

ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลทีเยร์

FEASIBILITY OF REPLACEMENT VAPOR COMPRESSION
REFRIGERATION SYSTEM WITH
PELTIER REFRIGERATION SYSTEM

นายธีรวุฒิ เชนทรรัตน์

MR. TEERAWUT ANAKERAT

นายสิริพงศ์ วงศ์พิทยบุตร

MR. SIRIPONG WONGPATTAYAKORN

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์
FEASIBILITY OF REPLACEMENT VAPOR COMPRESSION
REFRIGERATION SYSTEM WITH
PELTIER REFRIGERATION SYSTEM

นายธีรวุฒิ เอนกรัตน์

MR. TEERAWUT ANAKERAT

นายสิริพงษ์ วงศ์พัทธยากร

MR. SIRIPONG WONGPATTAYAKORN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

FEASIBILITY OF REPLACEMENT VAPOR COMPRESSION
REFRIGERATION SYSTEM WITH
PELTIER REFRIGERATION SYSTEM

MR.TEERAWUT ANAKERAT
MR.SIRIPONG WONGPATTAYAKORN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไป ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์

Feasibility of Replacement Vapor Compression Refrigeration System with Peltier Refrigeration System

นักศึกษา

นายธีรภูมิ เอนรัตน์

รหัสประจำตัว 53010761

นายสิริพงศ์ วงศ์พิทยากร

รหัสประจำตัว 53011705

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์



(รศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์
นักศึกษา	นายธีรวุฒิ เอนกรัตน์ นายสิริพงศ์ วงศ์พัทธยากร
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยผู้วิจัยได้นำทฤษฎีเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิควิศวกรรมและด้านการเงิน ทฤษฎีการทำทำความเย็น และทฤษฎีเทอร์โมไดนามิกส์ มาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินงานมี 3 ขั้นตอนหลักคือ 1) การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิควิศวกรรม 2) การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงิน และ 3) การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ในความเป็นจริง โดยการวิเคราะห์ทางการเงินตลอดระยะเวลา 12 ปีตามอายุการใช้งานเฉลี่ยของตู้เย็นทั้งสองระบบ และพร้อมด้วยอัตราผลตอบแทนที่ใช้อัตราดอกเบี้ยออมทรัพย์ 0.75% ต่อปี มีผลการวิเคราะห์แสดงออกมาว่าตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -27,293.37 และในส่วนของตู้เย็นแบบอัดไอมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ -12,120.59 บาท เพราะฉะนั้น ระบบทำความเย็นแบบอัดไอไม่สามารถที่จะถูกทดแทนด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ ณ ปัจจุบันได้ และในส่วนของผลการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงด้วยการลดต้นทุนด้านราคาและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก พบว่า 1) ระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ไม่สามารถทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอได้ด้วยการลดต้นทุนด้านราคา และ 2) ระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์สามารถทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอได้เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ 0.35 เป็น 0.8147 หรือเพิ่มขึ้น 132.77 เปอร์เซ็นต์

Thesis Tittle	Feasibility of replacement Vapor Compression Refrigeration system with Peltier Refrigeration system
Student	Mr. Teerawut Anakerat Mr. Siripong Wongpattayakorn
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2013
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

This project aims to study the feasibility of replacement Vapor Compression refrigeration system with Peltier refrigeration system. Theories of Feasibility study, Refrigeration and Thermoelectric are applied for this study. There are three steps for this study as follows: 1) technical analysis, 2) financial analysis, and 3) sensitivity analysis. From financial analysis along 12 years of system life time with rate of return 0.75% per year, Peltier refrigerator Net Present Value is -27,293.37 baht and Vapor Compression refrigerator Net Present Value is -12,120.59 baht, so Vapor Compression refrigeration system cannot be currently replaced with Peltier refrigeration system. From sensitivity analysis by decreasing price and increasing Coefficient of Performance of Thermoelectric plate, it shows that 1) It is not possible to replace Vapor Compression refrigeration system with Peltier Refrigeration system by price declining and 2) Peltier Refrigeration system can replace Vapor Compression refrigeration system when the Coefficient of Performance of Thermoelectric plate increases from 0.35 to 0.8147 or 132.77 percent increasing.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ สามารถสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบพระคุณบุคคลทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งความกรุณาของอาจารย์ในการเสียสละเวลาสำหรับการให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ดร.วิภู ศรีสืบสาย ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งคำแนะนำ และความเอาใจใส่ที่มีให้อย่างเสมอมา

ดร.พลชัย โชติปราชญ์กุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ คำปรึกษาที่ดี ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ทั้งเรื่องในตำรา และนอกตำราที่มีให้อย่างเสมอมา

ดร.อุดม จันท์จรัสสุข กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ คำปรึกษาที่ดี ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ทั้งเรื่องในตำรา และนอกตำราที่มีให้อย่างเสมอมา

ผศ.ดร.สรรพลสิทธิ์ ลีมนรัตน์, ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล, รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ, รศ.ดร.ฤดี มาสุนันท์, ดร.ชุมพล ยวงใย, ดร.พิชญ์วดี กิตติปัญญางาม, รศ.ดร.ทศพล เกียรติเจริญผล, ดร.กิตติวัฒน์ สิริเกษมสุข, ดร.นิรันดร์ พิสุทธอนันท์ ทางกลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

นางสาวมยุรี ทองนาค และนางสาวรุ่งนภา อินทร์มีศรี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆในการจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณครอบครัวของกลุ่มผู้วิจัย สำหรับความช่วยเหลือในด้านต่างๆ กำลังใจที่ดี และการสนับสนุนให้การทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนๆสำหรับความช่วยเหลือ ความร่วมมือจนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี และความเอาใจใส่ คอยเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

นายธีรวุฒิ เอนกรัตน์

นายสิริพงศ์ วงศ์พิทยาการ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ

บทที่ 1	บทหน้า
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ.....	3
2.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาด.....	3
2.1.1.1 จุดมุ่งหมายของการศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาด.....	4
2.1.1.2 ปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากด้านตลาด.....	4
2.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม.....	4
2.1.2.1 การคำนวณประสิทธิภาพการทำงาน.....	5
2.1.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการบริหาร.....	6
2.1.3.1 การบริหารในระยะก่อนการดำเนินงาน.....	6
2.1.3.2 การบริหารในระยะดำเนินงาน.....	6
2.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	7
2.1.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ.....	7
2.1.4.2 อัตราผลตอบแทนภายใน.....	8
2.1.4.3 อัตราส่วนผลประโยชน์สุทธิต่อต้นทุน.....	8

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.4.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis).....	8
2.1.5 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	9
2.1.6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม.....	9
2.2 ทฤษฎีการทำความเย็น.....	10
2.2.1 หลักการทำความเย็น.....	10
2.2.2 หน่วยของการทำความเย็น.....	10
2.2.3 อุณหภูมิและความร้อน.....	10
2.2.4 ความจุความร้อน.....	11
2.2.5 ความร้อนแฝง.....	11
2.3 ทฤษฎีระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	12
2.3.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	12
2.3.2 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น.....	12
2.4 ทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์.....	14
2.4.1 เทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์.....	14
2.4.2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์.....	15
2.4.3 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์.....	16
2.5 ทฤษฎีทางไฟฟ้า.....	17
2.5.1 แรงดันไฟฟ้า.....	17
2.5.2 กระแสไฟฟ้า.....	18
2.5.3 ความต้านทานไฟฟ้า.....	19
2.5.4 กำลังไฟฟ้าไฟฟ้า.....	20
2.5.5 พลังงานไฟฟ้า.....	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำความเย็น.....	24
3.1.1 ประเภทของระบบทำความเย็น.....	24
3.1.1.1 ตู้เย็นระบบเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์หรือแบบเพลเทียร์.....	24
3.1.1.2 ตู้เย็นแบบอัดไอ.....	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า	28
3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม.....	30
3.2.1 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาทางด้านเทคนิควิศวกรรม.....	30
3.2.2 การทดสอบความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	30
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลทีย์ร์	
3.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	31
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลทีย์ร์	
3.2.4 สรุปเกณฑ์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรม.....	34
3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	34
3.3.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายโดยรวมของผู้เย็นทั้ง 2 ระบบ.....	34
3.3.1.1 ราคาขายซึ่งผู้บริโภคมักต้องจ่ายในต้นทุนเริ่มแรก.....	34
ของผู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์และแบบอัดไอ	
3.3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	38
3.3.2.1 อัตราดอกเบี้ย.....	38
3.3.2.2 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	38
3.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง.....	40
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอด้วยตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์.....	41
4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม.....	42
4.2.1 ผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	42
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลทีย์ร์	
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ.....	42
ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลทีย์ร์	
4.2.2.1 กราฟแสดงพลังงานในการทำความเย็นและเวลา.....	43
4.2.2.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าและเวลา.....	44
4.2.2.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance).....	46
4.2.3 สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรม.....	47
4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายโดยรวมของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ.....	52
4.3.1.1 มูลค่าการลงทุนเริ่มแรก.....	52
4.3.1.2 มูลค่าใช้จ่ายรายปี (Annual Worth: A).....	52
4.3.2 ผลการวิเคราะห์การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	53
4.3.2.1 อัตราดอกเบี้ย.....	53
4.3.2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value).....	53
4.3.3 สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	54
4.4 ผลการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง.....	54
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ.....	57
5.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม.....	57
5.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน.....	57
5.1.3 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง.....	58
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	58
หนังสืออ้างอิง.....	59
ภาคผนวก ก ตารางแสดงข้อมูล	
ภาคผนวก ข เอกสารมาตรฐาน	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็น สำหรับตู้เย็น 1 ประตู.....	27
ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็น สำหรับตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป.....	27
ตารางที่ 3.3 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า.....	28
ตารางที่ 3.4 สรุปค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร.....	34
ตารางที่ 3.5 สรุปค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นแบบเฟลทียอร์ขนาดปริมาตร 15 ลิตร.....	35
ตารางที่ 4.1 มูลค่าการลงทุนเริ่มแรกของตู้เย็นแบบอัดไอ และแบบเฟลทียอร์.....	52
ตารางที่ 4.2 มูลค่าใช้จ่ายรายปีของตู้เย็นแบบอัดไอ และแบบเฟลทียอร์.....	52

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของอุณหภูมิต่างๆ.....	10
รูปที่ 2.2 วัฏจักรของการทำความเย็นทางทฤษฎี.....	12
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น.....	13
รูปที่ 2.4 การต่อกันของวัสดุถึงตัวนำที่ต่างชนิดกัน.....	14
รูปที่ 2.5 ระบบการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก.....	15
รูปที่ 2.6 เทอร์โมอิเล็กทริก หรือเพลเทียร์.....	15
รูปที่ 2.7 ทิศทางการดึงพลังงานความร้อนจากฝั่งที่ต้องการปรับอุณหภูมิ.....	15
รูปที่ 2.8 ตู้เย็นที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์.....	16
รูปที่ 2.9 ขั้วหรือทิศทางของแรงดันไฟฟ้า.....	17
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อโวลต์มิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า.....	18
รูปที่ 2.11 แสดงการต่อแอมมิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า.....	19
รูปที่ 3.1 แบบรหัสและสัญลักษณ์ที่แสดงอยู่บนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก.....	24
รูปที่ 3.2 ตู้เย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก.....	25
รูปที่ 3.3 ตู้เย็นแบบ Traditional.....	25
รูปที่ 3.4 ตู้เย็นแบบ Side-by-Side.....	26
รูปที่ 3.5 ตู้เย็นแบบส่วนช่องแช่เย็นอยู่ด้านบน ช่องแช่แข็งอยู่ด้านล่าง.....	26
รูปที่ 3.6 ตู้เย็นแบบประตูฝรั่งเศส.....	26
รูปที่ 3.7 ลักษณะกราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา.....	32
รูปที่ 3.8 ลักษณะกราฟกำลังไฟฟ้า และเวลา.....	33
รูปที่ 3.9 ตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร สำหรับการทดสอบ.....	35
รูปที่ 3.10 ตู้เย็นแบบเพลเทียร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร สำหรับการทดสอบ.....	36
รูปที่ 3.11 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC-12704.....	36
รูปที่ 3.12 ครีบบะลูนีเยมสำหรับระบายความร้อน และระบายความเย็น.....	36
รูปที่ 3.13 ชุดพัดลมระบายอากาศกระแสตรง.....	36
รูปที่ 3.14 แผงวงจรควบคุม สำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์.....	37
รูปที่ 3.15 แผ่นเหล็กปิดประตูและด้านข้างของตู้เย็น.....	37
รูปที่ 3.16 พลาสติกขึ้นรูปแบบสูญญากาศ ชนิด PS-106 ปริมาตร 140.3 ลิตร.....	37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.17 พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น ชนิด PS.....	37
รูปที่ 3.18 ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม.....	38
รูปที่ 3.19 ยางกันรั่วขอบประตูตู้เย็น.....	38
รูปที่ 3.20 แผนภาพส่วนประกอบของกระแสเงินสด (Cash Flow).....	39
รูปที่ 4.1 ตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ140.3 ลิตร.....	41
รูปที่ 4.2 ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร.....	42
รูปที่ 4.3 กราฟพลังงานในการทำความเย็นและเวลา ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร	43
รูปที่ 4.4 กราฟพลังงานในการทำความเย็นและเวลา ตู้เย็นแบบอัดไอปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 140.3 ลิตร	44
รูปที่ 4.5 กราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร.....	45
รูปที่ 4.6 กราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ตู้เย็นแบบอัดไอ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 140.3 ลิตร.....	45
รูปที่ 4.7 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC-12704.....	47
รูปที่ 4.8 ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน และระบายความเย็น.....	48
รูปที่ 4.9 ชุดพัดลมระบายอากาศกระแสตรง.....	48
รูปที่ 4.10 แผงวงจรควบคุม.....	49
รูปที่ 4.11 แผ่นเหล็กปิดข้างและประตูของตู้เย็น.....	49
รูปที่ 4.12 พลาสติกขึ้นรูปแบบสูญญากาศ ชนิด PS-106.....	49
รูปที่ 4.13 พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น ชนิด PS.....	50
รูปที่ 4.14 ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม.....	50
รูปที่ 4.15 ยางกันรั่วขอบประตูตู้เย็น.....	50
รูปที่ 4.16 แผนภาพส่วนประกอบของกระแสเงินสด (Cash Flow).....	51
รูปที่ 4.17 มูลค่าปัจจุบันสุทธิในกระแสเงินสดของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์และแบบอัดไอ.....	53
รูปที่ 4.18 กราฟความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์.....	55
ของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ลดลง	
รูปที่ 4.19 กราฟความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์.....	56
ของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้น	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้มีการใช้ประโยชน์จากสิ่งต่างๆรอบตัวมากมายหลายอย่าง เพื่อนำมาตอบสนองในเรื่องความสะดวกสำหรับการทำกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของบริการโภชนาการ ได้มีการนำอุปกรณ์ทำความเย็นเข้ามาช่วยในการถนอมอาหาร เพื่อรักษาคุณภาพ ความสดใหม่ และรวมไปถึงการยืดอายุของอาหาร ซึ่งมีการนำระบบทำความเย็นเข้าไปประยุกต์ใช้ในการถนอมอาหาร และยังได้ประยุกต์ใช้ในการขนส่ง (Logistic) และการเก็บสำรองอาหาร (Stock) เป็นต้น

โดยระบบทำความเย็นที่พบกันอย่างแพร่หลายนั้น คือ ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System) ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างมาก และยังมีการปล่อยมลพิษสู่สภาพแวดล้อมอีกด้วย ทางผู้จัดทำเล็งเห็นว่าการนำเทคโนโลยี เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการทำระบบทำความเย็น ด้วยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เพลเทียร์ (Peltier) เข้ามาทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอในปัจจุบัน เนื่องจากการทำงานของเพลเทียร์นั้น มีกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และไม่มีการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมขณะทำความเย็น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกเพลเทียร์ และการประยุกต์ใช้งานในระบบทำความเย็น
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ มาทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ สำหรับห้องเย็น

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วง 25 ถึง 40 องศาเซลเซียส
2. ตู้เย็นเพลเทียร์ที่ทำการศึกษสามารถสร้างอุณหภูมิ ตั้งแต่ 5 ถึง 25 องศาเซลเซียส โดยมีผลต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกที่ 20 องศาเซลเซียส

3. ผู้ทำความเย็นเหมาะสมกับอาหารประเภทผักและผลไม้ที่อุณหภูมิ 10 ถึง 15 องศาเซลเซียส
4. ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์กับตู้เย็นแบบอัดไอ
5. ศึกษาความเป็นไปได้ของการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไวด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยอาศัยการศึกษาความเป็นไปได้ทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิควิศวกรรม และด้านการเงิน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่าสามารถนำเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้กับระบบทำความเย็นในห้องเย็นได้หรือไม่
2. ทราบถึงความคุ้มค่าในการนำระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ มาทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

1.5 แผนการดำเนินงาน

รายการ	ระยะเวลา							
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.ศึกษาเพื่อหาหัวข้อที่น่าสนใจในการทำโครงการวิจัย								
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวข้อง								
2.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ								
2.2 เทอร์โมอิเล็กทริก (Peltier)								
2.3 ทฤษฎีทางไฟฟ้า								
2.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ								
3. รวบรวมและสรุปข้อมูลที่ได้มาทั้งหมด								
4. ออกแบบการทดลองและการศึกษา								
4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม								
4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน								
5. ผลการวิเคราะห์การศึกษาความเป็นไปได้								
5.1 ผลความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม								
5.2 ผลความเป็นไปได้ทางการเงิน								
6. ทำการสรุปผลและเสนอแนวทางการพัฒนา								
7. จัดทำรูปเล่มปริญญาณิพนธ์								

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเป็นไปได้ของการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอดี ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์มีแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ
- 2.2 ทฤษฎีการทำความเย็น
- 2.3 ทฤษฎีระบบทำความเย็นแบบอัดไอดี
- 2.4 ทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทริก
- 2.5 ทฤษฎีทางไฟฟ้า
- 2.6 บทความวิชาการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ [26]

การศึกษารายละเอียดต่างๆ เพื่อต้องการทราบผลที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ โดยพิจารณาจากการศึกษาความเป็นไปได้ทั้งหมด 6 ด้าน ดังนี้ ด้านการตลาด ด้านเทคนิควิศวกรรม ด้านการบริหาร ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการเงินและด้านผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อช่วยประกอบในการตัดสินใจในการดำเนินโครงการ ซึ่งในการวิเคราะห์การทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอดี ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิควิศวกรรมและด้านการเงินมาทำการศึกษา

2.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด

การศึกษาในด้านนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องการตลาดว่าเป็นอย่างไร มีความต้องการสินค้าที่โครงการจะผลิตขึ้นมาอย่างน้อยเพียงใด การผลิตของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างไร ผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันที่นำเข้าจากต่างประเทศมีปริมาณมากน้อยเพียงใด ราคาเป็นอย่างไร เหล่านี้เป็นต้น การศึกษาในด้านตลาดนี้เป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพราะโรงงานอุตสาหกรรมที่จะลงทุนสร้างขึ้นมาจะดำเนินงานไปได้ด้วยดีเพียงไหนนั้นขึ้นอยู่กับตลาดเป็นปัจจัยสำคัญ โดยที่ผลการศึกษาด้านนี้เป็นสิ่งชี้ถึงความสำเร็จและความล้มเหลวของกิจการที่จะลงทุน การดำเนินการศึกษาความเหมาะสมหรือลู่ทางเป็นไปได้อของโครงการลงทุนจึงมุ่งในด้านตลาดก่อนเป็นส่วนแรก หากผลชี้ชัดว่าโครงการดังกล่าวมีตลาดรองรับผลผลิตแล้วนั้น จึงค่อยศึกษาความเหมาะสมของโครงการในลักษณะอื่นๆต่อไป

2.1.1.1 จุดมุ่งหมายของการศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาด

1. ตลาดของสินค้าที่จะลงทุนผลิตขึ้นนั้น มีขนาดกว้างใหญ่เพียงไหน
2. ตลาดดังกล่าวมีช่องทางที่จะขยายให้กว้างขวางต่อไปได้มากน้อยประการใด
3. โครงการที่จะลงทุนนั้นสามารถยึดครองตลาดได้มากน้อยแค่ไหน (Market Share)

เมื่อสามารถหาคำตอบของจุดมุ่งหมายดังกล่าวได้นั้น จะทำให้สามารถคาดคะเนสิ่งต่อไปนี้ได้

1. ปริมาณของสินค้าที่จะผลิตได้ในโครงการ
2. ช่องทางการจำหน่ายและราคาจำหน่ายที่สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตเดิมได้

2.1.1.2 ปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากด้านตลาด

นอกจากการศึกษาด้านการตลาดแล้ว ยังต้องทำการศึกษารอบคลุมไปถึงปัจจัยทางเศรษฐกิจอื่นๆ ซึ่งนอกจากจะเป็นตัวกำหนดความต้องการของตลาดที่มีต่อสินค้าที่จะทำการผลิตแล้วนั้น ยังทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดตลาดอีกด้วย ได้แก่

1. ตัวชี้สภาพตลาดโดยทั่วไป (Market Indicators) ซึ่งได้แก่ขนาดของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ รายได้ต่อครอบครัวของคนในประเทศหรือของแต่ละภาค รายได้ต่อหัว การกระจายรายได้ การเพิ่มขึ้นขอประชากร เป็นต้น

2. สภาพสิ่งแวดล้อมความสะดวกในการผลิต เช่น สภาพการคมนาคมขนส่ง สะดวกหรือไม่ประการใด คุณภาพถนนหนทางเป็นอย่างไร กระแสไฟฟ้า น้ำประปา ท่าเรือ เป็นอย่างไร เป็นต้น

3. ด้านสังคม ได้แก่ ท่าทีปฏิบัติของแรงงานที่มีต่อนายจ้าง กฎหมายแรงงานเป็นอย่างไร มีการนัดหยุดงานบ่อยครั้งหรือไม่ และในแต่ละครั้งมีการใช้กำลังกันบ้างหรือเปล่า บทบาทของรัฐบาลในการประนีประนอม ยุติข้อพิพาทระหว่างลูกจ้างและนายจ้าง รัฐบาลมีบทบาทในการส่งเสริมพัฒนาฝีมือแรงงานอย่างไร

4. แผนงานของรัฐบาล เช่น แผนพัฒนาประเทศในระยะ 5 ปี เป็นต้น

ข้อมูลดังกล่าวมานั้น จะต้องทำการศึกษาพิจารณาว่า เอื้ออำนวยสนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคขัดขวางโครงการลงทุนอุตสาหกรรมอย่างไรบ้าง

2.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม เพื่อศึกษาดูว่าการจะผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นนั้น มีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคหรือไม่ ปัญหาอุปสรรคอยู่ที่ปัจจัยใด สามารถที่จะแก้ไขได้หรือไม่ อีกทั้งปัจจัยต่างๆทางด้านเทคนิคจะเป็นเครื่องบ่งชี้ขนาดของงบประมาณที่ต้องใช้สำหรับการลงทุน และสำหรับการดำเนินงาน เพื่อนำไปสู่ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้านการเงินต่อไป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเรื่องประสิทธิภาพในการใช้งานว่าสามารถนำมาทดแทนได้หรือไม่ ในส่วนของเรื่องอุปกรณ์จะต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้างเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ และเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดในการจัดหาอุปกรณ์นั้นมาทดแทน และหากมองในมุมกว้างขึ้น การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านนี้แล้ว จะช่วยให้ทราบถึงผลกระทบที่คาดว่าจะเกิด

จากทางเลือกต่างๆ การศึกษาในด้านนี้ยังเป็นการศึกษาที่สำคัญต่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายในการลงทุนโครงการเชิงเทคนิควิศวกรรม

ฉะนั้นแล้ว การศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิควิศวกรรมในปฏิญานีพจน์ฉบับนี้จึงทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการทำความเย็นแบบเฟลเทียร์ ว่ามีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือมากกว่าระบบทำความเย็นแบบอัดไออย่างไร หากพบว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการทำความเย็นแบบอัดไอมีค่าที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับนั้น (กำหนดช่วงการยอมรับขึ้นมาตามความเหมาะสม) ก็จะสามารถทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินต่อไป แต่ในทางตรงข้ามหากประสิทธิภาพนั้นต่ำกว่าก็ต้องศึกษาความหาแนวทางวิธีการปรับปรุงหรือการพัฒนา และอย่างไรก็ตามต้องทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินด้วย

2.1.2.1 การคำนวณประสิทธิภาพการทำความเย็น

1. สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น COP (Coefficient of Performance) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับไว้ที่เครื่องระเหยกับพลังงานที่ใช้ในการขับที่คอมเพรสเซอร์ เขียนเป็นสมการแทนได้ดังนี้

$$C.O.P. = \frac{\text{ปริมาณค่าความเย็นที่ทำได้อัดไอ}}{\text{พลังงานที่ใช้ขับเครื่องอัดไอ}} \quad (2.1)$$

- เมื่อ Q คือ ปริมาณค่าความเย็น หรือความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) (แสดงจากสมการที่ 2.12)
- P คือ พลังงานที่ใช้ในการขับ หรือกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

2. ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio, EER)

$$EER = \frac{\text{ปริมาณค่าความเย็นที่ทำได้อัดไอ}}{\text{กำลังไฟฟ้า}} \quad (2.2)$$

- เมื่อ EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน มีหน่วยเป็น BTU/Watt-hr
- Q คือ ความสามารถในการทำความเย็นมีหน่วยเป็น BTU/hr
- P คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้พร้อมกันของ คอมเพรสเซอร์ พัดลม อุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์อื่นที่ประกอบใช้กับเครื่องปรับอากาศนั้น ๆ ขณะทำงาน ณ ภาวะมาตรฐานที่ใช้ทดสอบ มีหน่วยเป็นวัตต์

2.1.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการบริหาร

การบริหารที่ดีจะช่วยให้มีการดำเนินงานตามโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถบรรลุเป้าหมายตามขั้นตอนการดำเนินงานตามโครงการได้ทุกระยะความล้มเหลวของโครงการต่างๆที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นโครงการใหม่หรือโครงการที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักอย่างดี เกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการ แต่สาเหตุที่สำคัญที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งคือความล้มเหลวเนื่องจากการบริหารงานที่ผิดพลาด ดังนั้น แม้ว่าการศึกษาด้านการตลาด ด้านวิศวกรรม จะชี้ชัดว่าเป็นโครงการที่ก่อให้เกิดกำไรอย่างคุ้มค่า และไม่มีความเสี่ยงต่อการล้มเหลว แต่ถ้าหากขาดการบริหารที่มีประสิทธิภาพพอเพียง โครงการนั้นๆ จะมีโอกาสประสบความสำเร็จน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาเราจะพบว่าประเทศต่างๆ เหล่านี้ นอกจากจะขาดกำลังเงินและความรู้ความชำนาญทางเทคนิคที่จำเป็นต่อโครงการแล้ว ยังขาดความรู้ความสามารถในการบริหารงานอีกด้วย ทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายของแต่ละขั้นตอนของโครงการ และการดำเนินงานตามโครงการเป็นไปอย่างล่าช้า ดังนั้นการศึกษาด้านการบริหารจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาลู่ทางความเป็นไปได้ในการตัดสินใจลงทุนในกิจการต่างๆ

จุดประสงค์หลักของการศึกษาความเป็นไปได้ทางการบริหาร คือ การมีองค์การบริหารที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินงานตามโครงการนั้นๆ ประสบผลสำเร็จในการศึกษาด้านการบริหารนี้จะต้องทำการศึกษาทั้ง 2 ระยะ ได้แก่การบริหารในระยะก่อนการดำเนินงาน และการบริหารในระยะดำเนินงาน

2.1.3.1 การบริหารในระยะก่อนการดำเนินงาน

การบริหารในระยะนี้เริ่มจากการริเริ่มโครงการจนกระทั่งถึงการเริ่มการผลิตในระดับการผลิตปกติ องค์การบริหารจะประกอบไปด้วยหน่วยงานด้านต่างๆ ซึ่งจะทำให้โครงการเริ่มดำเนินงานได้ในเวลาที่กำหนด และในวงเงินที่คาดไว้ด้วย งานด้านต่างๆ จะเริ่มตั้งแต่การเตรียมการศึกษาถึงการเปิดโรงงานระยะทดลอง ในระยะดังกล่าวนี้งานบางอย่างจะดำเนินงานได้ในองค์การบริหารของโครงการ แต่บางอย่างอาจใช้ที่ปรึกษาภายนอกได้ โดยทั่วไปการบริหารโครงการในขั้นนี้จะเกี่ยวเนื่องกับ

1. กิจกรรมย่อยของโครงการ (Project Activities)
2. การก่อสร้างตามโครงการ (Project Construction)
3. การกำหนดหารดำเนินงาน (Scheduling)

2.1.3.2 การบริหารในระยะดำเนินงาน

ในระยะดำเนินงาน ควรทำการศึกษารายละเอียดในด้านต่อไปนี้คือ

1. รูปแบบขององค์กรธุรกิจ
2. รูปแบบบริหารภายใน
3. บุคลากร

สำหรับการบริหารในระยะดำเนินงานนั้นการศึกษาในด้านนี้จะเป็นประโยชน์ในด้านต่อไปนี้ คือการเลือกองค์การบริหารที่เหมาะสมของโครงการและการจัดรูปแบบการบริหารและการจัดสายงานดำเนินการ

2.1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน [27]

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินเป็นการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมในการลงทุนในโครงการผลตอบแทนของโครงการ หรือผลกำไรทางการเงินเป็นสำคัญ ซึ่งรวมถึงการวางแผนทางการเงินที่เหมาะสมทางโครงการ เพื่อให้ผู้ลงทุนเกิดความมั่นใจว่าถ้าลงทุนไปแล้ว จะไม่มีปัญหาทางการเงินใดๆ ในขั้นตอนการดำเนินโครงการโดยการตัดสินใจในดำเนินการโครงการนั้นจะใช้เครื่องมือวัดผลดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)
2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR)
3. อัตราส่วนผลประโยชน์สุทธิต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio, B/C ratio)
4. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การศึกษาความเป็นไปได้ในทางการเงินสำหรับปริญญานิพนธ์นั้น ได้ให้ความสำคัญของการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบเพลเทียร์ เทียบกับ ต้นทุนของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบอัดไอ เนื่องจากในปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ทำความเย็นเพลเทียร์ มีราคาค่อนข้างสูง เพราะฉะนั้นเมื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิควิศวกรรม แล้วพบว่าสามารถเป็นไปได้ จะทำการการการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินเป็นลำดับสุดท้ายเพื่อประกอบการตัดสินใจทางการเงินว่าคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ และในทางตรงข้ามหากพบว่าความเป็นไปได้ในทางเทคนิควิศวกรรมนั้นเป็นไปได้ จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินต่อไปว่า เมื่อพัฒนาให้ด้านเทคนิควิศวกรรมนั้นเป็นไปได้ จะต้องทำให้ค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ทำความเย็นแบบเพลเทียร์ มีค่าใช้จ่ายเท่าไร รวมถึงดูแนวโน้มราคา ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด ถึงจะคุ้มค่ากับการลงทุนด้านการเงิน

2.1.4.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิที่ได้ทำการปรับค่าเวลาของโครงการแล้ว เพื่อที่จะได้สามารถวัดค่าได้ว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า หรือมีกำไรต่อส่วนรวมหรือไม่ โครงการที่เหมาะสมกับการลงทุนนั้นต้องมีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) มากกว่า 0 ซึ่งหมายความว่า มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ มากกว่ามูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายของโครงการ มีสมการดังนี้

$$NPV = \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} (NCF_i \times a_i) \quad (2.3)$$

$$NPV = (NCF_1 \times a_1) + (NCF_2 \times a_2) + (NCF_3 \times a_3) + \dots + (NCF_n \times a_n)$$

โดย	NCF_i	=	กระแสเงินสดสุทธิของโครงการ ในปีที่ 1,2,3,...,n
	a_i	=	แฟคเตอร์ส่วนลด ในปีที่ 1,2,3,...,n
	n	=	อายุโครงการ

2.1.4.2 อัตราผลตอบแทนภายใน

อัตราที่จะให้ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายที่ได้คิดลดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน ซึ่งเป็นอัตราความสามารถของเงินทุนที่ก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินที่ลงทุนเพื่อการนั้นพอดีหรือ อัตราส่วนลดตัวใดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันเท่ากันศูนย์พอดี ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$f(x) = DF_L + \{(DF_U - DF_L) \times \left(\frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U}\right)\} \quad (2.4)$$

โดย	DF_L	=	Discount Factor ตัวต่ำ (อัตราคิดลดตัวที่ต่ำกว่า)
	DF_U	=	Discount Factor ตัวสูง (อัตราคิดลดตัวที่สูงกว่า)
	NPV_L	=	NPV ตัวต่ำ
	NPV_U	=	NPV ตัวสูง

2.1.4.3 อัตราส่วนผลประโยชน์สุทธิต่อต้นทุน

พิจารณาว่าถ้าผลประโยชน์สุทธิของโครงการมีค่ามากกว่าต้นทุนที่ลงทุนไปแล้วโครงการนั้นจะถือว่าเป็นโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุน หรือเมื่อคิดค่า B/C ratio แล้วต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1

$$B/C = \frac{(Benefit - Disbenefit)}{Initial Cost - Operation and Maintenance Cost} \quad (2.5)$$

ค่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาค่า B/C ratio

1. ค่าของผลประโยชน์ต่างๆที่ได้รับจากการทำโครงการ (Benefit)
2. ค่าการเสียผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ (Disbenefit)
3. ค่าการลงทุนเริ่มต้นของโครงการ (Initial Cost)
4. ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการหลังจากทำการลงทุนไปแล้ว

2.1.4.4 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

เป็นการวิเคราะห์ดูว่าสถานการณ์ทางการเงินของโครงการมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ เช่น ราคาสินค้าอาจต้องขายในราคาที่ต่ำกว่าที่คาดคะเนไว้ หรือราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงต่อโครงการ ทำให้ผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไป จึงต้องทำการวิเคราะห์ความไว ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโครงการมีความคล่องตัว และ

สามารถทนต่อการเสี่ยงได้มากน้อยเพียงใด โดยจะทำการวิเคราะห์และดำเนินตามขั้นตอนเหมือนกับการวิเคราะห์ทางด้านการเงิน โดยสมมติให้มีการเปลี่ยนแปลงต่าง แล้วคำนวณผลตอบแทนที่โครงการจะได้รับใหม่ในด้านต่างๆ เช่น อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นต้น

2.1.5 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน สามารถเห็นได้ว่าเป็นการวิเคราะห์เพื่อผลประโยชน์สูงสุดต่อผู้ลงทุน หรือวิเคราะห์ความสามารถในการทำกำไรของโครงการว่า หากลงทุนในโครงการนั้นๆแล้ว จะได้กำไรหรือ จะต้องเสี่ยงต่อการขาดทุนเพียงไร

สำหรับการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพต่อสังคมโดยรวม เป็นการวิเคราะห์เพื่อประโยชน์ตอบแทนต่อสังคม ซึ่งได้แก่

1. มูลค่าเพิ่ม
2. ดุลการค้า
3. การว่างงาน
4. เกิดอุตสาหกรรมใหม่ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
5. ประโยชน์ต่อผู้บริโภค
6. อัตราผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.1.6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

การศึกษาความเป็นไปได้ในขั้นนี้ ยังต้องพิจารณาครอบคลุมไปถึงผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมด้วยเช่นกัน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการตื่นตัวกันมากในเรื่องนี้ แม้ว่าผลการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านต่างๆดูดีชี้ให้เห็นว่าเหมาะสมในการลงทุน แต่เมื่อละเลยไม่ให้ความสนใจในการศึกษาผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมมากเท่าที่ควร

ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและคุณค่าต่างๆที่มีต่อมนุษย์ จำแนกออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ทรัพยากรทางด้านกายภาพ (Physical Resources) ของระบบนิเวศ (Ecosystem) ในพื้นที่บริเวณที่อาจถูกกระทบกระเทือนจากโครงการ
2. ทรัพยากรด้านนิเวศวิทยา หรือทางชีวภาพ (Ecological/Biological Resources) หมายถึง สิ่งที่มีชีวิตของระบบนิเวศที่นอกเหนือจากมนุษย์ และเป็นผลสืบเนื่องมาจากความสัมพันธ์ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรทางกายภาพอันเนื่องมาจากโครงการ
3. คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Human Use Values) หมายความว่า การนำทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทั้งทางด้านกายภาพ และชีวภาพมาใช้ให้เป็นประโยชน์ อันเป็นผลสืบเนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและยกมาตรฐานการดำรงชีวิตอื่นๆ ของมนุษย์
4. คุณค่าต่อคุณภาพของชีวิต (Quality of Life Values) ซึ่งขึ้นอยู่กับการรักษาคุณภาพระหว่างทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

การเปลี่ยนแปลงใดๆเกี่ยวกับทรัพยากรด้านกายภาพย่อมมีผลกระทบต่อทรัพยากรทางด้านนิเวศได้นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในกลุ่มทรัพยากรกายภาพและนิเวศวิทยาก็จะมีผลกระทบต่อไปยงคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และคุณภาพชีวิตของมนุษย์ได้ นั่นคือการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรสิ่งแวดล้อมใด ๆ ย่อมจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากร และคุณค่าที่มีต่อมนุษย์ได้ เนื่องจากทุกสิ่งทุกอย่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2.2 ทฤษฎีการทำความเย็น [19],[20]

2.2.1 หลักการทำความเย็น

การทำความเย็นเป็นกระบวนการที่สำคัญทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) ซึ่งเป็นกระบวนการในการถ่ายเทความร้อนออกจากสถานที่หรือวัตถุหนึ่งๆ เพื่อให้ระดับของอุณหภูมิของสถานที่หรือวัตถุนั้นๆ มีระดับที่ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมซึ่งความร้อนที่ได้ถูกถ่ายเทออกไปนั้นจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากสถานที่นั้น (อัตราการถ่ายเทความร้อน) เพื่อลดและรักษาระดับของอุณหภูมิลงตามที่ต้องการ ซึ่งจะเรียกว่า “ความร้อนที่คิดเป็นภาระ (Heat Load)” ซึ่งเป็นผลรวมจากแหล่งความร้อนต่างๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากร่างกายคน ความร้อนที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึม ความร้อนจากหลอดไฟ หรือความร้อนจากแหล่งพลังงานต่างๆ

2.2.2 หน่วยของการทำความเย็น

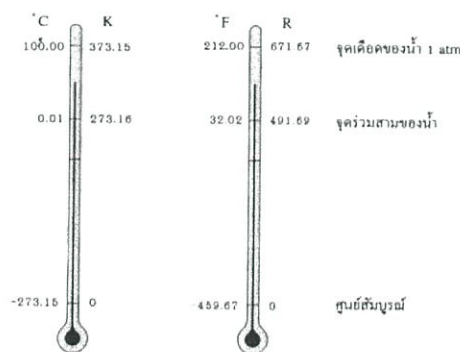
หน่วยในการวัดอัตราการทำความเย็นเรียกว่า “ตันของการทำความเย็น” โดยหนึ่งตันของการทำความเย็นหมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งบริสุทธิ์จำนวน 1 ตัน ที่อุณหภูมิ 32 องศาฟาเรนไฮต์ กลายเป็นน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 32 องศาฟาเรนไฮต์ ภายในเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.3 อุณหภูมิและความร้อน

ความร้อนและความเย็นสามารถบอกได้โดยเป็นปริมาณที่แน่นอน เพื่อบอกว่าความร้อนและความเย็น ซึ่งปริมาณนี้เรียกว่า “อุณหภูมิ” และอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ คือ เทอร์โมมิเตอร์

อุณหภูมิสูง หรือต่ำขึ้นอยู่กับระดับพลังงานจลน์ของโมเลกุลที่ประกอบขึ้นเป็นสารนั้นอาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิคืออัตราส่วนของพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารต่อจำนวนโมเลกุลของสารนั้น

หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้ คือ หน่วยองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) หน่วยขององศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) และหน่วยองศาสัมบูรณ์ องศาเคลวิน (K) หรือองศาแรง์กิน (R) แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของอุณหภูมิต่างๆ [20]

อุณหภูมิสัมบูรณ์ มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K) นิยมใช้กันมากในวิชาอุณหพลศาสตร์ อุณหภูมิสัมบูรณ์นี้สามารถชี้บอกปริมาณพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารนั้นๆ และขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิสัมบูรณ์ กำหนดไว้ที่ศูนย์สัมบูรณ์ซึ่งตรงกับ $-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ พอดี

ถ้าวัดถึงอุณหภูมิมาตรฐาน (Standard Temperature) จะอยู่ที่ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ หรือ 273.15 K โดยการแปลงหน่วยระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์ ใช้สมการ

$$T (^{\circ}\text{F}) = 1.8 T (^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (2.6)$$

การแปลงหน่วยระหว่างองศาสัมบูรณ์กับองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์ ใช้สมการ

$$T (\text{K}) = T (^{\circ}\text{C}) + 273.15 \quad (2.7)$$

$$T (\text{R}) = T (^{\circ}\text{F}) + 459.67 \quad (2.8)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างองศาเคลวินกับองศาแร็งกิน

$$T (\text{R}) = 1.8 T (\text{K}) \quad (2.9)$$

พิจารณาอุณหภูมิแตกต่าง ในหน่วยองศาเซลเซียส องศาเคลวิน องศาฟาเรนไฮต์ และองศาแร็งกิน

$$\Delta T (\text{K}) = \Delta T (^{\circ}\text{C}) \quad (2.10)$$

$$\Delta T (\text{R}) = \Delta T (^{\circ}\text{F}) = 1.8 \Delta T (\text{K}) \quad (2.11)$$

2.2.4 ความจุความร้อน

สารต่างชนิดกันมีความสามารถในการรับหรือคายพลังงานความร้อนได้ต่างกัน และเรียกค่าพลังงานความร้อนที่ทำให้สารชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 หน่วยว่า ความจุความร้อน (Heat Capacity "C") ของสารนั้นตามที่ใช้ในระบบเอสไอเป็นจุดต่อเคลวิน(J/K) โดยที่ค่าความจุความร้อนของสารดังกล่าวนี้ นอกจากจะต่างกันไปตามชนิดของสารแล้ว ยังขึ้นกับขนาด คือปริมาณหรือมวล รวมถึงจำนวนโมลอีกด้วย ดังนั้น จึงไม่เหมาะที่จะใช้ค่าความจุความร้อนของสารเพื่อเป็นเกณฑ์ สำหรับการเปรียบเทียบ แต่จะพิจารณาสารหลายชนิดเปรียบเทียบกัน โดยใช้ค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยของสารแทน และเรียกปริมาณดังกล่าวว่า ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity "c") ของสารนั้น โดยหน่วยในระบบเอสไอเป็นจุดต่อกิโลกรัมเคลวิน(J/kg-K) แต่บางครั้งอาจกล่าวแค่ ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat "c") ซึ่งก็คือปริมาณเดียวกัน นอกจากนี้ในกรณีที่ต้องการกล่าวให้สัมพันธ์กับจำนวนโมล (n) ของสาร ก็จะใช้ค่าความจุความร้อนต่อโมล โดยเรียกว่า ความจุความร้อนโมลาร์ (Molar Heat Capacity "C") ของสารนั้นก็คือ C/n และมีหน่วยเป็นจุดต่อโมล (J/mole) ในระบบเอสไอ ถ้าสารชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ΔT เคลวิน จะเกิดพลังงานความร้อนเป็น Q จูล จะได้ว่า

$$Q = C\Delta T = mc\Delta T = nC\Delta T \quad (2.12)$$

2.2.5 ความร้อนแฝง

สารชนิดหนึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะ (State)หรือวัฏภาค (Phase) ณ อุณหภูมิ โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะเป็นการรับหรือคายพลังงานความร้อนที่สุดแต่กระบวนการของการเปลี่ยนสถานะ เรียกพลังงานความร้อนที่เกี่ยวกับกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนตามที่กล่าวถึงนี้ว่า ความร้อนแฝง (Latent

Heat) ของสาร ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันแต่มีมวลต่างกันก็จะมีค่าความร้อนแฝงที่แตกต่างกัน ยิ่งถ้าเป็นสารต่างชนิดกัน ก็ย่อมมีค่าที่ไม่อาจมีเกณฑ์เปรียบเทียบกันได้ จึงกำหนดค่าความร้อนแฝงต่อหน่วยมวลของสาร เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยเรียกว่า ความร้อนแฝงจำเพาะ (Specific Latent Heat “L”) ของสารมีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัม (J/kg) ในระบบเอสไอ

สมมติ สารชนิดหนึ่ง ซึ่งมีมวล m กิโลกรัม และมีค่าความร้อนแฝงจำเพาะ L จูลต่อกิโลกรัม เมื่อเปลี่ยนสถานะจนหมด โดยมีการรับหรือคายพลังงานความร้อน Q จูล จะได้

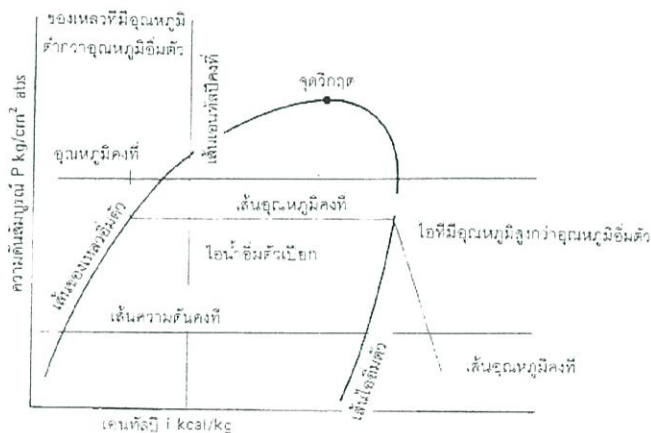
$$Q = mL \quad (2.13)$$

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิขณะที่สารชนิดนั้นเปลี่ยนสถานะเลย

2.3 ทฤษฎีระบบทำความเย็นแบบอัดไอ [12],[23]

2.3.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง ก่อนถ่ายโอนความร้อนออก เพื่อให้เกิดการกลั่นตัว แล้วลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง หลังจากนั้นจะใช้คอมเพรสเซอร์อัดเพื่อป้อนงานให้กับระบบ สำหรับกระบวนการและการนำไปใช้งาน จะนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อนออกมาจากพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์



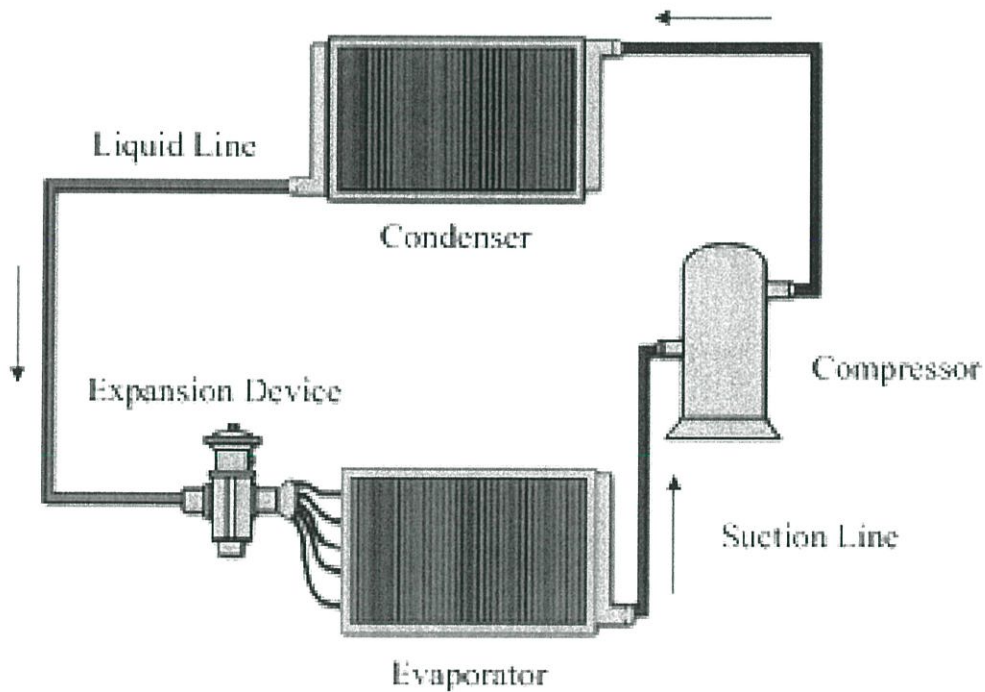
รูปที่ 2.2 วัฏจักรของการทำความเย็นทางทฤษฎี [12]

2.3.2 อุปกรณ์ของระบบทำความเย็น

อุปกรณ์หลัก (Main Components) เป็นอุปกรณ์ที่เครื่องทำความเย็นทุกแบบ ทุกขนาดจะต้องมีเหมือนกันหมด รายละเอียดของอุปกรณ์หลัก มีดังนี้

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เข้ามาทาง ท่อซักซัน (Suction Line) หรือ ท่อดูด โดยสารทำความเย็นที่ดูดเข้ามานี้มีสถานะเป็น ไออิ่มตัว (Saturated Vapor) ที่มีความดันและอุณหภูมิต่ำ จากนั้นจะถูกอัดออกไปด้วยกำลังของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ แล้วออกมาทางดิสชาร์จ (Discharge Line) หรือท่อจ่าย สารทำความเย็นที่ถูกอัดออกไปนี้จะมีสถานะไอยิ่งยวด (Superheated Vapor) ที่มีความดันและอุณหภูมิที่สูง

2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่ผ่านออกมาจากท่อดิสชาร์จ (Discharge Line) หรือท่อจ่าย ในส่วนของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะใช้พัดลมในการช่วยระบายความร้อน และหลังจากระบายความร้อนออกแล้ว สารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัว (Saturated Liquid) ที่มีความดันและอุณหภูมิที่สูง
3. ทรายเออร์และรีซีฟเวอร์ (Drier & Receiver) สารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ จะถูกส่งมาที่ทรายเออร์และรีซีฟเวอร์ เพื่อทำการกรอง ดูดความชื้น และพักสารทำความเย็น เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง เอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ผ่านช่องทางท่อของเหลว (Liquid Line)
4. เอ็กซ์แพนชันวาล์ว (Expansion Valve) ทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็น และควบคุมสารทำความเย็นที่ฉีดเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) ให้เหมาะที่จะกลายเป็นไอในอีวาโปเรเตอร์ ซึ่งการฉีคนั้นเป็นการฉีคเช่นเดียวกับการฉีคน้ำทางท่ออย่างที่บีบปลายท่อไว้ จะทำให้สารทำความเย็นที่ได้ออกมานั้นมีลักษณะเป็นฝอย มีสถานะเป็นไอเปียก ที่มีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำเข้าสู่อีวาโปเรเตอร์
5. อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) สารทำความเย็นที่ได้รับจากเอ็กซ์แพนชันวาล์วที่มีความดันและอุณหภูมิที่ต่ำนั้น จะทำการดูดความร้อนเข้าสู่ตัวเองภายในอีวาโปเรเตอร์ แล้วกลายเป็นไอ ที่มีลักษณะเป็นไออิ่มตัว มีความดันต่ำ และอุณหภูมิต่ำ ออกมาจากอีวาโปเรเตอร์แล้วถูกดูดเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ เมื่อความร้อนของอากาศโดยรอบอีวาโปเรเตอร์ถูกดูดออกไปที่เหลือก็คืออากาศเย็น

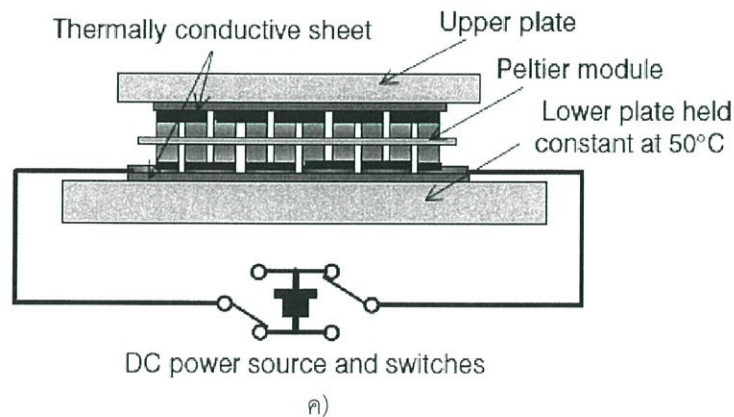
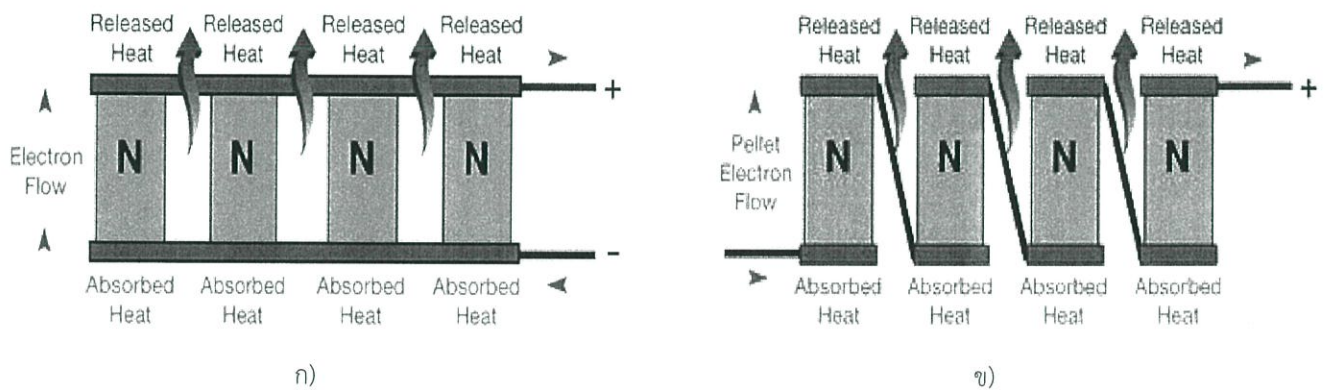


รูปที่ 2.3 อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น [22]

2.4 ทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทริก [3],[18]

2.4.1 เทอร์โมอิเล็กทริก

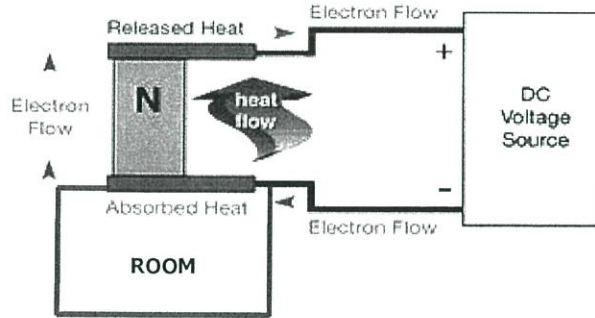
ซิลิกอนเป็นวัสดุกึ่งโลหะ ที่มีความเหมาะสมในการทำเทอร์โมอิเล็กทริก เนื่องจากซิลิกอน ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระที่ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อิเล็กตรอนมีพลังงานมากขึ้นทำให้อิเล็กตรอนบางตัวสามารถทำลายพันธะได้ เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ เมื่อนำวัสดุกึ่งตัวนำต่างชนิดกันมาอยู่ใกล้กัน แล้วมีอุณหภูมิที่บริเวณรอยต่อ จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จนเกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น การทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อต่อกับวงจรไฟฟ้าจะไม่มีการทำงานขึ้น แต่เมื่อนำทั้งสองชนิดมาต่อกันจึงจะสามารถทำให้ทำงานได้ และเมื่อต่อวงจรแล้วให้กระแสไฟฟ้กับวงจรจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่บริเวณรอยต่อ แต่การต่อวงจรโดยมีเทอร์โมอิเล็กทริกคู่เดียวการทำงานจะเกิดขึ้นน้อย ดังนั้นถ้าหากมีการต่อเทอร์โมอิเล็กทริกหลายคู่จะสามารถทำงานได้มากขึ้นโดยเรียกเทอร์โมอิเล็กทริกนี้ว่า “Thermo Couple”



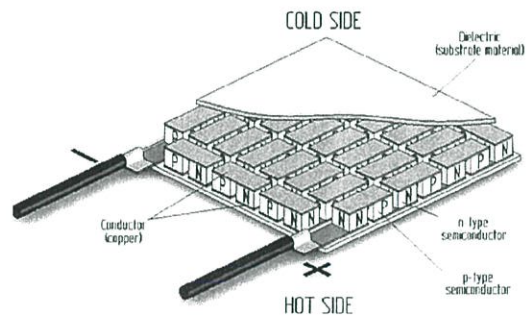
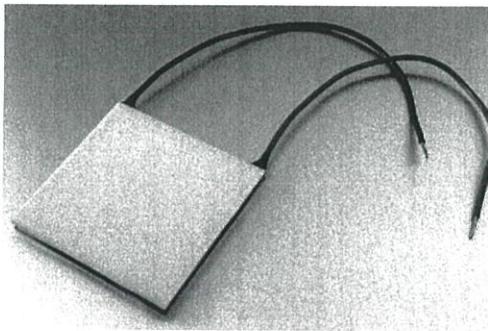
รูปที่ 2.4 การต่อกันของวัสดุกึ่งตัวนำที่ต่างชนิดกัน [35]

2.4.2 หลักการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก

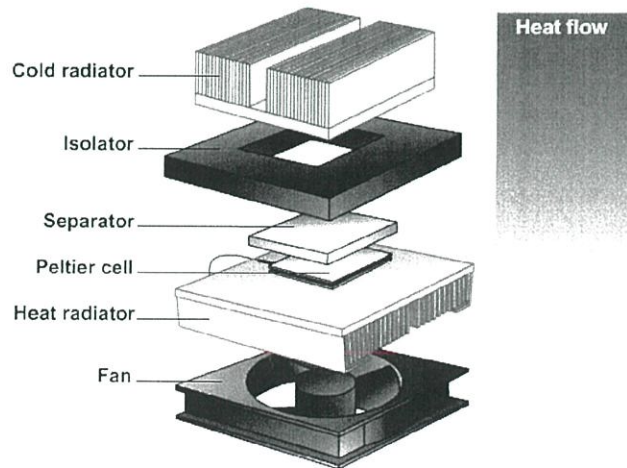
ในการสร้างความเย็นหรือทำความเย็นนั้น ต้องทำการดึงความร้อน (Heat load) ออกจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตัวนำความร้อนภายในออกไปที่สิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะดูดพลังงานความร้อนจากสถานที่ที่ต้องการปรับอากาศ มาถ่ายเทแลกเปลี่ยนอุณหภูมิภายในเทอร์โมอิเล็กทริก ทำให้พลังงานความร้อนจากตำแหน่งที่ต้องการปรับอากาศถูกระบายออกมายังเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนผ่านครีบริบายความร้อน (Heat Sink) และระบายไปยังสิ่งแวดล้อม



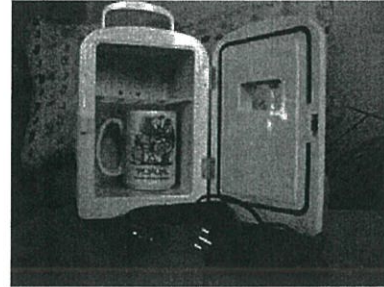
รูปที่ 2.5 ระบบการทำความเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริก [35]



รูปที่ 2.6 เทอร์โมอิเล็กทริก หรือเพลเทียร์ [36]



รูปที่ 2.7 ทิศทางการดึงพลังงานความร้อนจากฝั่งที่ต้องการปรับอุณหภูมิ [34]



รูปที่ 2.8 ตู้เย็นที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ [31]

2.4.3 สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก

1. กรณีทำหน้าที่เป็นเครื่องทำความเย็น (Refrigerator)

$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{อัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (W)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก (W)}} \quad (2.14)$$

2. กรณีทำหน้าที่เป็นระบบการทำความร้อน (Heat Pump)

$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{อัตราการให้ความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริก (W)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้เทอร์โมอิเล็กทริก (W)}} \quad (2.15)$$

โดยค่าความร้อนทั้งสองแบบนี้สามารถคำนวณได้เมื่อทราบคุณสมบัติของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ดังนี้

$$Q = (\alpha I T_c - 0.5 I^2 R - K_f \Delta T) \quad (2.16)$$

เมื่อ	Q	คือ อัตราการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (W)
	α	คือ สัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค เท่ากับ 0.0444 V/K
	I	คือ กระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก (A)
	T_c	คือ อุณหภูมิด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริก (K)
	R	คือ ความต้านทานไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกเท่ากับ 2.545 Ω
	K_f	คือ ค่าการนำความร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกเท่ากับ 0.495 W/K
	ΔT	คือ ผลต่างอุณหภูมิด้านร้อนและอุณหภูมิด้านเย็น (K)

2.5 ทฤษฎีทางไฟฟ้า [25],[29]

2.5.1 แรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าหรือโวลเตจ (Voltage) หมายถึง ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างจุดสองจุด ความต่าง ศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ถ้าแทนความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดในวงจรไฟฟ้าด้วยค่าของแรงดันไฟฟ้า ความแตกต่างของค่าที่ได้คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงผลักดันในวงจรไฟฟ้าและเป็น แรงผลักดันให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

1. โวลต์ คือ หน่วยของแรงดันไฟฟ้า

โวลต์ (Volt) ซึ่งเป็นหน่วยของแรงดันไฟฟ้า หรือ ปริมาณของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยประจุไฟฟ้า เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ตัวอักษร “V” และเขียนความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 2.17 (Floyd, Thomas L. 2001: 34)

$$V = \frac{W}{Q} \quad (2.17)$$

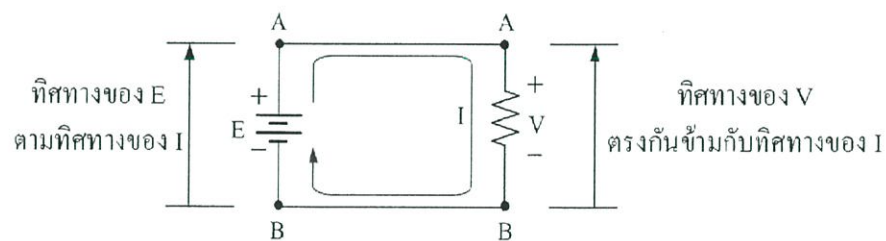
เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์ (V)

W คือ พลังงาน หน่วยเป็น จูล (J)


Q คือ ประจุไฟฟ้า หน่วยเป็น คูลอมบ์ (C)

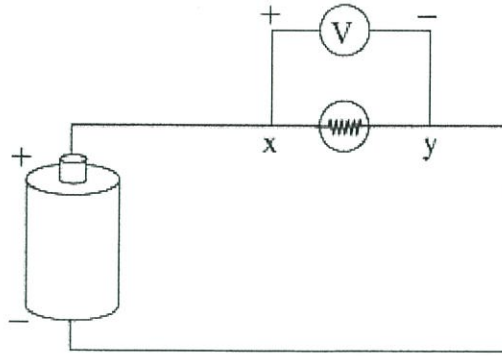
โดยความต่างศักย์ 1 โวลต์ มีค่าเท่ากับ 1 จูล/คูลอมบ์

2. ขั้วหรือทิศทางของแรงดันไฟฟ้า กำหนดจากศักย์ไฟฟ้าต่ำไปสู่จุดศักย์ไฟฟ้าสูง ดังนั้นเซลล์ไฟฟ้าจะกำหนดทิศทางเป็นมาตรฐานตามทิศทางกระแสไฟฟ้าทั่วไปและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านโหลดนั้น จากรูปที่ 2.9 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จุด A สูงกว่าที่จุด B



รูปที่ 2.9 ขั้วหรือทิศทางของแรงดันไฟฟ้า [25]

3. เครื่องมือที่ใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (voltmeter) มีหน่วยการวัด คือ โวลต์ (Volt) ใช้ตัวย่อแทนความต่างศักย์ว่า V ซึ่งสัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์ 



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อโวลต์มิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า [25]

การที่กระแสไฟฟ้าไหล เนื่องมาจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชนิดก็จะไม่เท่ากัน เช่น ถ่านไฟฉายมีความต่างศักย์ประมาณ 1.5 โวลต์ แบตเตอรี่รถยนต์มีความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 12 โวลต์ ส่วนสายไฟฟ้าภายในบ้านมีความต่างศักย์ไฟฟ้าประมาณ 220 โวลต์ ทั้งนี้ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่ามากขึ้น ระดับพลังงานไฟฟ้าก็จะมากขึ้นด้วย ซึ่งจะมีผลและเกิดอันตรายได้ง่าย

2.5.2 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Current) หมายถึง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีแหล่งจ่าย หรือ แรงดันไฟฟ้าต่ออยู่ในวงจร ใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร “I”

1. แอมแปร์ หน่วยของกระแสไฟฟ้า

แอมแปร์ (Ampere) ซึ่งเป็นหน่วยของกระแสไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อ เมื่อมีประจุไฟฟ้า 1 คูโลมบ์ ไหลผ่านจุดในเวลา 1 วินาที และใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร “A” และเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (Floyd, Thomas L. 2001: 38)

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.18)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

Q คือ ประจุไฟฟ้า หน่วยเป็น คูโลมบ์ (C)

t คือ เวลา หน่วยเป็น วินาที (s)

โดยประจุไฟฟ้า 1 คูโลมบ์ มีค่าเท่ากับ จำนวนอิเล็กตรอน 6.25×10^{18} จำนวน

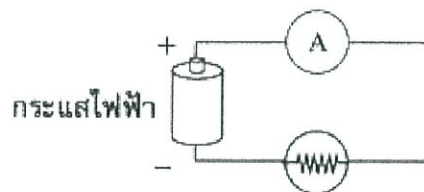
2. ทิศทางของกระแสไฟฟ้า

ทิศทางของกระแสไฟฟ้ามีอยู่ 2 ทิศทาง คือ ทิศทางกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่จากขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า (ขั้วที่มีประจุลบ) ผ่านลวดตัวนำไปยังขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า (ขั้วที่มีประจุบวก) และทิศทางกระแสทั่วไป กำหนดให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่จากขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าผ่านลวดตัวนำไปยังขั้วที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า แต่ทิศทาง

ของกระแสไฟฟ้าที่กำหนดเป็นมาตรฐานเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและง่ายต่อการคำนวณจะกำหนดทิศทางเป็นกระแสทั่วไป (เป็นทิศทางของประจุไฟฟ้าบวก) ซึ่งจะตรงกันข้ามกับทิศทางกระแสอิเล็กตรอน

3 เครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า

เครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า เรียกว่า แอมมิเตอร์ (Ammeter) มีหน่วยการวัดคือ แอมแปร์ (ampere) ใช้ตัวย่อแทนกระแสไฟฟ้าว่า I สัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์ คือ $\text{---} \text{A} \text{---}$ แอมมิเตอร์ที่ดีต้องมีความต้านทานน้อย เพื่อให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไหลผ่านตัวแอมมิเตอร์ให้มากที่สุดการใช้แอมมิเตอร์วัดปริมาณกระแสไฟฟ้ามีลักษณะเช่นเดียวกับการใช้มาตรวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อประปา คือ ต้องต่อแอมมิเตอร์แทรกในวงจรที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียงลำดับในวงจรไฟฟ้าเป็นการต่อแบบอนุกรม เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์เป็นค่าเดียวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรนั้น ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการต่อแอมมิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า [25]

2.5.3 ความต้านทานไฟฟ้า

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลในสาร อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ในสารนั้นบางครั้งอาจจะชนกับอะตอม การชนนี้เป็นเหตุให้อิเล็กตรอนสูญเสียพลังงานไป การเคลื่อนที่จึงถูกจำกัดลง เมื่อชนกันมากการเคลื่อนที่จะถูกจำกัดมากขึ้นด้วย การจำกัดการไหลของอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนแปลงตามชนิดของสาร คุณสมบัติของสารที่จำกัดการไหลของอิเล็กตรอน เรียกว่า ความต้านทาน (Resistance) ใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร “R”

1. โอห์ม หน่วย ของความต้านทานไฟฟ้า

โอห์ม (Ohm) ซึ่งเป็นหน่วยของความต้านทานไฟฟ้า และใช้สัญลักษณ์อักษรกรีกเรียกว่า โอเมกา (Ω) อธิบายได้ว่า ความต้านทาน ไฟฟ้า 1 โอห์ม คือ ความต้านทาน ไฟฟ้าของสาร ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่าน และมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้านั้น 1 โวลต์ ความนำไฟฟ้า (Conductance) จะบอกคุณสมบัติของสารว่า สารที่มีความนำ ไฟฟ้าสูงจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ถ้าสารมีความนำไฟฟ้าต่ำจะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ความนำไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร “G” มีหน่วยวัดเป็น ซีเมนส์ (Siemens: S) และเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$G = \frac{I}{R} \quad (2.19)$$

เมื่อ	G	คือ ความนำไฟฟ้า หน่วยเป็น ซีเมนส์ (S)
	R	คือ ความต้านทานไฟฟ้า หน่วยเป็น โอห์ม ($\square\Omega$)

2.5.4 กำลังไฟฟ้าไฟฟ้า

เมื่อต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าประจุไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นตามชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เมื่อต่อหลอดไฟกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะได้พลังงานแสงสว่าง ถ้าต่อเตาไฟฟ้าเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะได้พลังงานความร้อน ถ้าต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเข้ากับเครื่องซักผ้า พัดลม และสว่านไฟฟ้า ก็จะได้พลังงานกล เป็นต้น

1. วัตต์ หน่วยของกำลังไฟฟ้า

วัตต์ (Watt) ซึ่งเป็นหน่วยของกำลังไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ตัว "P" จะมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้า และเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$P = VI \quad (2.20)$$

เมื่อ	P	คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
	V	คือ ความต่างศักย์ที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
	I	คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

2.5.5 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือพลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาจากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา

1. จูล (Jules) หน่วยพลังงานทางไฟฟ้า

จูล (Jules) ซึ่งเป็นหน่วยใช้แสดงพลังงานทางไฟฟ้า โดยพลังงานไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัว "W" สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$W = Pt \quad (2.21)$$

เมื่อ	W	คือ พลังงานไฟฟ้า หน่วยจูล (J)
	P	คือ กำลังไฟฟ้า หน่วยวัตต์ (W)
	T	คือ เวลา หน่วยวินาที (s)

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกนำมาใช้งานในชีวิตประจำวัน เราต้องซื้อมาจากหน่วยงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าออกจำหน่าย เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เป็นต้น พลังงานไฟฟ้าเหล่านี้มิได้ถูกคิดออกมาเป็นจูล (J) แต่จะคิดออกมาเป็นกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt-houre, kWh) ไม่ได้จัดเป็นหน่วย SI แต่มีความสัมพันธ์กับหน่วยระบบ SI โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ (kW) คิดในเวลาเป็นชั่วโมง (h) เขียนสมการออกมาได้ดังนี้

$$W \text{ (kWh)} = P \text{ (kW)} \times T \text{ (hr)} \quad (2.22)$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจริญพร เลิศสถิตธนกร และวิชาญ ศรีสุวรรณ [3], คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2547) ได้นำเสนอผลการทดสอบเพื่อหาศักยภาพในการประยุกต์เทอร์โมอิเล็กทริก มาทำความเย็นให้กับฝ้าเพดานทำความเย็นในการศึกษานี้ได้ออกแบบสร้าง และทดสอบระบบการทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่อัตราการทำความเย็น 173 W ที่ด้านร้อนของเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีโซลูโดยทั่วไป (แบบครีป) โดยด้านเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกจะติดตั้งบนแผ่นฝ้าเพดานอลูมิเนียมที่มีขนาด 0.25 m² โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (Tianjin Lantain model TEC-12708) จำนวน 16 โมดูล ทำความเย็นให้กับฝ้าเพดานอลูมิเนียมที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของห้องทดสอบที่มีปริมาตร 0.125 m³ การทดสอบสมรรถนะของระบบทำโดยการแปรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเทอร์โมอิเล็กทริก จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถรักษาอุณหภูมิห้องให้อยู่ในช่วง 25 - 27 °C ให้ COP เท่ากับ 0.65 - 1.22

ชัยพล เฟ่งพิศ ดนุชา ประเสริฐสม และทวีพล ซื่อสัตย์ [5], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2555) ได้ศึกษา เซลล์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนที่เหลือใช้ ที่ได้จากกับดักไอน้ำ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก ที่มีที่มาจากระบบส่งและลำเลียงไอน้ำในอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นอย่างย่งที่ระบบท่อส่งไอน้ำที่จะต้องปราศจากของเหลวที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ และจากการดักไอน้ำนั้นจะมีการระบายของเหลวในขบวนการส่งลำเลียงไอน้ำ ซึ่งของเหลวที่มีการระบายออกนั้นจะมีอุณหภูมิสูงและถูกปล่อยทิ้งอย่างไม่มีประโยชน์ ในบทความนี้จึงได้ทำการสร้างเซลล์กำเนิดไฟฟ้าจากการดักไอน้ำโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อเป็นการลดการสูญเสียความร้อนของไอน้ำและความปลอดภัย โดยได้ทำการเลือกใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล CP1-12726 ที่มีขนาด 50mm x 50mm x 3.46mm จำนวน 4 แผ่น และผลที่ได้คือความร้อนจากกับดักไอน้ำและด้านอุณหภูมิที่ต่ำจากน้ำที่อุณหภูมิห้อง มีผลต่างอุณหภูมิที่ 40°C และจากการทดสอบนั้นแสดงให้เห็นว่าเซลล์กำเนิดพลังงานดังกล่าวสามารถกำเนิดพลังงานได้และมีขนาดแรงดันอยู่ในช่วงที่ได้ทำการกำหนดไว้

อึ้ง สวัสดิ์วราภรณ์ [9], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2545) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนนำเครื่องพิมพ์ผ้าตัวอย่างระบบใหม่แบบดิจิทัลมาทดแทนระบบเก่าแบบซิลส์กรีน เพื่อลดรอบเวลาในการผลิต มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบดิจิทัลมาทดแทนเพื่อลดเวลาการผลิต และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในด้านการเงิน โดยพิจารณาจากรยะเวลาดำเนินการ ซึ่งผลสรุปของการศึกษาได้ว่า การนำเครื่องดิจิทัลมาใช้สามารถลดเวลาในการผลิตจาก 3-4 สัปดาห์ เหลือเพียง 3-4 วัน เนื่องจาก

ระบบดิจิทัลสามารถลดขั้นตอนการทำงานไปได้ 2 ขั้นตอนจากทั้งหมด 7 ขั้นตอน และจากผลของการลดขั้นตอนนั้นทำให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตลงด้วย ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงลดลงเหลือ 50%

ธนภัทร ธีระประภาวงศ์, วรพลอย วัฒนะโชติ และสินชัย เพิ่มพูน [10], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2551) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดตั้งสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ NGV บนถนนฉลองกรุง โดยทำการศึกษา 4 ด้าน ดังนี้ 1.ด้านการตลาด ผลการวิเคราะห์พบว่า มีความเป็นไปได้เนื่องจากขนาดตลาดของก๊าซ NGV ค่อนข้างใหญ่และมีแนวโน้มปริมาณความต้องการที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง 2.ด้านเทคนิคและวิศวกรรม ผลการวิเคราะห์พบว่า มีความเป็นไปได้เนื่องจากการออกแบบจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) 3. ด้านการบริหาร ผลการวิเคราะห์พบว่า มีความเป็นไปได้เนื่องจากรูปแบบการลงทุนเป็นรูปแบบที่ให้ผลตอบแทนมากที่สุด จึงผ่านการพิจารณาจากบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และตลาดแรงงานในปัจจุบันมีอยู่มากจึงสามารถจัดหาพนักงานได้ 4. ด้านการเงิน ผลการวิเคราะห์พบว่า มีความเป็นไปได้เนื่องจากผลจากการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของส่วนแบ่งการตลาด อัตราค่าตอบแทนและอัตราการเติบโตของธุรกิจ 26 กรณี จากทั้งหมด 27 กรณี มีความเป็นไปได้

พรธนิภา มั่งลิ้ม, ลภัสธร เจียงวรีวงศ์ และวรรณระ อัคระมหาศักดิ์ดา [15], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2553) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบการจัดสินค้าแบบเก็บตามแสงมาใช้ในศูนย์กระจายสินค้าควบคุมอุณหภูมิ กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม ทางด้านการเงิน และความไวต่อการเปลี่ยนแปลง ซึ่งทำการศึกษาในส่วนการจัดสินค้าภายในศูนย์กระจายสินค้าควบคุมอุณหภูมิเท่านั้น โดยแนวทางการวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลการพยากรณ์จำนวนสาขาร้านสะดวกซื้อแลพการะงานล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 3 ปี โดยผลการการวิจัยพบว่าการระบบการจัดสินค้าแบบเก็บตามแสงมาใช้ในศูนย์กระจายสินค้าควบคุมอุณหภูมิมีความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิควิศวกรรมและด้านการเงิน ซึ่งผลทางด้านเทคนิควิศวกรรมช่วยเพิ่มความเร็วในการจัดสินค้าของพนักงาน 60% ลดอัตราความผิดพลาดในการจัดสินค้าลง 72% และลดจำนวนพนักงานลง 40% ในส่วนด้านการเงินพบว่าระยะเวลาคืนทุนคือ 2.08 ปี และมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 6,493,989 บาท และในการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของโครงการคือ เงินทุนในการนำระบบมาใช้ และความเร็วในการจัดสินค้าของพนักงาน

ภานุพงศ์ ศิริกุล [18], คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (2553) ได้ทำการทดสอบวิเคราะห์ระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพลเทียร์ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1.เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากเพลเทียร์ โดยใช้แผงอลูมิเนียมระบายความร้อน ทำการสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ และทำการวิจัยผลทางความร้อน 2.ออกแบบระบบการควบคุมอุณหภูมิใช้สำหรับการป้องกันความร้อนให้กับแผ่นเพลเทียร์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของแผงระบายความร้อน และ 3.เพื่อศึกษาวิธีการนำเพลเทียร์มาประยุกต์ใช้งานในการผลิตไฟฟ้าจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ซีบีเอ็มมากที่สุดในการป้องกันความร้อนควบคุมด้วยตัวควบคุมพีไอดี โดยใช้วิธี Ziegler-Nichols ป้อนให้กับโมดูลเดียวทางด้านร้อนที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส และระบายความร้อนด้วยแผงอลูมิเนียมทางด้านเย็น ในส่วนการจัดวางตำแหน่งโมดูลพิจารณาเฉพาะสองโมดูลด้วยกัน แบบวางทแยง ให้ค่าพลังงานสูงสุด 4.612 โวลต์ และ 4.658 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 120

องศาเซลเซียส พลังงานไฟฟ้าต่ำสุดสองโมดูลแบบวางตามแนวกริบ 4.308 โวลต์ และ 4.378 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

มลินินี่ ตริสสอน [21], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2551) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไบโอดีเซลแบบชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกรณีศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยทำการศึกษาความเป็นไปได้ ในด้านการตลาด ด้านเทคนิคและวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการจัดการและด้านการเงินที่มีผลกระทบต่อการทำโครงการ แนวทางการวิเคราะห์จะใช้เทคนิคการพยากรณ์ทำนายแนวโน้มความต้องการในอนาคต นำหลักการทางเศรษฐศาสตร์มาวิเคราะห์เงินลงทุน ผลตอบแทนและการประเมินภายใต้ความไม่แน่นอน ของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตอยู่ในเกณฑ์ตามข้อกำหนดและมีแนวทางในการกำจัดอย่างไร เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตทำเลที่ตั้งของโรงงาน รวมทั้งผังโรงงาน บุคลากรที่ใช้ การจัดองค์กรและค่าแรงของพนักงาน จากการศึกษาพบว่า ด้านการจลาตมีแนวโน้มในการใช้ไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น ของเสียที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เครื่องจักรที่ใช้มีกำลังการผลิตที่ 1,000 ใช้คนงานประมาณ 4 คนในการทำงาน ส่วนด้านการเงินพบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเป็นบวก ค่าอัตราผลตอบแทนโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าค่าของทุนที่เลือกใช้เป็นจะตัดสินใจ (รช และ มีอัตราผลตอบแทนต่ำต้นทุน (BCR) มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าโครงการนี้เป็นโครงการที่มีความเป็นไปได้

สรรสกล พิกุลเคหา [24], คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2544) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนนำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการดำเนินธุรกิจโรงแรม โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ด้านเทคนิค ด้านการตลาด ด้านการจัดการและด้านการเงิน โดยใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์พนักงานและผู้บริหารโรงแรม อีกทั้งยังจำลองรูปแบบการวิเคราะห์โดยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ภายใต้เงื่อนไขในการตัดสินใจที่ว่าโครงการจะให้อัตราผลตอบแทนมากกว่าร้อยละ 7.75 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ 1.ด้านเทคนิค ระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะทำให้การดำเนินธุรกิจมีความคล่องตัวมากขึ้น 2.ด้านการตลาด ระบบอิเล็กทรอนิกส์จะช่วยประชาสัมพันธ์โรงแรมให้คนรู้จักมากขึ้น 3.ด้านการจัดการ พบว่าจะมีความเสี่ยงในการชำระหนี้สูง เพราะฉะนั้นโรงแรมจึงต้องมีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ 4.ด้านการเงิน ที่อัตราคิดลดที่ร้อยละ 7.75 โดยมีอัตราผลตอบแทนเป็นร้อยละ 64.97 ระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 5 เดือน จึงยอมรับเงื่อนไขในการตัดสินใจที่มีความเป็นไปได้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานของความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยขั้นตอนการดำเนินงานสามารถแบ่งเป็นหัวข้อได้ 3 หัวข้อ ดังนี้

- 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำความเย็น
- 3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม
- 3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน
- 3.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำความเย็น

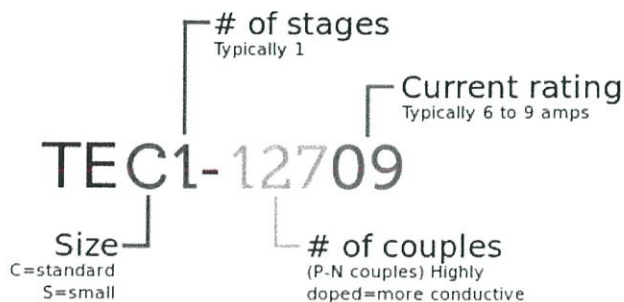
3.1.1 ประเภทของระบบทำความเย็น

3.1.1.1 ผู้เ็นระบบเทอร์โมอิเล็กทริกหรือแบบเพลเทียร์

ในการสร้างความเย็นหรือทำความเย็นนั้น ต้องทำการดึงความร้อน (Heat load) ออกจากบริเวณที่ต้องการปรับอากาศ โดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกเป็นตัวนำความร้อนภายในออกไปทิ้งยังสภาวะแวดล้อมภายนอก ซึ่งเทอร์โมอิเล็กทริกด้านเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำจะดูดพลังงานความร้อนจากสถานที่ที่ต้องการปรับอากาศ มาถ่ายเทแลกเปลี่ยนอุณหภูมิภายในเทอร์โมอิเล็กทริก ทำให้พลังงานความร้อนจากตำแหน่งที่ต้องการปรับอากาศถูกระบายออกมายังเทอร์โมอิเล็กทริกด้านร้อนผ่านครีระบายความร้อน (Heat Sink) และระบายไปยังสิ่งแวดล้อม

1. การจำแนกประเภทของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกหรือแผ่นเพลเทียร์

จำแนกได้ตาม ขนาดของความกว้างคูณด้วยความยาว ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ชนิดของสารกึ่งตัวนำ จำนวนชั้นของโมลคูล

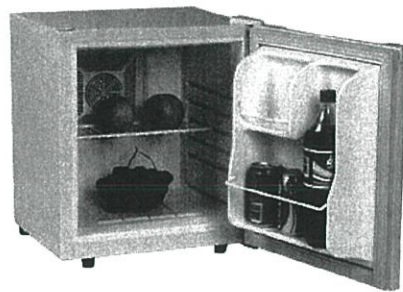


รูปที่ 3.1 แบบรหัสและสัญลักษณ์ที่แสดงอยู่บนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก [33]

2. ช่วงอุณหภูมิภายในช่องแช่เย็น สามารถทำความเย็นภายในช่องแช่เย็น ให้แตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกได้ ประมาณ 20 °C

3. อุปกรณ์หลักของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์

- 1) อุปกรณ์ทำความเย็น แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกหรือแผ่นเฟลเทียร์
- 2) พัดลมระบายอากาศกระแสตรง
- 3) ครีบลูมิเนียมระบายความร้อนและเย็น (Heat sink)
- 4) แผงควบคุมวงจรหลัก (Control board) และแผงควบคุมวงจรรย่อย
- 5) ชั้นส่วนภายในช่องแช่เย็นต่างๆ รวมถึงชั้นวางของ (ตะแกรง), ฝาปิดช่องแช่เย็น, แผ่นกั้นขวด ฯลฯ
- 6) ปริมาตรความจุภายในช่องแช่เย็น
- 7) โครงตู้เย็นภายนอก



รูปที่ 3.2 ตู้เย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก [รูปที่ 2.8]

3.1.1.2 ตู้เย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันอาศัยการทำงานแบบอัดไอน้ำยาทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ เพื่อนำน้ำยาที่ทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก ซึ่งไหลเวียนภายในระบบปิดตลอดเวลา

1. หน่วยหรือขนาดในการจำแนกตู้เย็น

ขนาดของตู้เย็นวัดเป็น ลิตรหรือลูกบาศก์ฟุต (Cubic Foot) ซึ่งตู้เย็นมีหลายขนาด แบ่งตามการใช้งาน

2. ประเภทของตู้เย็น โดยแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ แบ่งได้ 4 แบบ ดังนี้

1) Traditional: เป็นแบบที่นิยมกันมากที่สุด ช่องแช่แข็งอยู่ด้านบน ส่วนช่องแช่เย็นปกติอยู่ด้านล่าง มีทั้งแบบที่ 2 ประตูที่ช่องแช่แข็งแยกไว้ชัดเจน และแบบประตูเดียวที่มีช่องแช่แข็งอยู่ภายในอีกที ซึ่งขนาดช่องแช่แข็งจะค่อนข้างเล็กกว่าแบบ 2 ประตู



รูปที่ 3.3 ตู้เย็นแบบ Traditional [30]

2) Side-by-Side: ประตูเปิดได้ 2 บาน แบบแบ่งซ้ายและขวา เหมือนตู้เสื้อผ้า โดยส่วนช่องแช่แข็งจะอยู่ในประตูบานซ้ายซึ่งมีขนาดเล็กกว่าประตูบานขวา ซึ่งเป็นส่วนของช่องแช่เย็นปกติ



รูปที่ 3.4 ตู้เย็นแบบ Side-by-Side [32]

3) แบบส่วนช่องแช่เย็นอยู่ด้านบน ช่องแช่แข็งอยู่ด้านล่าง



รูปที่ 3.5 ตู้เย็นแบบส่วนช่องแช่เย็นอยู่ด้านบน ช่องแช่แข็งอยู่ด้านล่าง [7]

4) แบบประตูฝรั่งเศส (French-door style): ถูกวางขายครั้งแรกในช่วงปลายยุคคริสต์ทศวรรษ 1990 โดยช่องแช่แข็งอยู่ด้านล่าง ส่วนแช่เย็นปกติในด้านบนจะเป็นประตูเปิดได้แบบ 2 ทางแบบ side-by-size แต่ขนาดประตูจะเท่ากัน



รูปที่ 3.6 ตู้เย็นแบบประตูฝรั่งเศส [8]

3. ช่วงอุณหภูมิภายในช่องแช่เย็น

อุณหภูมิ ช่องแช่แข็ง	-18 °C หรือ 0 °F
อุณหภูมิ ช่องแช่เนื้อ	0 °C หรือ 32 °F
อุณหภูมิ ช่องธรรมดา	5 °C หรือ 40 °F)
อุณหภูมิ ช่องแช่ผัก ผลไม้	10 °C หรือ 50 °F)

4. การคำนวณปริมาตรปรับเทียบของตู้เย็น (Adjusted Volume) [ภาคผนวก ข]

$$AV = [V_f \times \frac{(32 - T_f)}{(32 - T_r)}] + V_r \quad (3.1)$$

เมื่อ	AV	คือ มีหน่วยเป็น ลิตร, ลูกบาศก์เดซิเมตร
	V _f	คือ ปริมาตรช่องแช่แข็ง มีหน่วยเป็นลิตร
	V _r	คือ ปริมาตรช่องแช่เย็น มีหน่วยเป็นลิตร
	T _f	คือ อุณหภูมิช่องแช่แข็ง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (มีค่านี้เป็น -18)
	T _r	คือ อุณหภูมิช่องแช่เย็น มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (มีค่านี้เป็น 3)

5. เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็นปี 2554 ฉลากเบอร์ 5 [1]

ตารางที่ 3.1 แสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็น สำหรับตู้เย็น 1 ประตู

Energy Consumption Criteria for 1 Door refrigerators			
AV	No.3	No.4 (MEPS - 15.0%)	No.5 (MEPS - 22.5%)
< 100 L	EC ≤ 0.74AV + 278	EC ≤ 0.68AV + 255	EC ≤ 0.62AV + 233
≥ 100 L	EC ≤ 0.43AV + 158	EC ≤ 0.39AV + 145	EC ≤ 0.36AV + 133

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็น สำหรับตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป

Energy Consumption Criteria for 2 Door refrigerators			
AV	No.3	No.4 (MEPS - 15.0%)	No.5 (MEPS - 22.5%)
< 450 L	EC ≤ 0.43AV + 423	EC ≤ 0.39AV + 388	EC ≤ 0.36AV + 354
≥ 450 L	EC ≤ 0.74AV + 423	EC ≤ 0.68AV + 388	EC ≤ 0.62AV + 354

EC (Energy Consumption) คือ พลังงานที่ใช้ใน 1 ปี หน่วย kWh/year

MEPS (Minimum Energy Performance Standard) คือ มาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นต่ำ

ที่มา : ทดสอบตามมาตรฐาน มอก.455-2537, มอก.2186-2547

3.1.2 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปของตู้เย็นแบบอัตโนมัติ ได้ทำการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 บาทต่อหน่วย ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า

ลำดับที่	ผู้ผลิต	ขนาดตู้เย็น (ลิตร)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย/ปี)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
1	ELECTROLUX	226.0	351.86	1,154.10	3.28
2	ELECTROLUX	320.9	411.72	1,350.44	3.28
3	HAIER	207.0	389.46	1,277.41	3.28
4	HAIER	221.0	398.22	1,306.15	3.28
5	HAIER	274.0	407.71	1,337.27	3.28
6	HAIER	312.0	425.96	1,397.13	3.28
7	HITACHI	49.5	178.85	586.63	3.28
8	HITACHI	187.4	185.06	606.98	3.28
9	HITACHI	187.4	189.44	621.35	3.28
10	HITACHI	405.0	329.23	1,079.87	3.28
11	HITACHI	293.0	392.74	1,288.74	3.28
12	HITACHI	373.6	409.17	1,342.06	3.28
13	HITACHI	455.0	416.83	1,367.20	3.28
14	HITACHI	349.7	421.94	1,383.96	3.28
15	HITACHI	189.3	433.62	1,422.27	3.28
16	HITACHI	229.7	440.92	1,446.22	3.28
17	HITACHI	408.0	469.03	1,538.40	3.28
18	HITACHI	408.0	469.03	1,538.40	3.28
19	HITACHI	514.0	509.18	1,670.09	3.28
20	LG	198.5	374.13	1,227.13	3.28
21	LG	231.3	398.95	1,308.54	3.28
22	LG	395.0	497.86	1,632.98	3.28
23	LG	507.5	574.88	1,885.59	3.28

ตารางที่ 3.3 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยการใช้ไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับที่	ผู้ผลิต	ขนาดตู้เย็น (ลิตร)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย/ปี)	ค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
24	mitsubishi electric	180.0	191.99	629.73	3.28
25	mitsubishi electric	140.0	171.55	562.68	3.28
26	mitsubishi electric	170.0	186.88	612.97	3.28
27	mitsubishi electric	140.0	374.13	1,227.13	3.28
28	mitsubishi electric	240.0	375.22	1,230.72	3.28
29	mitsubishi electric	265.0	423.04	1,387.55	3.28
30	mitsubishi electric	298.0	424.50	1,392.34	3.28
31	mitsubishi electric	346.0	424.86	1,393.54	3.28
32	mitsubishi electric	300.0	463.92	1,521.64	3.28
33	mitsubishi electric	424.0	481.80	1,580.30	3.28
34	mitsubishi electric	380.0	486.55	1,595.55	3.28
35	mitsubishi electric	365.0	494.94	1,623.40	3.28
36	mitsubishi electric	460.0	495.31	1,624.60	3.28
37	mitsubishi electric	510.0	512.46	1,680.87	3.28
38	PANASONIC	183.0	185.79	609.37	3.28
39	PANASONIC	195.0	388.73	1,275.02	3.28
40	SAMSUNG	238.8	249.30	817.69	3.28
41	SAMSUNG	258.5	273.02	895.51	3.28
42	SAMSUNG	330.1	301.13	987.69	3.28
43	SAMSUNG	400.0	470.12	1,541.99	3.28
44	SAMSUNG	413.1	481.44	1,579.11	3.28
45	SAMSUNG	486.9	524.14	1,719.18	3.28
46	SHARP	212.0	382.52	1,254.67	3.28
47	SHARP	167.0	399.31	1,309.74	3.28
48	TOSHIBA	185.4	196.37	644.09	3.28
49	TOSHIBA	174.9	180.68	592.61	3.28
50	TOSHIBA	174.9	183.23	600.99	3.28

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม

การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรมในปริญญาโทฉบับนี้ เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ ว่ามีความเหมาะสมทางด้านเทคนิควิศวกรรมหรือไม่ ซึ่งในการศึกษาได้นำตู้เย็นระบบแบบเพลเทียร์ขนาด 15 ลิตร และตู้เย็นแบบอัดไอขนาด 140.3 ลิตร แบบ 1 ประตู อย่างละ 1 เครื่อง นำมาทำการศึกษา โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับทำการศึกษาด้านเทคนิควิศวกรรม

1. ขวดปริมาตรทรงกรวย (Conical Flask) ขนาดปริมาตร 50 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด
2. ปีกเกอร์แก้วใส (Beaker) ขนาดปริมาตร 1000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ชุด
3. เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ (หน่วยองศาเซลเซียส) จำนวน 4 แห่ง
4. ดินน้ำมัน
5. แผ่นอะคริลิก ขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น
6. เครื่องออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง
7. แคลมป์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้า 1 ตัว
8. เทปกาวสองหน้า หนา 3 มิลลิเมตร 1 ม้วน
9. ตู้เย็นแบบเพลเทียร์ ขนาด 15 ลิตร จำนวน 1 เครื่อง
10. ตู้เย็นแบบอัดไอขนาด 140.3 ลิตร แบบ 1 ประตู 1 เครื่อง

3.2.2 การทดสอบความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์

1. ตู้เย็นแบบเพลเทียร์
 - 1) ทำการวัดอุณหภูมิห้องในสถานที่ทำการทดลองด้วยเทอร์โมมิเตอร์
 - 2) บรรจุน้ำลงในขวดปริมาตรทรงกรวย ปริมาตร 50 มิลลิลิตร พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดลองด้วยเทอร์โมมิเตอร์ และวางไว้ภายในตู้เย็นแบบเพลเทียร์
 - 3) ปิดฝาตู้เย็นแบบเพลเทียร์ด้วยแผ่นอะคริลิก และปิดขอบแผ่นอะคริลิกป้องกันความเย็นรั่วไหลด้วยดินน้ำมันรอบด้านของตู้เย็นแบบเพลเทียร์
 - 4) ปิดชั้นที่ 2 ด้วยแผ่นอะคริลิก โดยเว้นระยะช่องว่างจากแผ่นแรก 5 มิลลิเมตร เพื่อเป็นฉนวนอากาศ
 - 5) นำเครื่องออสซิลโลสโคปพร้อมทั้งแคลมป์มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าจากตู้เย็นแบบเพลเทียร์
 - 6) เปิดเครื่องตู้เย็นแบบเพลเทียร์ พร้อมทั้งจดบันทึกค่าของอุณหภูมิน้ำในขวดปริมาตรทรงกรวย และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ทุก 15 นาที เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลง
 - 7) ทำตามขั้นตอนที่ 6 จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำมีค่า 5.5 องศาเซลเซียส
 - 8) นำข้อมูลที่จดบันทึกไว้ นำมาสร้างกราฟดังนี้ กราฟแสดงปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา และกราฟแสดงกำลังไฟฟ้าและเวลา

- 9) ทำการวิเคราะห์ผลจากกราฟดังกล่าวข้างต้น
- 10) ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของตู้เย็นแบบเพลเทียร์

2. ตู้เย็นแบบอัดไอ

- 1) ทำการวัดอุณหภูมิห้องในสถานที่ทำการทดลองด้วยเทอร์โมมิเตอร์
- 2) บรรจุน้ำลงในบีกเกอร์แก้วใส ปริมาตร 468 มิลลิลิตร (ปรับปริมาตรน้ำตามอัตราส่วนของปริมาตรปรับเทียบตู้เย็น) พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิของน้ำที่ทำการทดลองด้วยเทอร์โมมิเตอร์
- 3) ปิดประตูตู้เย็นแบบอัดไอ
- 4) นำเครื่องออสซิลโลสโคปพร้อมทั้งแคลมป์มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าจากตู้เย็นแบบอัดไอ
- 5) เปิดการทำงานของตู้เย็นแบบอัดไอ พร้อมทั้งจดบันทึกค่าของอุณหภูมิน้ำในบีกเกอร์แก้วใส และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ทุก 15 นาที และทำการเปิด-ปิดของระบบไฟฟ้าของระบบตู้เย็นแบบอัดไอ เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลง
- 6) ทำตามขั้นตอนที่ 5 จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำมีค่า 5.5 องศาเซลเซียส
- 7) นำข้อมูลที่จดบันทึกไว้ นำมาสร้างกราฟดังนี้ กราฟแสดงปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา และกราฟแสดงกำลังไฟฟ้าและเวลา
- 8) ทำการวิเคราะห์ผลจากกราฟดังกล่าวข้างต้น
- 9) ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของตู้เย็นแบบอัดไอ

3.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์

เป็นการวิเคราะห์ว่าระบบทำความเย็นแบบอัดไอที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้น สามารถที่จะถูกแทนด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ได้หรือไม่ ซึ่งมีการกำหนดค่าคงที่ต่างๆ ไว้ดังนี้

- 1) ปริมาตรของน้ำสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่ปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร มีค่า 50 มิลลิลิตร
- 2) ปริมาตรของน้ำสำหรับตู้เย็นแบบอัดไอที่ปริมาตรปรับเทียบ 104.3 ลิตร มีค่า 468 มิลลิลิตร

เนื่องจาก ปริมาตรของน้ำที่ปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร มีค่าเท่ากับ 50 มิลลิลิตร
 ฉะนั้น ปริมาตรของน้ำที่ปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร มีค่าเท่ากับ $\frac{140.3 \times 50}{15} = 467.67$ มิลลิลิตร

- 3) ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.187 กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน
- 4) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เท่ากับ 26 องศาเซลเซียส หรือ 299.15 องศาเคลวิน
- 5) อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ เท่ากับ 26 องศาเซลเซียส หรือ 299.15 องศาเคลวิน
- 6) อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ เท่ากับ 5.5 องศาเซลเซียส หรือ 278.65 องศาเคลวิน
- 7) ค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า เท่ากับ 220 โวลต์
- 8) ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า เท่ากับ 3.28 บาทต่อหน่วย (ค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 3.3)

โดยทำการวิเคราะห์ในด้านต่างๆ ด้วยข้อมูลดังนี้

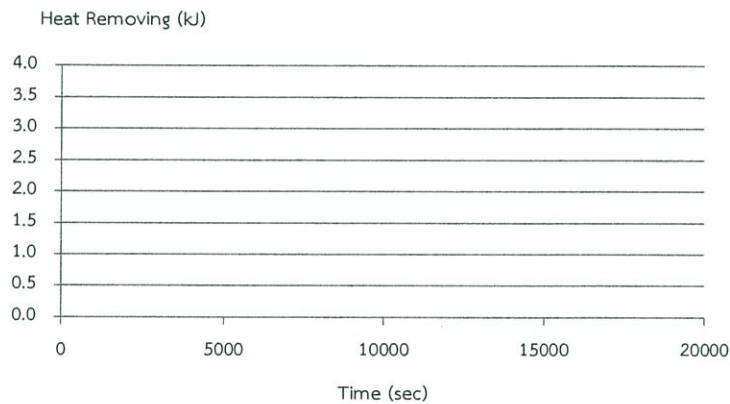
1. กราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา

การศึกษานี้จะศึกษาความสามารถในการทำความเย็นของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ โดยเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตู้เย็นมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 5.5 องศาเซลเซียส (เนื่องจากเป็นค่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดของความสามารถในการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเฟลทเทียร์) ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที โดยทำการบันทึกค่าของเวลา อุณหภูมิ จากเทอร์โมมิเตอร์

จากกราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา ผู้วิจัยได้คาดว่า จะสามารถทราบถึงระยะเวลาในการทำความเย็น ความสามารถในการทำความเย็นต่อวินาที และมองเห็นแนวโน้มของพลังงานที่ใช้สร้างทำความเย็นของตู้เย็นทั้งสองระบบ โดยกราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา ของตู้เย็นแบบเฟลทเทียร์ และตู้เย็นแบบอัดไอ มีรายละเอียดดังนี้ ค่าของแกนแนวดิ่งเป็น ค่าพลังงานในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น กิโลจูล และค่าของแกนแนวนอนเป็น ระยะเวลาในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น วินาที

โดยค่าพลังงานในการทำความเย็น จะทำการคำนวณทุก 15 นาที เพื่อทำการเก็บข้อมูล และนำมาสร้างกราฟสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (สมการที่ 2.12)

$$Q = mc\Delta T$$
$$= (\text{มวลของน้ำที่ใช้ทดสอบของแต่ละตู้เย็น, kg}) \times (4.187 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}) \times |(T_2 - T_1)|$$



รูปที่ 3.7 ลักษณะกราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา

2. กราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา

การศึกษานี้จะศึกษาความสามารถในการทำความเย็นของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ โดยเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตู้เย็นมีอุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับ 5.5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลทุก 15 นาที (และทุกการเปิด-ปิดของระบบไฟฟ้าของระบบตู้เย็นแบบอัดไอ) โดยทำการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าขณะนั้น พร้อมกันกับค่าของเวลา และอุณหภูมิในกราฟพลังงานในการทำความเย็นและเวลา จากเทอร์โมมิเตอร์ แคมป์มิเตอร์ และ เครื่องออสซิลโลสโคป

จากกราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ผู้วิจัยได้คาดว่า จะสามารถทราบถึง กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย และค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ไปในการทำความเย็นสำหรับตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ จนถึงอุณหภูมิ 5.5 องศาเซลเซียส ของตู้เย็นแบบอัดไอ และตู้เย็น

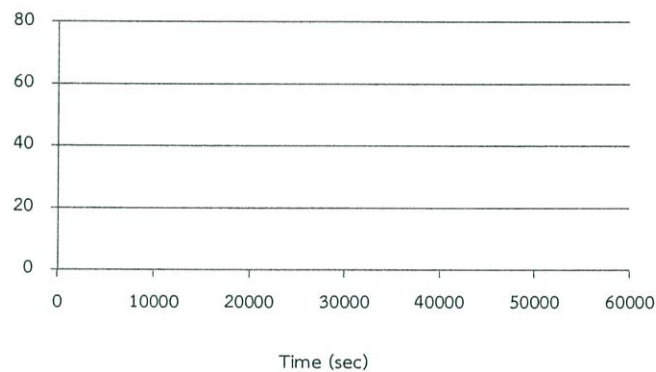
แบบเพลเทียร์ โดยกราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ และตู้เย็นแบบอัดไอ มีรายละเอียดดังนี้ ค่าของแกนแนวดิ่งเป็น ค่ากำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (สมการที่ 2.20) และค่าของแกนแนวนอนเป็น ระยะเวลาในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น วินาที

โดยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างความเย็น มีหน่วยเป็น หน่วยทางไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ทางผู้วิจัยจะคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของกราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะทำการคำนวณจากค่าของกระแสไฟฟ้าที่ทำการบันทึกได้จากแอมป์มิเตอร์ และ เครื่องออสซิลโลสโคป กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (สมการที่ 2.20 และ 2.22)

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้า วัตต์} &= \text{ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)} * \text{ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)} \\ &= (220 \text{ V}) * (\text{ค่ากระแสไฟฟ้า}) \end{aligned}$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้า ยูนิท} = \text{กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} * \text{ระยะเวลาทั้งหมดของการทำความเย็น (ชั่วโมง)}$$

Electrical Power Consumption (Watt)



รูปที่ 3.8 ลักษณะกราฟกำลังไฟฟ้า และเวลา

3. สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP)

จากข้อมูลเชิงตัวเลข กราฟปริมาณพลังงานความร้อนและเวลา และกราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ทางผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ และตู้เย็นแบบอัดไปได้ และรวมไปถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นแต่ละชนิดว่าชนิดใด มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่ดีกว่า

โดยการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นนั้น จะพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น โดยมีองค์ประกอบดังนี้ ปริมาณพลังงานความร้อน (จูล) ระยะเวลาในการทำความเย็น (วินาที) และ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในการสร้างความเย็น (วัตต์) สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (สมการที่ 2.1)

$$\text{C.O.P.} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานความร้อน}}{(\text{ระยะเวลาในการทำความเย็น}) * (\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย})}$$

โดยการวิเคราะห์จะพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นชนิดที่ต่อกว่าให้มีค่าเทียบเท่ากับค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่เป็นมาตรฐานนั้น ให้เทียบเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่ดีกว่า

3.2.4 สรุปเกณฑ์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรม

เกณฑ์การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรมของการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลทีย์ร์ สามารถสรุปได้ 2 กรณีดังนี้ กรณีแรกตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์มีประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ดีกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ ซึ่งแสดงได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการทดแทนทางด้านเทคนิควิศวกรรม และกรณีที่สองตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์มีประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ต่ำกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ ซึ่งจะต้องทำการคำนวณหาว่าตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์ต้องมีประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นอย่างไร จึงจะสามารถมีความเป็นไปได้ในการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอ และจากนั้นก็ทำการวิเคราะห์ว่าต้องมีการปรับปรุงจำนวนแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และส่วนประกอบต่างๆอย่างไร เพื่อที่จะให้เกิดความเหมาะสมสำหรับการปรับปรุงในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์

3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน ได้มีการกำหนดสมมติฐานการศึกษาในมุมมองของผู้ซื้อหรือผู้บริโภค เพราะฉะนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน ได้ทำการพิจารณาจากกระแสเงินสด (Cash Flow) โดยทำการคำนวณค่าใช้จ่ายเริ่มแรก ซึ่งประกอบไปด้วย ราคาซื้อของตู้เย็นแบบอัดไอ (ปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร) ราคาซื้อของตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์ที่มีการปรับประสิทธิภาพแล้ว และมูลค่ารายปี คือ ค่าไฟฟ้ารายปีของตู้เย็นทั้งสองระบบ โดยระยะเวลาที่ใช้ในการคิดกระแสเงินสดนั้นจะใช้ระยะเวลาของอายุการใช้งานเฉลี่ย 12 ปