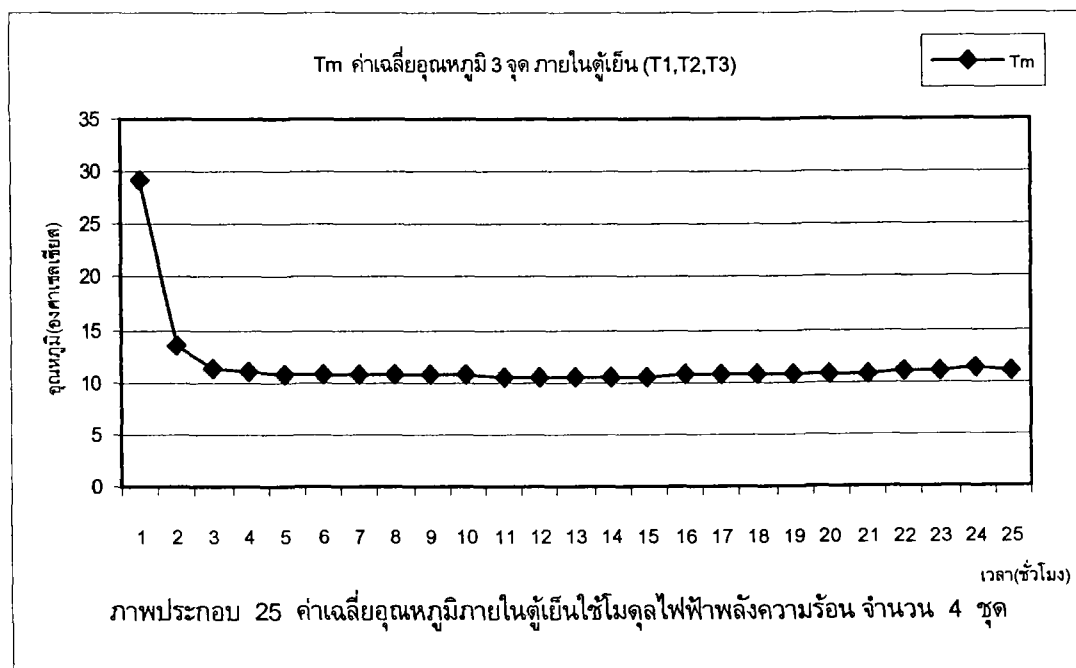
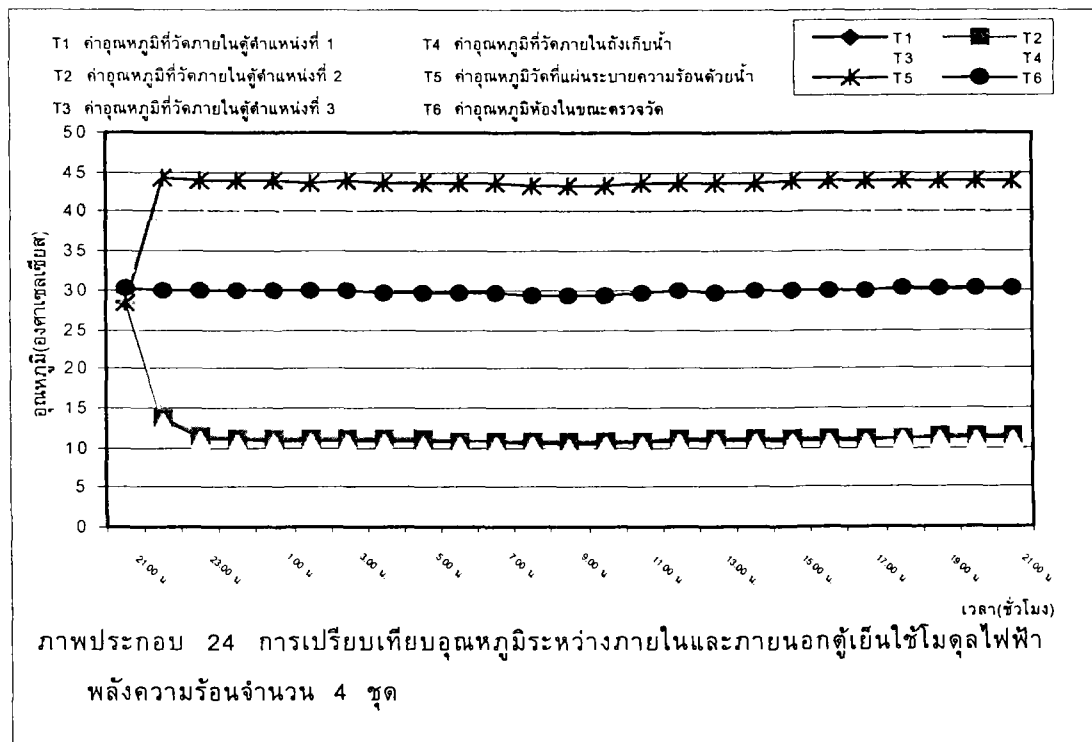
เวลา	T1	T2	T3	Tm	T4	T5	T6
21.00 น.	28.60	29.40	29.90	29.30	31.50	28.30	30.10
22.00 น.	13.20	13.70	13.20	13.36	39.70	44.40	29.90
23.00 น.	11.30	11.60	10.90	11.26	39.50	43.90	29.80
24.00 น.	11.10	11.30	10.60	11.00	39.40	43.90	29.90
1.00 น.	10.90	11.20	10.50	10.86	39.30	43.80	29.80
2.00 น.	10.90	11.10	10.40	10.80	39.20	43.70	29.80
3.00 น.	10.90	11.10	10.40	10.80	39.10	43.80	29.80
4.00 น.	10.80	11.10	10.40	10.76	39.00	43.70	29.70
5.00 น.	10.80	11.00	10.30	10.70	38.90	43.60	29.60
6.00 น.	10.70	10.90	10.30	10.63	38.80	43.50	29.60
7.00 น.	10.70	10.90	10.20	10.60	38.80	43.50	29.50
8.00 น.	10.60	10.80	10.10	10.50	38.70	43.40	29.40
9.00 น.	10.50	10.70	10.00	10.40	38.60	43.40	29.40
10.00 น.	10.50	10.70	10.10	10.43	38.50	43.40	29.40
11.00 น.	10.70	10.80	10.20	10.56	38.70	43.60	29.70
12.00 น.	10.80	11.00	10.40	10.73	38.90	43.70	29.80
13.00 น.	10.80	11.00	10.40	10.73	38.80	43.70	29.70
14.00 น.	10.80	11.00	10.40	10.73	38.80	43.70	29.80
15.00 น.	10.90	11.10	10.50	10.83	38.90	43.80	29.80
16.00 น.	10.90	11.10	10.50	10.83	39.00	43.90	29.90
17.00 น.	10.90	11.10	10.50	10.83	39.10	43.90	30.00
18.00 น.	11.10	11.30	10.70	11.03	39.70	44.10	30.20
19.00 น.	11.20	11.40	10.80	11.13	39.70	44.10	30.20
20.00 น.	11.30	11.50	10.90	11.23	39.70	44.10	30.20
21.00 น.	11.20	11.40	10.80	11.13	39.70	44.10	30.20
รวม	250.30	255.10	240.30	248.50	898.80	1,006.30	685.20
เฉลี่ย	10.88	11.09	10.44	10.80	39.07	43.75	29.79

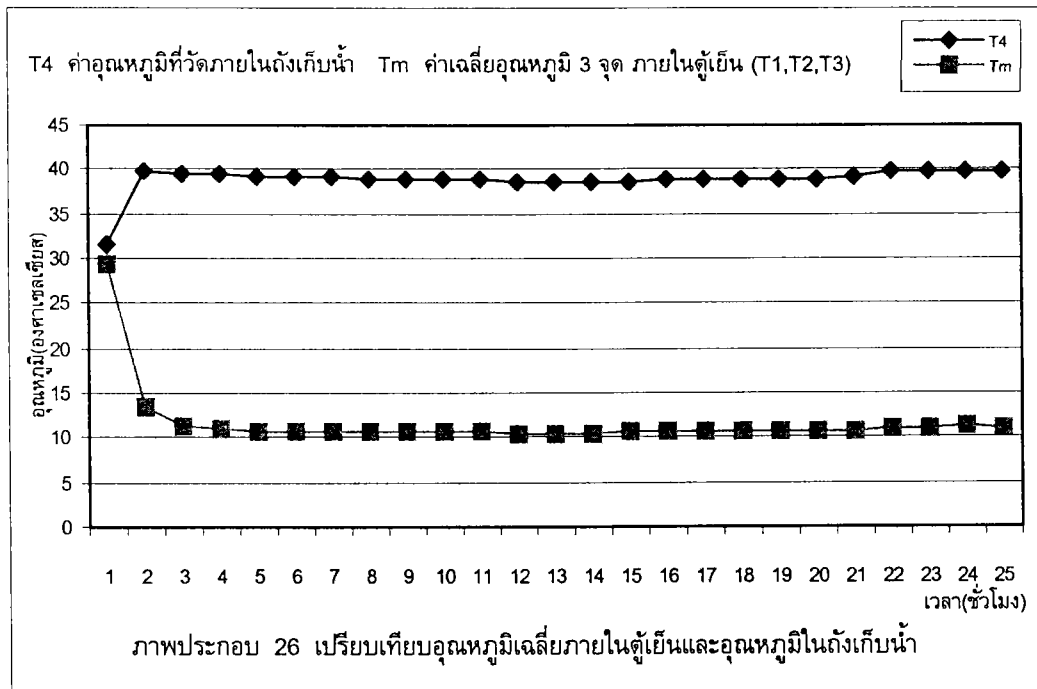
หมายเหตุ : T1 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 1
 T2 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 2
 T3 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 3
 T4 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในถังเก็บน้ำ
 T5 คือ ค่าอุณหภูมิวัดที่แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ
 T6 คือ ค่าอุณหภูมิห้องในขณะตรวจวัด

จากตาราง 7 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด (T_1 , T_2 , T_3) เท่ากับ 10.40 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิปกติ 29.40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำความเย็น 11 ชั่วโมง วัดไฟกระแสลบเท่ากับ 1.34 แอมแปร์

หลังจากทำการวัดครบ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (T_1 , T_2 , T_3) เท่ากับ 10.8 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตั้งเก็บน้ำ(T_4) เท่ากับ 39.07 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ (T_5) เท่ากับ 43.75 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้อง (T_6) เท่ากับ 29.79 องศาเซลเซียส

ค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ ทั้ง 6 จุด นำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เย็น ได้ดังภาพประกอบ 24, 25 และ 26





ตาราง 8 บันทึกค่าความเย็นในการทดสอบอุณหภูมิความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 5 ชุด

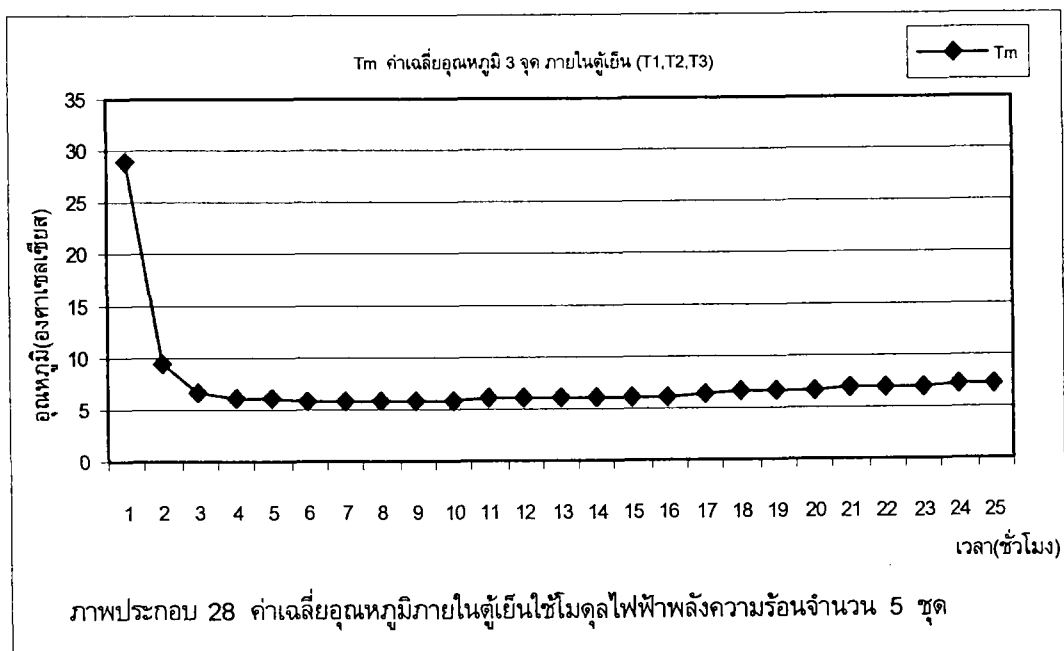
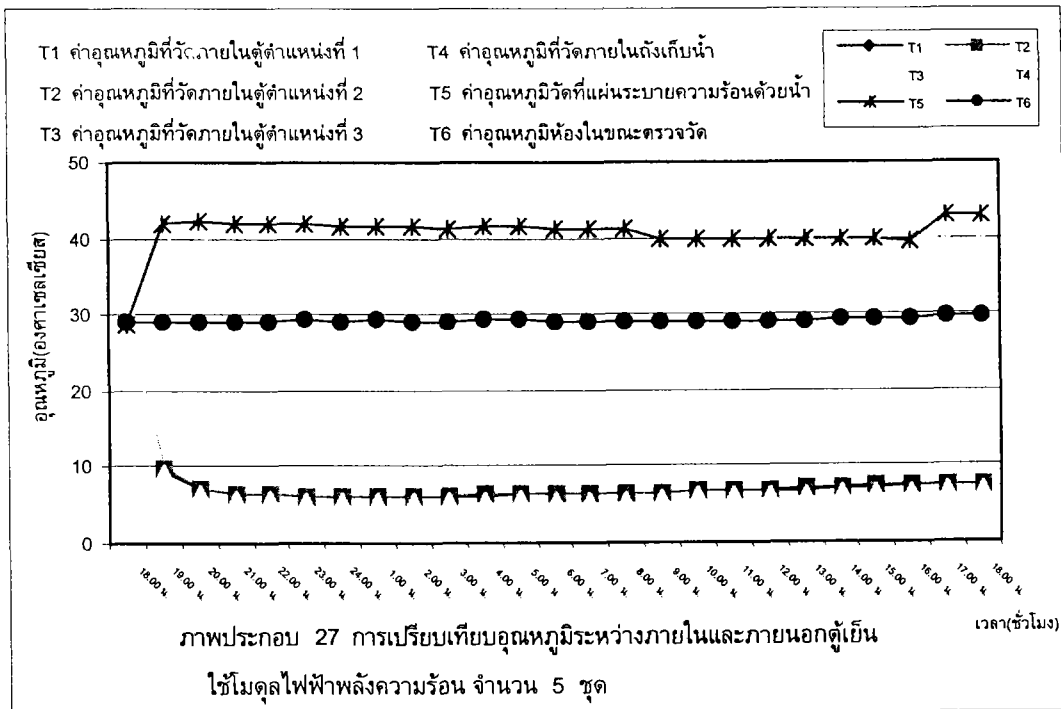
เวลา	T1	T2	T3	Tm	T4	T5	T6
18.00 น.	29.00	29.00	29.00	29.0	28.90	28.80	29.00
19.00 น.	9.60	9.70	9.20	9.50	39.00	42.00	29.10
20.00 น.	7.00	7.00	6.30	6.76	38.80	42.20	29.10
21.00 น.	6.50	6.50	5.70	6.23	37.50	41.80	29.20
22.00 น.	6.40	6.40	5.60	6.13	37.90	42.00	29.20
23.00 น.	6.20	6.20	5.40	5.93	37.90	41.80	29.30
24.00 น.	6.20	6.20	5.40	5.93	37.80	41.70	29.20
1.00 น.	6.20	6.20	5.50	5.96	37.80	41.60	29.30
2.00 น.	6.20	6.20	5.40	5.93	37.70	41.40	29.20
3.00 น.	6.20	6.20	5.40	5.93	37.70	41.30	29.20
4.00 น.	6.20	6.30	5.50	6.00	37.80	41.50	29.30
5.00 น.	6.30	6.40	5.60	6.10	37.80	41.40	29.30
6.00 น.	6.30	6.40	5.50	6.06	37.70	41.30	29.20
7.00 น.	6.30	6.30	5.50	6.03	37.60	41.30	29.20
8.00 น.	6.30	6.30	5.50	6.03	37.50	41.10	29.10
9.00 น.	6.40	6.40	5.60	6.13	38.50	39.80	29.00
10.00 น.	6.70	6.80	6.00	6.50	38.60	39.80	29.00
11.00 น.	6.80	6.90	6.00	6.56	38.60	39.80	29.00
12.00 น.	6.80	6.90	6.10	6.60	38.70	39.80	29.10
13.00 น.	6.90	7.00	6.20	6.70	38.90	39.80	29.20
14.00 น.	7.10	7.20	6.40	6.90	39.10	40.00	29.40
15.00 น.	7.20	7.30	6.50	7.00	39.10	40.00	29.40
16.00 น.	7.30	7.30	6.50	7.03	39.60	39.60	29.50
17.00 น.	7.40	7.50	6.70	7.20	40.20	42.90	29.70
18.00 น.	7.40	7.50	6.70	7.20	40.10	42.90	29.70
รวม	152.30	153.40	134.90	146.84	882.90	944.80	672.80
เฉลี่ย	6.62	6.66	5.86	6.38	38.38	41.07	29.25

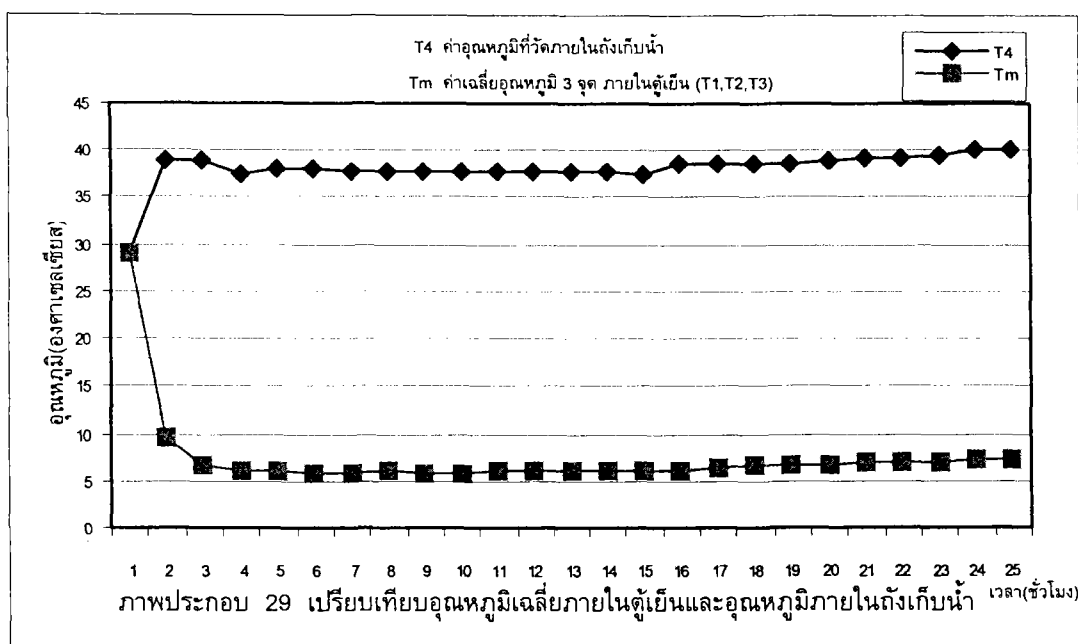
หมายเหตุ : T1 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 1
 T2 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 2
 T3 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในตู้ตำแหน่งที่ 3
 T4 คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดภายในถังเก็บน้ำ
 T5 คือ ค่าอุณหภูมิวัดที่แผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ
 T6 คือ ค่าอุณหภูมิห้องในขณะตรวจวัด

จากตาราง 8 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด (T_1, T_2, T_3) เท่ากับ 5.93 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิปกติ 29.20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทำความเย็น 4 ชั่วโมง วัดไฟกระแสลบได้ 1.67 แอมแปร์

หลังจากทำการวัดครบ 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (T_1, T_2, T_3) เท่ากับ 6.38 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิถังเก็บน้ำ (T_4) เท่ากับ 38.38 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแผ่นระบายความร้อนด้วยน้ำ (T_5) เท่ากับ 41.07 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้อง (T_6) เท่ากับ 29.25 องศาเซลเซียส

ในการทดลองครั้งที่ 3 ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 5 ชุด ติดตั้งและบันทึกค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เย็น จำนวน 6 จุด วัดค่าความเย็นที่ได้ตามตาราง 8 และแสดงกราฟที่วัดได้ตามภาพประกอบ 27, 28 และ 29





2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

แบบสอบถามความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านเครื่องทำความเย็นจำนวน 4 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 คน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษา และด้านความปลอดภัย ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลรวม ดังต่อไปนี้

ตาราง 9 การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ข้อที่	ด้านกายภาพทั่วไป	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1	ด้านกายภาพทั่วไป	3.60	0.91	ดี
2	ด้านการบำรุงรักษา	3.32	0.92	พอใช้
3	ด้านความปลอดภัย	3.80	1.01	ดี
รวม		3.57	0.98	ดี

จากตาราง 9 สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ความเหมาะสมในการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.57$) โดยด้านความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.80$) ค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านการบำรุงรักษา อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.32$)

2.1 นำข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ และผลของการประเมินในด้านลักษณะต่าง ๆ คือ

ตาราง 10 การวิเคราะห์ด้านกายภาพทั่วไป ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ข้อที่	ด้านกายภาพทั่วไป	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1	ความกระตือรือร้นของชุดทำความเย็น	4.00	0.70	ดี
2	ความแข็งแรงของโครงสร้างตู้เย็น	4.00	0.00	ดี
3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์	3.00	0.70	พอใช้
4	ความสะดวกในการใช้ถนอมอาหาร	3.80	1.09	ดี
5	การกระจายความเย็นภายในตู้	3.20	1.09	พอใช้
รวม		3.60	0.91	ดี

จากตาราง 10 สามารถวิเคราะห์ด้านกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านกายภาพทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.60$) โดยที่ความกระตือรือร้นของชุดทำความเย็น และความแข็งแรงของโครงสร้างตู้เย็น มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.00$) ค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.00$)

ตาราง 11 การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษา ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ข้อที่	ด้านการบำรุงรักษา	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1	การบำรุงรักษาเครื่องทำได้สะดวก	3.00	1.00	พอใช้
2	การตรวจระดับน้ำในถังเก็บน้ำระบายความร้อน	3.60	1.14	ดี
3	การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน	3.00	0.70	พอใช้
4	การดูแลพัฒนาระบายความร้อนทำได้ง่าย	3.40	0.89	พอใช้
5	ชิ้นส่วนประกอบของตู้เย็น สามารถแยกออกและประกอบได้	3.60	0.54	ดี
รวม		3.32	0.92	พอใช้

จากตาราง 11 สามารถวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านการบำรุงรักษา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.32$) โดยที่การตรวจระดับน้ำในถังเก็บน้ำระบายความร้อน และชิ้นส่วนประกอบของตู้เย็น สามารถแยกออกและประกอบได้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.60$) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การบำรุงรักษาเครื่องทำได้สะดวก และการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.00$)

ตาราง 12 การวิเคราะห์ด้านความปลอดภัย ของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน

ข้อที่	ด้านความปลอดภัย	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1	มีการป้องกันความร้อนเกินของส่วนระบายความร้อน	3.60	1.14	ดี
2	มีการลดแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ปลอดภัย	4.00	1.22	ดี
3	มีการจัดระบบวงจรไฟฟ้าและวงจรระบายความร้อน	3.20	0.83	พอใช้
4	มีสายดินป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า	4.60	0.54	ดีมาก
5	มีระบบตัดไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจร	3.60	0.54	ดี
รวม		3.80	1.01	ดี

จากตาราง 12 สามารถวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านความปลอดภัยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.80$) โดยที่การมีสายดินป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.60$) ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การจัดระบบวงจรไฟฟ้าและวงจรระบายความร้อน อยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 3.20$)

2.2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ผู้วิจัยได้นำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน มารวบรวมและเรียงลำดับ ดังนี้

2.2.1 ควรลดความตึงเครียดพัฒนาระบายความร้อนให้เรียบลง

2.2.2 ควรจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าประกอบการทดลอง

2.2.3 ควรเพิ่มปลั๊กอุดของถังพักน้ำสำหรับการทำความสะอาด เพิ่มขีดบอกระดับน้ำในถังพักให้เห็นชัดเจน

2.2.4 พัฒนาให้มีงานกลน้อยลงจะช่วยให้ลดความสูญเสียและสึกหรอน้อยลง

2.2.5 ออกแบบระบบครีระบายความร้อน (Fin) หรือหม้อน้ำเป็นแบบ Shell and Tube Heat Exchanger ใหม่

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร โดยการสร้างอุปกรณ์ระบายความเย็นภายในตู้เย็น อุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยน้ำด้านหลังตู้เย็น ระบบวงจรไฟฟ้า ระบบวงจรน้ำระบายความร้อน แล้วทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิความเย็น น้ำตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและกรอกแบบสอบถามความเหมาะสมด้านการใช้งาน โดยได้ดำเนินการเป็นลำดับขั้นต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อทดลองใช้และหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร
2. เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็น

ความสำคัญของการวิจัย

สามารถใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนกับตู้เย็นขนาด 53 ลิตรได้ เพื่อช่วยปรับปรุงระบบทำความเย็นแทนแบบใช้สารซีเอฟซี และช่วยลดมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อม

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3,4 และ 5 ชุด ที่ใช้กับตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้านในระดับอุณหภูมิแช่เย็น
2. ตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ที่ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนมีความเหมาะสมด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าเรื่องการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียด ที่ใช้ในการออกแบบระบบและอุปกรณ์ทำความเย็นของตู้เย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าพลังความร้อน โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ ตู้เย็น และส่วนประกอบ การถนอมอาหาร ในแบบต่าง ๆ การระบายความร้อนในงานอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายเทความร้อน การระบายความร้อน เกณฑ์มาตรฐานทางด้านความเย็น และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทางด้านนี้

2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทำความเย็น ชุดระบายความร้อน การไหลเวียนของน้ำระบายความร้อน โดยสำรวจร้านค้า จัดซื้อ จัดหา วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ ผู้วิจัยได้ใช้ วัสดุ อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศไทย แผ่นทองแดงระบายความร้อน จาก ลัมเมิงเส็ง วงเวียน โอเดียน ท่อน้ำ-ท่อทองแดง จาก คลองถม หม้อน้ำระบายความร้อน จาก ปทุมวัน แผ่นความเย็น พัดลม บีมน์ จาก บ้านหม้อ ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า จาก วีระศักดิ์ เอ็นจิเนียร์ ชุดโมดูลไฟฟ้า พลังความร้อน จาก ดี ไอ วาย อิเล็กทรอนิกส์
3. กำหนดระยะเวลาและสถานที่ในการสร้างชุดทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็น ใช้ระยะเวลาการสร้างเครื่องและทดสอบการทำงานประมาณ เดือนสิงหาคม 2543 ถึง มกราคม 2545 โดยใช้สถานที่ในการสร้างเครื่องและทดสอบ พร้อมทั้งใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่บ้านเลขที่ 181/83 ถนนอิสรภาพ แขวงบ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
4. ทดสอบความเย็น ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบมือถือ เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบ 6 หัววัด โดยอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน หัวข้ออุณหภูมิเก็บอาหาร โดยทดสอบ 24 ชั่วโมง ทดลอง 3 ครั้ง
5. ทดสอบความเหมาะสมด้านการใช้งาน ทำการทดสอบและตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านการทำความเย็น ด้านไฟฟ้า และด้านอิเล็กทรอนิกส์ ให้ตอบแบบสอบถามความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน
6. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ ระดับอุณหภูมิความเย็นในอุปกรณ์ทำความเย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน 3 ครั้ง และวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมด้านการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร สรุปได้ดังนี้คือ

1. การนำชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนทำความเย็นในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร โดยใช้แผงท่อระบายความร้อนรอบตู้เย็น เป็นตัวระบายความร้อนจากชุดระบายความร้อนด้วยน้ำไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากท่อน้ำระบายความร้อนในแผงระบายมีขนาดเล็กและฝังไว้ภายในตัวตู้ ทำให้อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่ำ การกระจายความร้อนรอบตู้ไม่เพียงพอ (อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส) และทำให้อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำสูงขึ้น 58 องศาเซลเซียส ทำให้การใช้แผงท่อระบายความร้อนรอบตู้เย็นเป็นตัวระบายความร้อนออกมาไม่เหมาะสมกับการใช้ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ได้ทำการแก้ไขโดยใช้หม้อน้ำระบายความร้อนแบบครีป อัตราการไหลของน้ำ 15 ลิตรต่อ นาที ประกอบพัดลมไฟฟ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ทำให้อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำลดลง (40 องศาเซลเซียส)

2. ผลที่ได้จากการทดลอง

2.1 การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 3 ชุด ขนาดกำลังรวม 108 วัตต์ ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร วัดระดับอุณหภูมิของช่องแช่เย็นในตัวตู้ 3 จุด ในเวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 16.48 องศาเซลเซียส ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ตารางอุณหภูมิเก็บอาหารในตู้เย็น มอก. 455-2537 หัวข้อช่องแช่เย็นที่กำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น t_m สูงสุด เท่ากับ +5 องศาเซลเซียส

2.2 การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 4 ชุด ขนาดกำลังรวม 144 วัตต์ ติดตั้งในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร วัดระดับอุณหภูมิของช่องแช่เย็นในตัวตู้ 3 จุด ในเวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 10.80 องศาเซลเซียส ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ตารางอุณหภูมิเก็บอาหารในตู้เย็น มอก. 455-2537 หัวข้อช่องแช่เย็นที่กำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น t_m สูงสุด เท่ากับ +5 องศาเซลเซียส

2.3 การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 5 ชุด ขนาดกำลังรวม 180 วัตต์ ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร วัดระดับอุณหภูมิของช่องแช่เย็นในตัวตู้ 3 จุด ในเวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 6.38 องศาเซลเซียส ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ตารางอุณหภูมิเก็บอาหารในตู้เย็น มอก. 455-2537 หัวข้อช่องแช่เย็นที่กำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น t_m สูงสุด เท่ากับ +5 องศาเซลเซียส

3. ผลของการศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานของตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร ที่ใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน โดยสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้สอนด้านเครื่องทำความเย็น จำนวน 4 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 คน วิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งาน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนโดยรวมพบว่า ด้านกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์อยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.60 โดยมีส่วนที่ควรปรับปรุง คือ การจัดวางอุปกรณ์และการกระจายความเย็นภายในตู้ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนด้านการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.32 โดยในหัวข้อนี้มีสิ่งที่ต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น คือ การบำรุงรักษาเครื่องให้สะอาดขึ้น การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 และการดูแลรักษาพัดลมระบายความร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 และด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์ทำความเย็น โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน อยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.80 ซึ่งมีประเด็นที่ต้องปรับปรุง คือ การจัดระบบวงจรไฟฟ้าและวงจรระบายความร้อน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 ผลโดยรวมความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.57

3.1.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งานด้านกายภาพทั่วไปของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน พบว่าความกระจัดของชุดทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.00 ความแข็งแรงของโครงสร้างตู้เย็นอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ความสะอาดในการใช้ถนอมอาหารอยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ส่วนความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ และการกระจายความเย็นภายในตู้อยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 และ 3.20 ตามลำดับ ผลโดยรวมของความเหมาะสมการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนด้านกายภาพทั่วไป อยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.60

3.1.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งานด้านการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน พบว่า การตรวจระดับน้ำในถังเก็บน้ำระบายความร้อนและชิ้นส่วนประกอบของตู้เย็น สามารถแยกออกและประกอบได้ภายในเกณฑ์ดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ทั้งสองข้อ ส่วนการบำรุงรักษาเครื่องให้สะอาด และการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 ทั้งสองข้อ และการดูแลพัดลมระบายความร้อนทำได้ง่ายอยู่

ในเกณฑ์พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ผลโดยรวมของความเหมาะสมการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนด้านการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32

3.1.3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งานด้านความปลอดภัย ของอุปกรณ์ทำความเย็น โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน พบว่า การมีสายดินป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 มีการป้องกันความร้อนเกินของส่วนระบายความร้อน และการมีระบบตัดไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจรอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 ทั้งสองข้อ ส่วนมีการลดแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และการจัดระบบวงจรไฟฟ้าและวงจรระบายความร้อนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.20 ผลโดยรวมของความเหมาะสมการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็น โดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดี คือมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.80

อภิปรายผล

จากการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3,4 และ 5 ชุด ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร วัดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ใน 24 ชั่วโมง ได้ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นแล้วนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 3 ชุด ขนาดกำลังรวม 108 วัตต์ ในตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร วัดค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็นภายใน 3 จุด ใน 24 ชั่วโมง ได้อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 16.48 องศาเซลเซียส ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้กับตู้เย็นขนาด 53 ลิตร ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ในระดับอุณหภูมิช่องแช่เย็น มีค่าอุณหภูมิ $0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$ โดยให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด t_m สูงสุด + 5 องศาเซลเซียส

ในการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้จำนวน 3 ชุด เกินความสามารถของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งได้ถูกออกแบบให้ใช้ควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่เล็ก (DIY Electronics. 2543 : แผ่นพับ) และ (Marlow Industries. 2541 : 1) เช่น อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือตู้แช่ทางการแพทย์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวีรชัย เลิศสถาพรสุข (2543 : 61) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีผลต่อระบบทำความเย็นของตู้แช่วัคซีนเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 10 ลิตร โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก 1 ชุด ทำความเย็นโดยผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในตู้แช่วัคซีนเทอร์โมอิเล็กทริกลดอุณหภูมิได้ต่ำสุดเพียง 5.54 องศาเซลเซียส และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 6.48 องศาเซลเซียส ซึ่งในการทดลองผู้วิจัยได้ควบคุมอุณหภูมิห้องทดสอบได้ในช่วง 29.00 – 30.20 องศาเซลเซียส ส่วนในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 กำหนดให้มีสภาวะอุณหภูมิห้องที่ +18 ถึง +43 องศาเซลเซียส

2. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 4 ชุด ขนาดกำลังรวม 144 วัตต์ ในตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร โดยวัดค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น ภายใน 3 จุด ใน 24 ชั่วโมง ได้อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 10.8 องศาเซลเซียส ไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ คือค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ t_m สูงสุด + 5 องศาเซลเซียส

ในการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 4 ชุด ไม่สามารถทำความเย็นได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งการเพิ่มจำนวนชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนเพิ่มขึ้น 1 ชุด ทำให้ความเย็นลดลงไป 5.68 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเฉลี่ย 16.48 เป็น 10.80 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิ

ของน้ำในถังเก็บน้ำเพิ่มขึ้น 3.19 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเฉลี่ย 35.84 เป็น 39.07 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของแผ่นความร้อนเพิ่มขึ้น 4.59 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเฉลี่ย 39.16 เป็น 43.75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้น 0.33 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเฉลี่ย 29.46 เป็น 29.79 องศาเซลเซียส

3. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 5 ชุด ขนาดกำลังรวม 180 วัตต์ ในตู้เย็นขนาดความจุ 53 ลิตร โดยวัดค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของช่องแช่เย็น ภายใน 3 จุด (t_1, t_2, t_3) ใน 24 ชั่วโมง ได้อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 6.38 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สอดคล้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ คือ อุณหภูมิถนอมอาหารของช่องแช่เย็น $0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$ โดยให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (t_m) สูงสุด + 5 องศาเซลเซียส

ในการเพิ่มชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนจาก 4 ชุด เป็น 5 ชุด เป็นผลให้ค่าอุณหภูมิความเย็นลดลง 4.42 องศาเซลเซียส จากค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 10.80 เป็น 6.38 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิในถังเก็บน้ำลดลง 0.69 องศาเซลเซียส จากค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 39.07 เป็น 38.38 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิแผ่นความร้อนลดลง 2.68 องศาเซลเซียส จากค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 43.75 เป็น 41.07 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิห้องลดลง 0.54 องศาเซลเซียส จากค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 29.79 เป็น 29.25 องศาเซลเซียส

จากการทดลอง 3 ครั้งข้างต้น จะเห็นได้ว่าปัญหาในการทำอุณหภูมิความเย็นในตัวตู้ไม่ต่ำลงตามมาตรฐาน มอก. 455-2537 อุณหภูมิถนอมอาหารของช่องแช่เย็น $0 \leq t_1, t_2, t_3 \leq +10$ โดยให้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (t_m) สูงสุด + 5 องศาเซลเซียส นั้นมีประเด็นสำคัญในการวิเคราะห์ดังนี้

ประเด็นแรก เรื่องการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบทำความเย็นให้กับตัวตู้ขนาดความจุ 53 ลิตร มีค่าภาระทั้งหมด 28.34 kcal/h หรือเท่ากับ 32.93 วัตต์ต่อชั่วโมง (คู่มือวิศวกรเครื่องกล. 2535 : 1-221 – 1-227) ซึ่งการใช้น้ำในการระบายความร้อนออกจากชุดโมดูลไฟฟ้าเป็นวิธีการระบายความร้อนที่ดีที่สุด (Marlow Industries. 1998 : 2) การระบายความร้อนออกไปได้มากที่สุด เป็นปัจจัยอีกด้านหนึ่งของการทำความเย็นที่ได้ผล การระบายความร้อนของส่วนระบายความร้อนซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการที่จะพาความร้อนออกไปได้มากที่สุด แผ่นระบายความร้อนที่มีขนาดเล็กทำให้ประสิทธิภาพของโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนมีค่าลดลง อุณหภูมิที่แตกต่างจะสูงขึ้น ซึ่งทำให้น้ำไปสู่อุณหภูมิของแผ่นระบายความร้อนสูงขึ้น (สมโภชน์ อุทัยวิวัฒน์กุล. 2541 : 189) สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมาทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งค่าความร้อนที่เกิดจากแผ่นความร้อนถูกนำออกมาโดยท่อน้ำระบายความร้อนออกมาสู่หม้อน้ำระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก จะได้น้ำที่มีอุณหภูมิลดลง ไหลลงสู่ถังเก็บน้ำระบายความร้อนเพื่อรอการสูบน้ำไปใช้ระบายความร้อนในระบบต่อไป ซึ่งจากการทดลอง 3 ครั้ง ค่าอุณหภูมิของห้อง (อุณหภูมิบรรยากาศ) กับอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำจะห่างกันตั้งแต่ 6.42-9.28 องศาเซลเซียส ค่าความต่างของอุณหภูมิน้ำจะสามารถลดลงได้ เมื่อเพิ่มพื้นที่ในการระบายความร้อน และสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัช เลิศสถาพรสุข (2543 : 64) ซึ่งได้เสนอแนะในงานวิจัยการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้สำหรับระบบตู้แช่แข็งขึ้นพลังงานแสงอาทิตย์ว่าในการประยุกต์ใช้งานจริงควรปรับปรุงให้ระบบการถ่ายเทความร้อนด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก เป็นชุดถ่ายเทความร้อนและสะดวกจะติดตั้งกว่า เช่น ระบบ heat pipe เป็นต้น

ประเด็นที่สอง อุณหภูมิห้อง t_0 ที่แปรเปลี่ยนไปใน 24 ชั่วโมง ขณะทำการตรวจวัดอุณหภูมิ ซึ่งผู้วิจัยใช้อุณหภูมิบรรยากาศของห้องพักปกติที่อุณหภูมิมีค่า ตั้งแต่ 29.00-30.20 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อค่าอุณหภูมิความเย็นที่ตรวจวัดได้ภายในตู้มีค่าไม่คงที่แปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิโดยรอบห้องที่แปรเปลี่ยนไปตลอดวัน (มอก. 455-2537. 2538 : 14) ซึ่งสภาวะอุณหภูมิห้องที่แปรเปลี่ยนไปมีผลต่อค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดทั้ง 6 จุด ทำให้เส้นกราฟของอุณหภูมิทั้ง 6 จุด ไม่ราบเรียบคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ความหนาของฉนวนที่ใช้กรุตัวตู้ เป็นตัวแปรที่สำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะไม่ให้ความร้อนจากภายนอก ตัวตู้ไหลเข้ามาภายในตัวตู้ได้ ความหนาของฉนวนตัวตู้ที่ใช้ในการทดลองมีความหนาของตู้เฉลี่ย 0.025 เมตร (2.50 เซนติเมตร) ซึ่งเป็นความหนาของฉนวนต่ำสุด ในงานวิจัยของเด่นพงศ์ สังขวาลี (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของตู้เย็น และแนวทางปรับปรุงเพื่อประหยัดพลังงาน พบว่า การใช้พลังงานของตู้เย็นจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการทำความเย็นเพิ่ม และภาระทำความเย็นจะเกิดจากความร้อนเข้าสู่ผนังภายใน 59 % ความร้อนจากโมกัณฑ์ 39 % และความร้อนจากการเปิดประตูตู้เย็น 2 % ปรับปรุงโดยเพิ่มความหนาของฉนวนกันความร้อนจาก 3.5 เซนติเมตร เป็น 6 เซนติเมตร ทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าลง 25 % และถ้าเพิ่มความหนาของฉนวนจาก 6 เซนติเมตร เป็น 7.5 เซนติเมตร เพื่อลดการนำความร้อนเข้าภายใน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2539 : 19) สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 25 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิรัช เลิศสถาพรสุข (2543 : 65) ซึ่งได้เสนอแนะไว้ในงานวิจัย เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเอาเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้สำหรับระบบตู้แช่ผักขึ้นพลังงานแสงอาทิตย์ ว่าควรปรับปรุงฉนวนของตู้แช่ผักขึ้นให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เนื่องจากผลของการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังตู้แช่ผักขึ้นเทอร์โมอิเล็กทริกต้นแบบ ในกรณีที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิห้องทดสอบ ทำให้ระบบไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ตามที่กำหนด โดยการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำผนังตู้เย็นให้เป็นสแตนเลสขัดเงาที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังตู้แช่ผักขึ้น ขนาด 10 ลิตร ให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่า 10 วัตต์

4. การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ด้านกายภาพทั่วไป พบว่า ความกระตือรือร้นของชุดทำความเย็นและความแข็งแรงของโครงสร้าง อุปกรณ์ทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ดี เพราะผู้วิจัยต้องการให้ชุดทำความเย็นภายในตัวตู้มีขนาดเล็กที่สุด โดยพื้นที่ทำความเย็นและปริมาตรความจุในตู้ไม่เสียไปมาก และทำให้การทำความเย็นภายในตัวตู้มีความทั่วถึงภายในตู้ และความแข็งแรงของโครงสร้างตู้ต้องไม่เสียไป ความสะดวกในการใช้ถนอมอาหารเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องออกแบบให้มีความกระตือรือร้นของชุดทำความเย็นที่ต้องไม่กีดขวางการนำอาหารเข้าในตู้ได้สะดวก โดยได้ติดตั้งพัดลมกระจายความเย็นภายในตู้ให้สอดคล้องกับครีบบระบายความเย็นภายในตู้ เพื่อกระจายความเย็นภายในตู้ให้ทั่วถึง ส่วนความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ เนื่องจากว่าในขั้นตอนแรกผู้วิจัยต้องการใช้ส่วนท่อทองแดงระบายความร้อนรอบตัวตู้ในการระบายความร้อน ซึ่งมีอัตราการระบายความร้อนไม่พอเพียงจึงต้องเปลี่ยนเป็นหม้อน้ำระบายความร้อน จึงทำให้ความเหมาะสมในการวางอุปกรณ์ด้อยลงไป

5. การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ด้านการบำรุงรักษา พบว่า อยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยชิ้นส่วนประกอบของตู้เย็น สามารถแยกออกและประกอบได้ รวมทั้งการตรวจสอบระดับน้ำในถังเก็บน้ำระบายความร้อน สามารถทำได้สะดวก ทุกชิ้นส่วน สามารถแยกประกอบได้ เพื่อทำการบำรุงรักษาได้สะดวก รวมทั้งชิ้นส่วนประกอบสามารถ

หาเปลี่ยนได้เพราะมีจำหน่ายตามร้านอะไหล่ทั่วไป ส่วนการดูแลพัฒลมะบายความร้อนและการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน สามารถดูแลได้พอใช้เป็นเพราะถ้าพัฒลมะบายร้อน ต้องถอดชุดหม้อน้ำระบายความร้อนออกไปทำให้ไม่สะดวกในการถอดเปลี่ยน ตำแหน่งตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน เป็นส่วนที่เปิดโล่งไม่มีส่วนปกปิด เป็นส่วนป้อนแรงดันไฟฟ้าให้ชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนทำให้ดูไม่ปลอดภัย ทั้งนี้เพราะการเดินสายไฟชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนยาวเกินไป จะทำให้มีการสูญเสียในสายตัวนำมากจนมีผลต่อการทำความเย็น

6. การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ด้านความปลอดภัย พบว่า อุปกรณ์มีสายดินป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดที่มีโครงและตัวถังเป็นโลหะ ควรมีจุดต่อสายดิน และมีสายดินเดินไว้เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้าเมื่ออุปกรณ์บกพร่องจะเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าลงสู่ดิน และเป็นการติดตั้งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 455-2537 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2538 : 3) มีการลดแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ปลอดภัยโดยเปลี่ยนแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ แปลงเป็นแรงดันไฟตรง 12 โวลต์ ซึ่งมีความปลอดภัยกว่า รวมทั้งติดตั้งฟิวส์ตัดต่อวงจรไฟสลับออกเมื่อเกิดการผิดปกติที่แหล่งจ่ายไฟแรงดันไฟตรง ติดตั้งฟิวส์ความร้อนในวงจรแผ่นความร้อน เมื่อมีอุณหภูมิสูงเกิน 85 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันความร้อนสูงผิดปกติ ส่วนการจัดระบบวงจรไฟฟ้า และวงจรระบายความร้อนอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เนื่องจากว่าผู้วิจัยต้องการที่จะแยกส่วนที่เป็นไฟฟ้ากับส่วนวงจรน้ำระบายความร้อนให้ห่างมากที่สุด ทำให้การเดินสายวงจรไฟฟ้าและวงจรน้ำขาดความสวยงามไป ซึ่งผู้วิจัยถือความปลอดภัยไว้เป็นประการสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอแนะบางสิ่งบางอย่าง เพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยที่จะเกิดขึ้นต่อไป

1. ควรปรับปรุงพื้นที่การระบายความร้อนเพื่อผลความเย็นภายในลดลงและการระบายความร้อนของพัฒลมะ
2. ควรปรับปรุงระบบการกระจายความเย็นภายในตัวตู้ให้เหมาะสม
3. ควรติดตั้งปลั๊กอุดของถังพักน้ำในการดูแลทำความสะอาดถังน้ำ
4. ควรปรับตั้งอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนในระบบให้มีอัตราการไหลสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในจำนวนที่มากขึ้นเพื่อศึกษาผลของการทำความเย็นที่ได้ภายในตัวตู้ที่ป้องกันการไหลเข้ามาของความร้อนจากภายนอกตู้
2. ควรศึกษาวิธีการระบายความร้อนให้กับชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในแบบอื่น เช่น การใช้ฟินคอลลี การใช้ฮีทไปป์ เพื่อลดอุณหภูมิที่แผ่นระบายความร้อนออกไปสู่บรรยากาศภายนอกได้ดียิ่งขึ้น และลดงานกลให้น้อยลงเพื่อลดความสูญเสียและความสึกหรอน้อยลง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษฎา เทียมทิพานุกรและคณะ. (2540). *ตู้น้ำอิเล็กทรอนิกส์. วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม). พระนครศรีอยุธยา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. ถ่ายเอกสาร.*
- กมล ธรรมบุตร. (2536, ตุลาคม). "การเปลี่ยนรูปพลังงาน," ใน *เทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 1(3) : 14.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. กองควบคุมวัตถุอันตราย. (2538). "เยาวชนกับการพิทักษ์ชั้น โอโซน," ใน *เอกสารประกอบการสัมมนาวันโอโซนโลก 16 กันยายน 2538. กรุงเทพฯ : กองควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม. จัดสำเนา.*
- กระทรวงอุตสาหกรรม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2540?). *ประเทศไทยกับการฟื้นฟูชั้นโอโซน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและคณะ แปลและเรียบเรียง. กรุงเทพฯ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.*
- กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2538). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) 455-2537 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ประชาชน.*
- คู่มือวิศวกรเครื่องกล ฉบับพิมพ์ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม. (2535). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เอ็ม แอนด์ อี. ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (2523). *การทำความเป็นและปรับอากาศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ก. วิวรรณ.*
- ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. (2539). *เครื่องมือวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซต.*
- เดอ เอิร์ท เวอร์คส์ กรุ๊ป. (2534). *50 วิธีพิทักษ์และคุ้มครองโลก. แปลโดย พันธุมวดี เกตวันดี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บีบีคิว.*
- เด่นพงศ์ สังขาสี. (2538). *การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของตู้เย็นและแนวทางการปรับปรุงเพื่อประหยัดพลังงาน. ใน วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.*
- "ตู้แช่ไวน์," (2545). *วีรสุแอปปีนิวเอียร์ 2002*. 20(66) : 57.
- ธนาวุช จารุทัศน์. (2522). *การถนอมอาหารเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).*
- ธวัชชัย ชยานิช. (2538, มิถุนายน). "TEC อุปกรณ์ระบายความร้อนแบบโซลิตสเตต," *อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม*. (10) : 87-92.
- เนเชอรัล อิเล็กทริกส์ อิมพอร์ต เอ็กซ์พอร์ต. (2541). *ตู้น้ำอิเล็กทรอนิกส์. (แผ่นพับ). กรุงเทพฯ : เนเชอรัล.*
- บรรเลง ศรีนิลและวีรวัฒน์ กบิลกาญจน์. (มปป.). *ทฤษฎีทำความเย็นระบบ SI. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.*
- บริษัท ว. ทวีพัฒนา จำกัด. (2542, กันยายน). "การสอบเทียบอุณหภูมิด้วย ISOCAL-6 จาก ISOTECH," ใน *เทคโนโลยีอุตสาหกรรม*. 7(62) : 55.

- ประเสริฐ วิโรจน์ชิน. (2538). "การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของครีบริบายเครื่องยนต์ รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ ระหว่างกระบอกสูบเย็นกับนอน," ใน *รวมบทความวิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538*. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มยุรี จัยวัฒน์. (2527). *การให้ความเย็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เยาวลักษณ์ รัตนพรวรวิสกุล. (2539). "ผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง," ใน *บทความวิทยานิพนธ์ภาคปลาย ปีการศึกษา 2538*. 135. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (2540). *ศัพท์เทคนิควิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีรชัย เลิศสถาพรสุข. (2543). *การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้สำหรับระบบตู้แช่วัคซีนพลังงานแสงอาทิตย์*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ศราภา ฉันทกุล. (2539). "การผลิตกุ้งแช่เย็นจากปลาดุกอุยเทศและการเก็บรักษา," ใน *บทความวิทยานิพนธ์ภาคปลาย ปีการศึกษา 2538*. 136. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เศกสิทธิ์ คำชมภู. (2539, พฤษภาคม). "เพลเทียร์เอฟเฟกต์ ตู้เย็นแบบโซลิสเตด," ใน *เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์*. 22(159) : 99.
- สมชาติ พฤติวิญญู, สิทธะ มากทิมทองและนารีรัตน์ ทิพย์ชน. (2538). "เทอร์โมอิเล็กทริก รีฟริกเจอเรเตอร์," ใน *บทความวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยรังสิต*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรังสิต.
- สมโภชน์ อุทัยวิวัฒน์กุล. (2541, กันยายน). "หลักการทำงานของอุปกรณ์เพลเทียร์ในการสร้างความเย็น," ใน *เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์* 24(188) : 189.
- สมศักดิ์ สุโมทยกุล. (2542). *หลักการทำงานและเทคนิคการตรวจซ่อมเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2539). *โครงการฉลากเขียว ข้อกำหนดของตู้เย็นฉลากเขียว*. กรุงเทพฯ : สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานฯ.
- สุนทร ลักกิตโร. (2534, สิงหาคม). "สิ่งแวดล้อมในระดับโลกกับพลังงาน," ใน *เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม*. 18 (98) : 88.
- อัครเดช สินธุภาค. (2533). *การทำความเย็น*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- "อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า," (2537). *อุตสาหกรรมสาร*. 37(4) : 45-54.

- Cook, N. (1995). *Refrigeration and Air Conditioning Technology*. London : Macmillan.
- Garg, Atul. (1998, August). "Characterization of ALGAAS/GAAS HBT Interconnect for Digital Applications and Design of a Dense Multi-chip Module for a 1 GHz RISC Processor (Aluminium Gallium Arsenic, Gallium Arsenic, Heterojunction Bipolar Transistor, Thermoelectric Coolers)," *Dissertation Abstracts International-B*. (CD-ROM). 59(2) : 1998. Available : UMI ; *Dissertation Abstracts* (1998).
- Goldsmid, H.J. (1986). *Electronic Refrigeration*. London : Pion Limited.
- Household refrigerating appliances- Refrigerators with or without low temperature compartment- Characteristics and test methods. (1998). London : British Standards Institution.
- Jack, Bass. (1997). "Thermoelectricity," In *Mcgraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology*, V. 18. P. 359. 8th ed. New York : Mcgraw-Hill.
- Kaner, Richard B. (1998). "Modified Bismuth Telluride for Improved Thermoelectric Refrigeration", University of California Energy Institute. (Online). Available : File Cooling.TXT.
- Malcovati, Piero. (1997, Spring). "CMOS Thermoelectric Sensor Interfaces," *Dissertation Abstracts International-C*. (CD-ROM). 58(1). : 1997. Available : UMI ; *Dissertation Abstracts* (1997).
- Marlow Industries. (1998). *Design Guide-Estimating Heat Loads*. (Online). Available : FTP : Marlow.com; Directory :/ehlohtm;file : Estimating Heat Loads.
- . (1998). *Design Guide-Heat Sinks*. (Online). Available : FTP : Marlow.com; Directory :/d-Heat.htm; file : Heat Sinks.
- Mcdaniel, Janet. (1995, March). "How to Calculate Heat Loads for Thermoelectric Coolers," *Machine Design*. 67(5) : 155,156,158.
- Salas, Carl E. & Marianne. (1992). *Guide to Refrigeration CFC's*. Fairmont : Prentice-Hall.
- Uemura, Kin-ichi. (1995). "Commercial Peltier Modules," In *CRC Handbook of Thermoelectrics*. Edited by D.M. Rowe. P. 628. Florida : CRC Press.
- . (1995). "Laboratory Equipment," In *CRC Handbook of Thermoelectrics*. Edited by D.M. Rowe. P. 650. Florida : CRC Press.
- Ure, Roland W. (1990). "Thermoelectricity," In *The Encyclopedia Americana*, V. 26. P. 653-654 : Grolier.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

จดหมายขอความอนุเคราะห์ในการตรวจแบบสอบถาม



ที่ ทม 1012/ ๑ ๕ ๐

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๕ กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏธนบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความรู้ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัฐแก้ว ศรีสด ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ และ อาจารย์ชาดา เมียนกำเนิด ผู้อำนวยการสำนักวางแผนและพัฒนา เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความรู้ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119



ที่ ทม 1012/ 3400

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๕ กันยายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ว่าการสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความรู้ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ธีระพงษ์ สมประจบ นักวิชาการ 6 เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความรู้ในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ข
จดหมายขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

ที่ ทม 1012/ 4723



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๕ ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์เสรี เพิ่มชาติ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ ๔๗๕๔



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏธนบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์มานิต สุขจินดาเสถียร และ อาจารย์สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ ๔๔ ๖5



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๖5 ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์บุทโธกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์วุฒิกรณ์ จรรย์คันติเวช เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 664-1000 ต่อ 5726, 5644

โทรสาร. 258-4119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5726, 5644

ที่ ทม 1012/ 4411

วันที่ ๕ ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นายชาติ อินทรชัย นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร” โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์กิตติ สถาพรประสาธน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามการทดลองใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชาติ อินทรชัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ประวัติผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม

ชื่อ อาจารย์ชาดา เมี้ยนกำเนิด
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาสถิติประยุกต์, ผู้อำนวยการสำนักวางแผนและพัฒนา
 วุฒิทางการศึกษา ค.ม. (วิจัยการศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 ประสบการณ์การทำงานและการสอน 14 ปี
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏธนบุรี
 โทรศัพท์ 02-8902301
 เชี่ยวชาญด้าน วิจัยการศึกษา

ชื่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิตแก้ว ศรีสด
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์, ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์
 วุฒิทางการศึกษา พบ.ม. สถิติประยุกต์ (สาขาคอมพิวเตอร์) สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
 ประสบการณ์การทำงานและการสอน 13 ปี
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏธนบุรี
 โทรศัพท์ 01-3167542
 เชี่ยวชาญด้าน ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ สถิติ

ชื่อ คุณธีระพงษ์ สมประจบ
 ตำแหน่ง นักวิชาการ 6
 วุฒิทางการศึกษา ค.บ. (ไฟฟ้ากำลัง) สถาบันราชภัฏพระนคร
 ประสบการณ์การทำงานและการสอน 10 ปี
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)
 เชี่ยวชาญด้าน ไฟฟ้ากำลัง

ประวัติผู้เชี่ยวชาญกรอกแบบสอบถาม

ชื่อ อาจารย์กิตติ สถาพรประสาธน์
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 วุฒิทางการศึกษา วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน)
 หน่วยงานที่สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 โทรศัพท์ (02)664-1000 ต่อ 2055,2064 , (09)791-2397
 เชี่ยวชาญด้าน การจัดการพลังงาน, Heat Transfer

ชื่อ อาจารย์สถาพร จำรัสเลิศลักษณ์
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
 วุฒิทางการศึกษา คอ.ม. (ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์)
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏธนบุรี
 โทรศัพท์ (02)890-1801, (02)466-9000 ต่อ 1061
 เชี่ยวชาญด้าน ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ อาจารย์มานิต สุขจินดาเสถียร
 ตำแหน่ง อาจารย์ประจำโปรแกรมเทคโนโลยีการอาหาร
 วุฒิทางการศึกษา วศ.ม. (วิศวกรรมอาหาร)
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏธนบุรี
 โทรศัพท์ (01)313-5989
 เชี่ยวชาญด้าน ระบบความเย็นในการถนอมอาหาร

ชื่อ อาจารย์เสรี เพิ่มชาติ
 ตำแหน่ง อาจารย์
 วุฒิทางการศึกษา คอ.ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
 โทรศัพท์ (032)261-889
 เชี่ยวชาญด้าน ระบบทำความเย็น

ชื่อ อาจารย์วุฒิกรณ์ จริยตันติเวทย์
 ตำแหน่ง อาจารย์พิเศษภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยรัชต์ภาคย์
 วุฒิทางการศึกษา วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม), คอ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มจร.
 กว. (ภาคีเครื่องกล)
 หน่วยงานที่สังกัด สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
 โทรศัพท์ (01)641-9419
 เชี่ยวชาญด้าน การถ่ายเทความร้อน, การทำความเย็นและปรับอากาศ, วิศวกรรมโรงงาน ผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามเรื่องการใช้ไม้อัดไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

แบบสอบถาม
เรื่อง
การทดลองใช้ โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

แบบสอบถามเกี่ยวกับความเหมาะสมด้านการใช้งานอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนในตู้เย็นขนาด 53 ลิตร

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการสร้างอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนติดตั้งในตู้เย็น จำนวน 15 ข้อ สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. ด้านกายภาพทั่วไป 5 ข้อ
2. ด้านการบำรุงรักษา 5 ข้อ
3. ด้านความปลอดภัย 5 ข้อ

ตอนที่ 4 ข้อคิดเห็นและเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในงานวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความเหมาะสมด้านการใช้งานของอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้น

แบบสอบถามนี้มีสาระครอบคลุมด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ดังนี้

1. ด้านกายภาพทั่วไป 5 ข้อ
2. ด้านการบำรุงรักษา 5 ข้อ
3. ด้านความปลอดภัย 5 ข้อ

ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ () หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ/หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง

1. ผู้เชี่ยวชาญด้าน
 - () เครื่องทำความเย็นและตู้เย็น
 - () ไฟฟ้า
 - () อิเล็กทรอนิกส์
2. ระดับการศึกษา
 - () ปริญญาตรี
 - () ปริญญาโท
 - () ปริญญาเอก
 - () อื่น ๆ (ระบุ)
3. ประสบการณ์ด้านอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทำความเย็นและตู้เย็นหรือเป็นผู้สอนทางด้านนี้ ปี
4. ตำแหน่งหน้าที่ในปัจจุบัน
5. อื่น ๆ (ระบุ)

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการสร้างอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนติดตั้งในตู้เย็น โดยประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน

ข้อแนะนำในการตอบแบบสอบถาม

1. ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นในเนื้อหาเกี่ยวกับความคิดเห็นของท่านจากการประเมินอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนที่ติดตั้งในตู้เย็น มี 15 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่านหลังจากประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งาน
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดได้ดังนี้
 - 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
 - 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
 - 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
 - 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
 - 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับที่ใช้ไม่ได้

ความคิดเห็นของผู้ประเมินอุปกรณ์ทำความเย็นโดยใช้โมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน
ที่ติดตั้งในตู้เย็น

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
	ด้านกายภาพทั่วไป					
1	ความกระจัดรัดของชุดทำความเย็น					
2	ความแข็งแรงของโครงสร้างตู้เย็น					
3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์					
4	ความสะดวกในการใช้ถนอมอาหาร					
5	การกระจายความเย็นภายในตู้					
	ด้านการบำรุงรักษา					
1	การบำรุงรักษาเครื่องทำได้สะดวก					
2	การตรวจระดับน้ำในถังเก็บน้ำระบายความร้อน					
3	การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน					
4	การดูแลพัฒลระบายความร้อนทำได้ง่าย					
5	ชิ้นส่วนประกอบของตู้เย็นสามารถแยกออกและประกอบได้					

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
	ด้านความปลอดภัย					
1	มีการป้องกันความร้อนเกินของส่วนระบายความร้อน					
2	มีการลดแรงดันไฟฟ้าในระบบให้ปลอดภัย					
3	มีการจัดระบบวงจรไฟฟ้าและวงจรระบายความร้อน					
4	มีสายดินป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า					
5	มีระบบตัดไฟฟ้าเมื่อเกิดการลัดวงจร					

ตอนที่ 4 ข้อคิดเห็นและเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.

.....

2.

.....

3.

.....

อื่น ๆ (ระบุ)

.....

#####

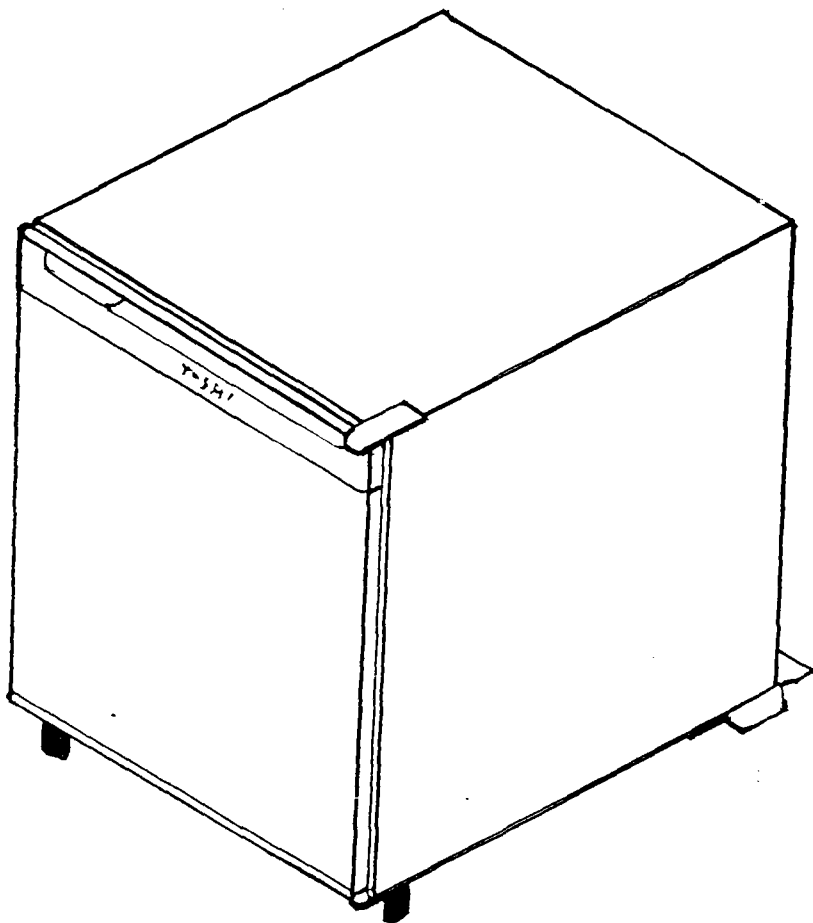
ขอขอบคุณที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร

คู่มือ

การใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร



คำนำ

คู่มือการใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร จัดทำขึ้นเพื่อให้ท่านผู้ใช้ได้ทำความเข้าใจกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพร้อมวิธีการใช้งาน ทั้งยังได้อธิบายให้เห็นถึงการทำงานของเครื่องด้วย ถ้าท่านได้อ่านคู่มือฉบับนี้แล้ว ท่านจะสามารถใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย เพราะนอกจากจะอธิบายถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องและการใช้งานแล้วยังได้เสริมในส่วนของการบำรุงรักษา และความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่า คู่มือการใช้ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร จะช่วยให้ผู้อ่านได้ใช้เครื่องนี้อย่างถูกต้อง

ชาลี อินทรชัย

สารบัญ

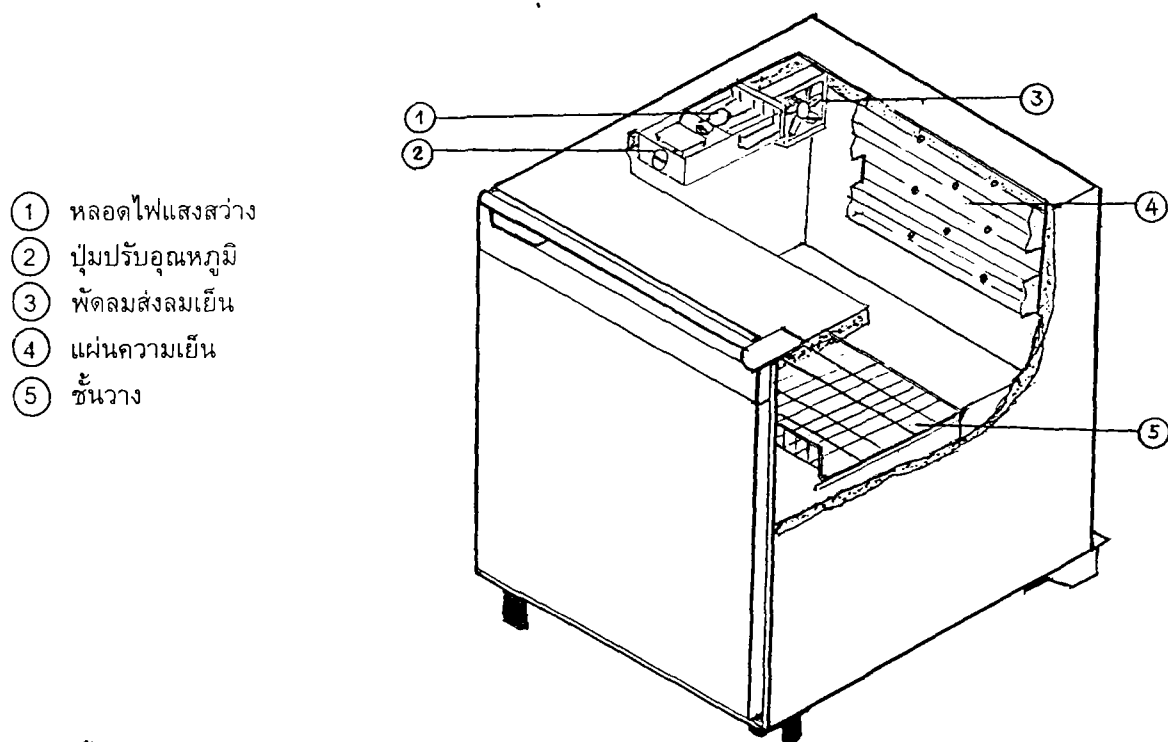
	หน้า
1 ลักษณะเฉพาะของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน ขนาด 53 ลิตร	1
2 วิธีการติดตั้งตู้เย็น	3
3 วิธีใส่อาหาร	4
4 การทำความสะอาด	5
5 เมื่อเกิดเหตุดังต่อไปนี้ให้ถอดปลั๊กตู้เย็นออก	6
6 เมื่อไม่ได้ใช้ตู้เย็นเป็นเวลานาน ๆ	6
7 เวลาเคลื่อนย้ายตู้เย็นให้ปฏิบัติดังนี้	6
8 ชั้นส่วนต่าง ๆ ของตู้เย็น	7

ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร เป็นเครื่องที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทำความเย็น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำความเย็น หรือการถนอมอาหาร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในครัวเรือน

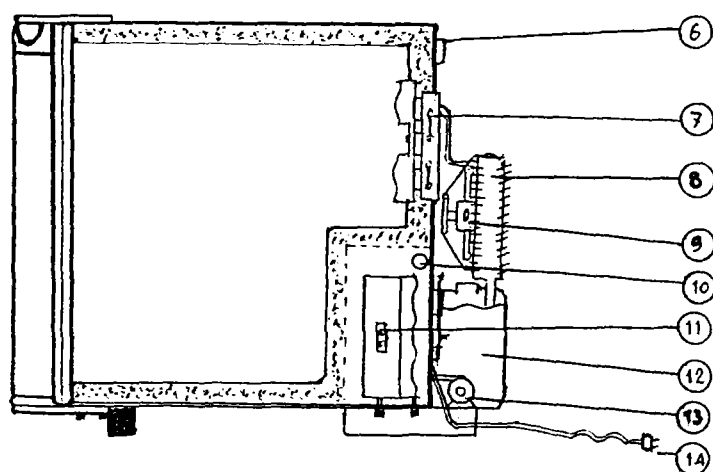
ลักษณะเฉพาะของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร

ชื่อ	ตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร
ชนิด	เป็นตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermoelectric cooler) ระบายความร้อนด้วยน้ำ
การนำไปใช้	เพื่อการถนอมอาหาร

ส่วนประกอบของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร



- ⑥ ขั้วต่อชุดโมดูลฯ (Module connector)
- ⑦ ชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled condenser)
- ⑧ แผงระบายความร้อน (Condenser panel)
- ⑨ พัดลมเป่าลมร้อน (Heating fan)
- ⑩ ฟิวส์ (Fuse)
- ⑪ ชุดจ่ายกระแสไฟตรง (DC power supply unit)
- ⑫ ถังเก็บน้ำ (Water reservoir)
- ⑬ บัมพ์น้ำ (Water pump)
- ⑭ สายไฟเข้าเครื่อง (Power cord)

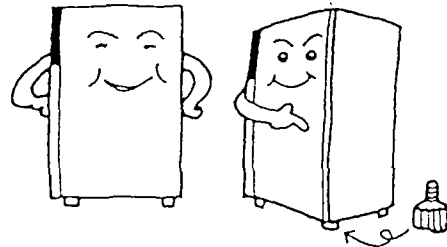


ภาพประกอบ 30 แสดงส่วนประกอบของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร

วิธีการติดตั้งตู้เย็น

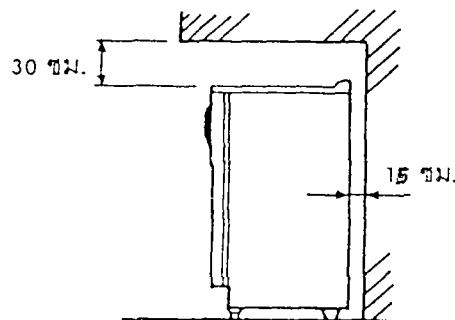
ควรตั้งตู้เย็นในที่เรียบ

ควรตั้งตู้เย็นในที่เรียบและสม่ำเสมอ พื้นที่ไม่สม่ำเสมอ อาจทำให้เกิดการสั่นเป็นเหตุให้เกิดเสียงดังได้ จึงจำเป็นต้องตั้งอยู่ในที่ไต่ระดับ และควรให้ตู้เย็นไปข้างหลังเล็กน้อย



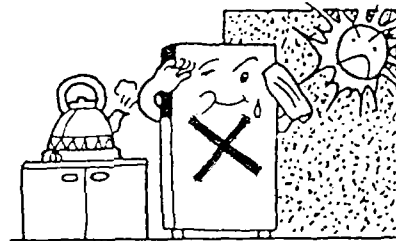
ควรตั้งตู้เย็นในที่อากาศโปร่ง

ควรตั้งตู้เย็นในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ให้ด้านหลังของตู้เย็นห่างจากฝาไม่น้อยกว่า 15 ซม. ด้านบน 30 ซม. และด้านข้างทั้งสองข้าง ๆ ละ 10 ซม. ถ้าอากาศถ่ายเทไม่สะดวกจะทำให้ส่วนระบายความร้อนร้อนและทำงานหนัก



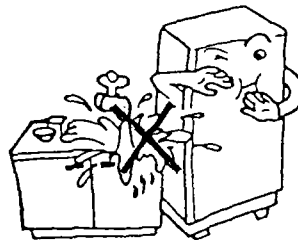
ไม่ควรตั้งตู้เย็นในที่ร้อนจัด

ไม่ควรตั้งตู้เย็นในที่ที่แสงแดดส่องถึงหรือในบริเวณที่มีความร้อนสูง เช่น เตาแก๊ส หรือตู้อบ เป็นต้น



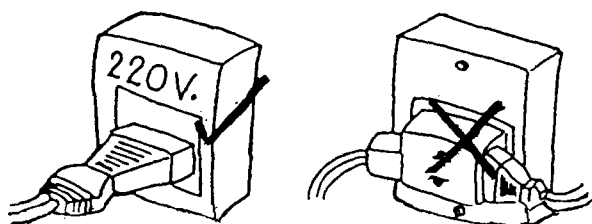
ไม่ควรตั้งตู้เย็นในที่อับชื้น

ไม่ควรตั้งตู้เย็นในบริเวณที่มีความชื้นหรือบริเวณที่มีน้ำกระเด็นมาถูกตู้เย็นได้ เช่น ใกล้ก๊อกน้ำ ความชื้นทำให้ตู้เย็นเป็นสนิมได้ง่ายและยังเป็นสาเหตุทำให้ไฟฟ้ารั่วได้



ควรใช้ไฟให้ถูกต้อง

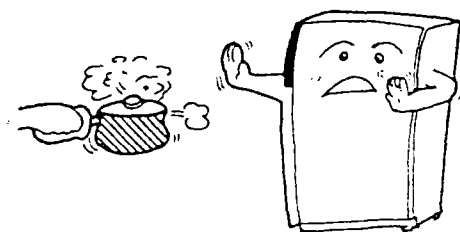
ก่อนเสียบปลั๊กตู้เย็นทุกครั้งต้องแน่ใจว่าเป็นไฟฟ้า 220 V. และไม่ควรเสียบปลั๊กตู้เย็นร่วมกับปลั๊กเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เพื่อความปลอดภัยควรต่อสายดินเข้ากับ EARTH SCREW ซึ่งอยู่ด้านหลังตอนล่างของตู้เย็น



ควรใช้น้ำกลั่นเติมในถังน้ำระบายความร้อน
ในถังใส่น้ำระบายความร้อน ควรเติมน้ำกลั่นใน
ถังน้ำระบายความร้อน เพื่อป้องกันการอุดตัน
ภายในท่อน้ำระบายความร้อน และเติมน้ำเพิ่มเติม
เมื่อน้ำในถังน้ำพร่องไป

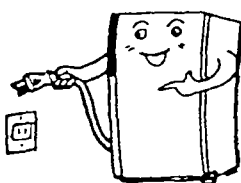
วิธีใส่อาหาร

- ก. ผลไม้และผักต่าง ๆ ให้ใส่ไว้ในถาดใส่ผักหรือใส่
ไว้ในถาดเอนกประสงค์ ถ้าต้องการเก็บไว้ในช่อง
สัน ๆ ผลไม้ที่มีน้ำมากถ้าผ่าไว้แล้วให้คลุมด้วย
พลาสติกใสบาง ๆ
- ข. ไม่ควรใส่ของในตู้เย็นมากเกินไป เพราะจะทำให้
ความเย็นกระจายภายในตู้ไม่ทั่วถึง
- ค. เวลาใส่หรือนำของออกจากตู้เย็น ไม่ควรเปิดตู้
ทิ้งไว้เป็นเวลานาน เพราะจะทำให้เสียไฟฟ้าโดย
เปล่าประโยชน์
- ง. อาหารที่ร้อนไม่ควรใส่ในตู้เย็น ควรทิ้งไว้ให้เย็นก่อน



การทำความสะอาด

- ก. ก่อนทำความสะอาดตู้เย็นให้ดึงปลั๊กไฟ
ออกก่อนทุกครั้ง



- ข. ควรทำความสะอาดตู้เย็นเดือน
ละครั้ง
- ค. เวลาทำความสะอาดห้ามใช้
เบนซิน ทินเนอร์ หรือแอลกอฮอล์
เช็ดทำความสะอาดตู้เย็น
- ง. ถังเก็บน้ำระบายความร้อน ควรทำ
ความสะอาดเดือนละครั้ง
- จ. ภายในและภายนอกตู้ควรใช้ผ้า นุ่มชุบ
น้ำสบู่น้ำ และเช็ดด้วยผ้าชุบน้ำที่
สะอาดแล้วตามด้วยผ้าแห้งเพื่อซับน้ำ
และสบู่ออกให้หมด
- ฉ. ถอดชั้นส่วนภายในตู้เย็น ซึ่ง
สามารถถอดได้ง่าย นำออกมา
ล้างด้วยน้ำ

เมื่อเกิดเหตุดังต่อไปนี้ให้ถอดปลั๊กตู้เย็นออก

- ก. เกิดไฟดับกระทันหัน
- ข. เมื่อไฟฟ้าภายในบ้านตก ให้สังเกตจากหลอดไฟแสงสว่างภายในบ้าน ถ้าหลอดไฟหรี่แสดงว่าไฟตก
- ค. เมื่อสังเกตดูว่าตู้เย็นทำงานผิดปกติ
- ง. ไม่ควรถอดปลั๊กตู้เย็นในเวลากลางคืน เพราะตู้เย็นทำการตัดต่อวงจรโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว

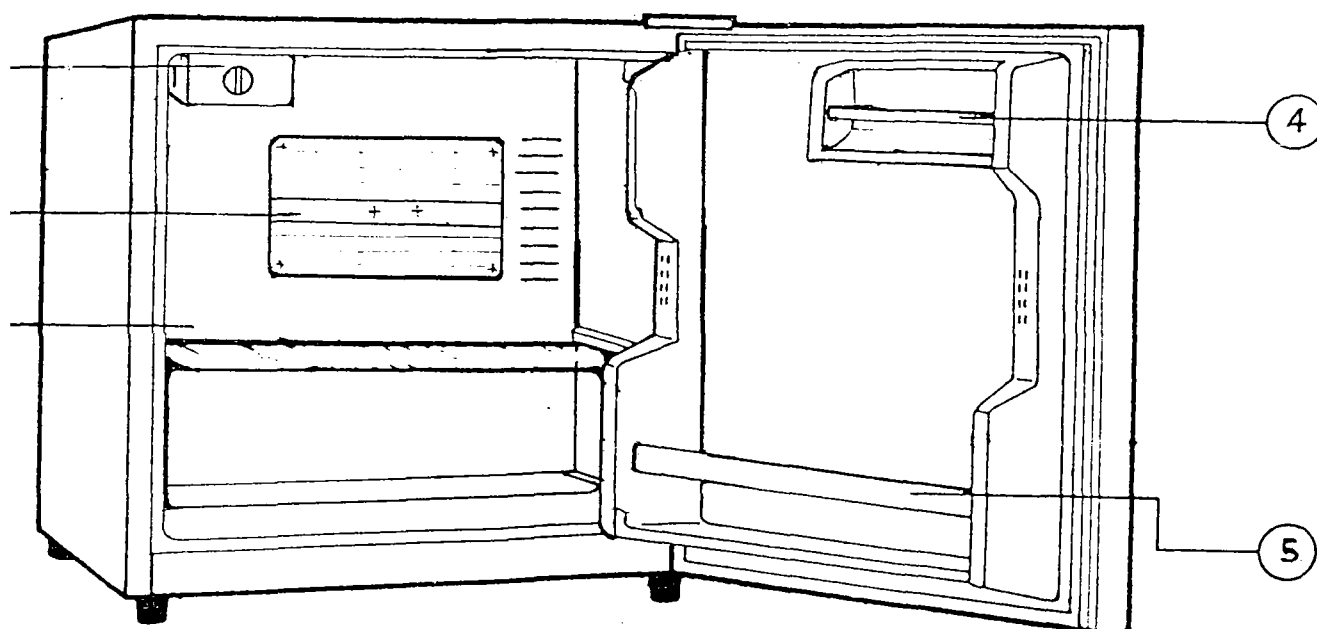
เมื่อไม่ได้ใช้ตู้เย็นเป็นเวลานาน ๆ

- ก. นำอาหารออกจากตู้เย็นให้หมด แล้วถอดปลั๊กออก
- ข. ทำการถ่ายเทน้ำระบายความร้อนในถังเก็บน้ำออก
- ค. ทำความสะอาดตู้เย็นภายในทั้งตู้และฝา และเปิดฝาทิ้งไว้

เวลาเคลื่อนย้ายตู้เย็นให้ปฏิบัติดังนี้

- ก. ถอดปลั๊กตู้เย็นออก
- ข. ถ่ายน้ำระบายความร้อนในถังเก็บน้ำด้านหลังตู้เย็นออก
- ค. เมื่อต้องการเคลื่อนย้ายตู้เย็นไปสถานที่ใหม่ ต้องบรรจุหีบห่อให้เรียบร้อย

ชั้นส่วนต่าง ๆ ในตู้เย็น

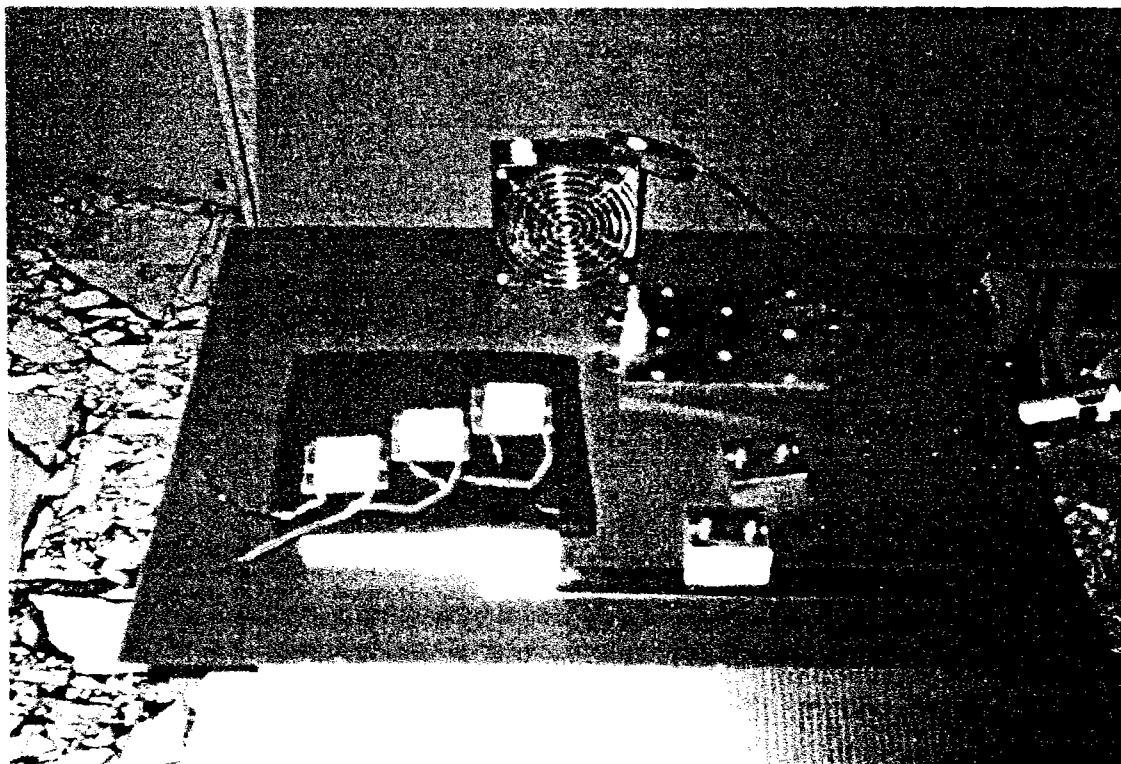


- ①. ปุ่มปรับอุณหภูมิ
- ②. แผ่นความเย็น
- ③. ชั้นวางของ
- ④. ชั้นวางของเบ็ดเตล็ด
- ⑤. ชั้นวางขวด

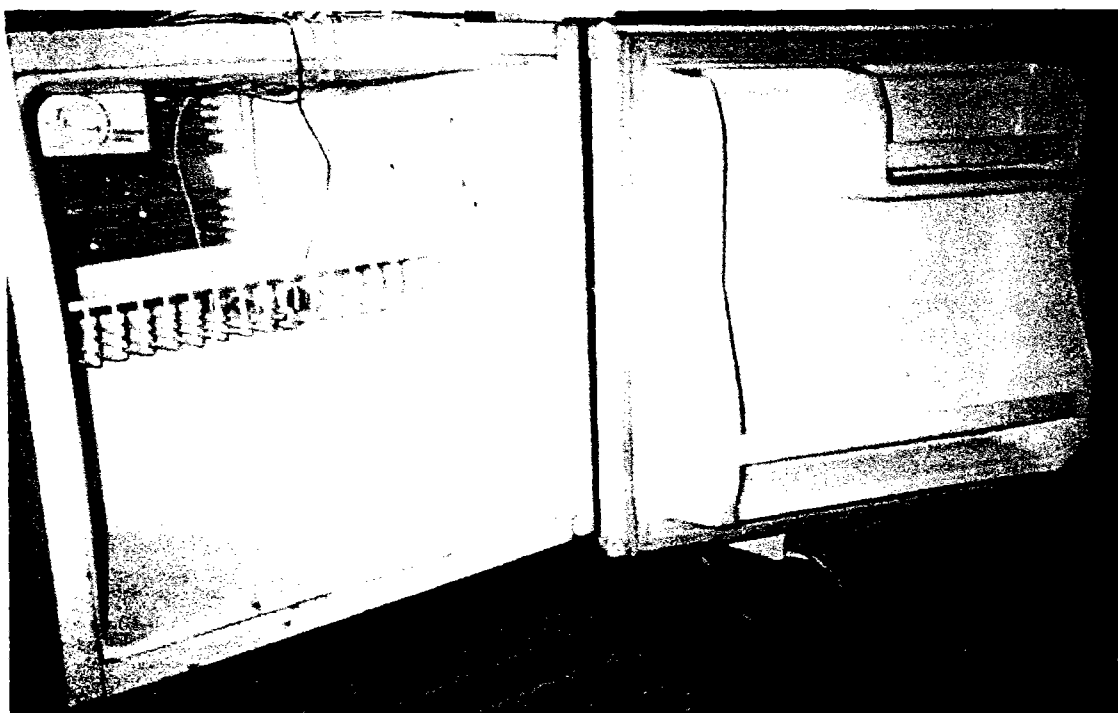
ภาพประกอบ 31 ชั้นส่วนต่าง ๆ ในตู้เย็น

ภาคผนวก จ

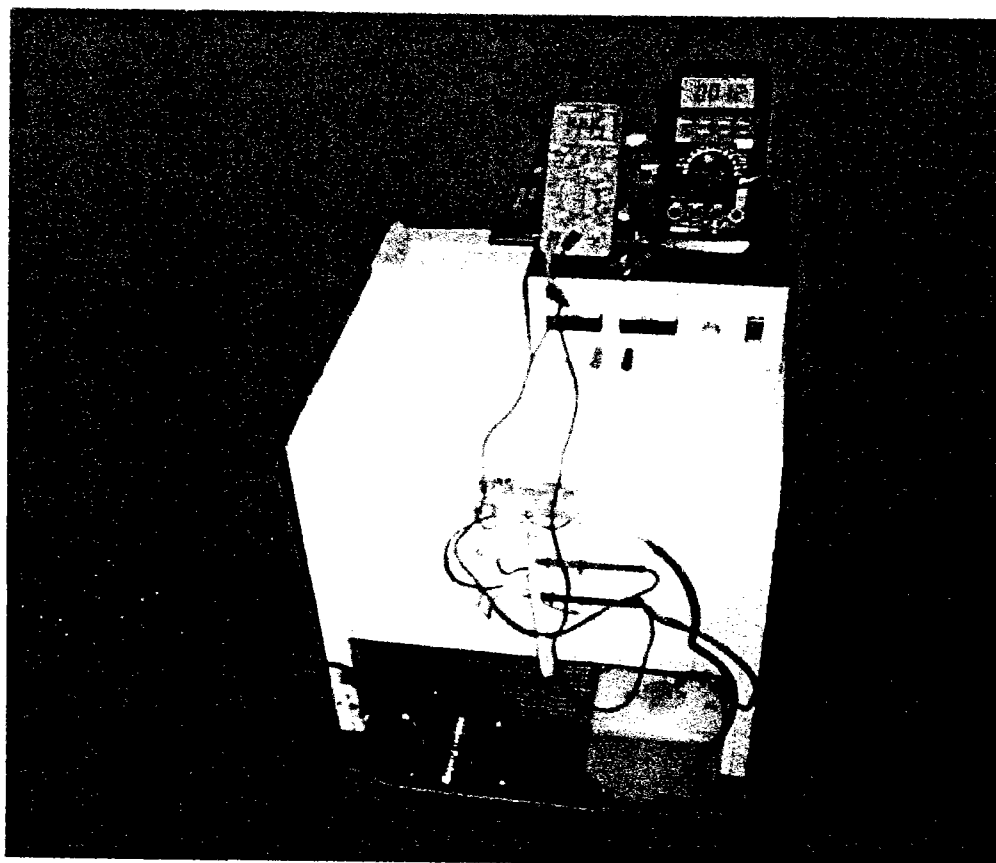
ภาพของตู้เย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 53 ลิตร



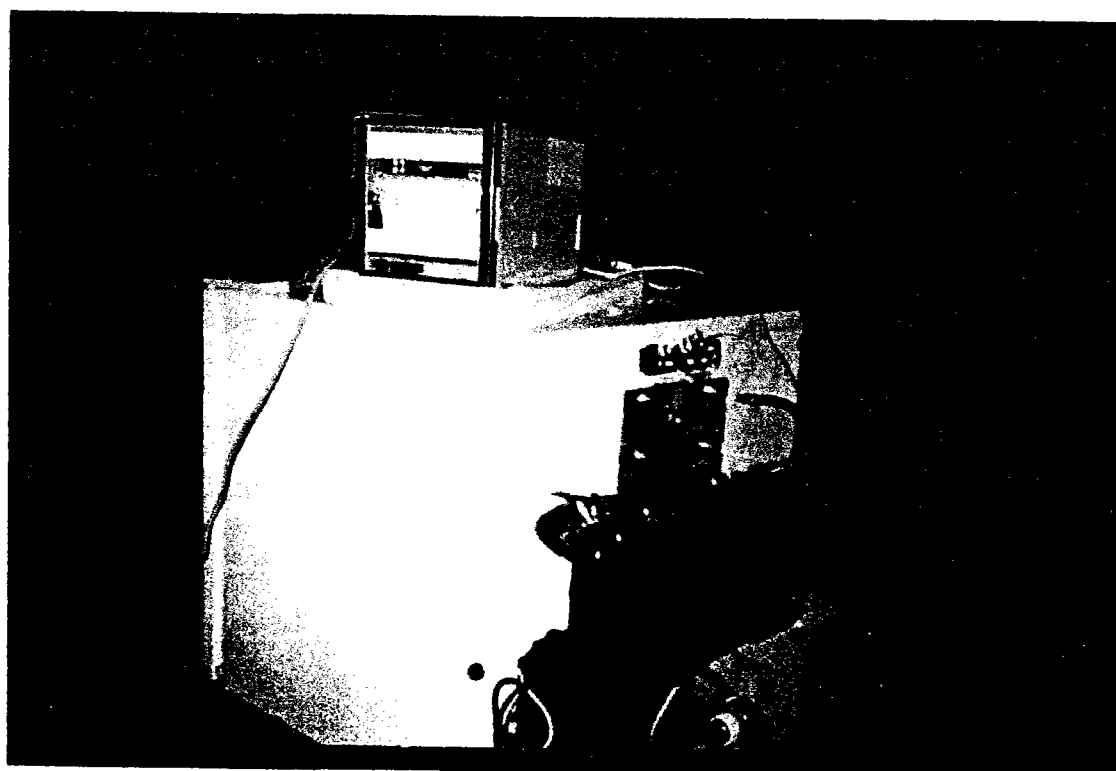
ภาพประกอบ 32 ส่วนประกอบของชุดทำความเย็นโมดูลไฟฟ้าพลังความร้อน จำนวน 3 ชุด



ภาพประกอบ 33 ตำแหน่งหัวัดอุณหภูมิภายในตัวตู้



ภาพประกอบ 34 ทดสอบอุณหภูมิความเย็นของตู้เย็น



ภาพประกอบ 35 การวัดอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้เย็น

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายชาลี อินทรชัย
วันเดือนปีเกิด	26 มกราคม 2506
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	181/83 พรานนกคอนโดมิเนียม ซอยอิสราภาพ 43 ถนนอิสราภาพ แขวงบ้านช่างหล่อ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	172 สถาบันราชภัฏธนบุรี แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2525	มัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
พ.ศ. 2528	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) สาขาช่างวิทยุและโทรทัศน์ จากโรงเรียนกนกเทคโนโลยี
พ.ศ. 2532	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) สาขาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม จากวิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
พ.ศ. 2537	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แขนงเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ จากวิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2545	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร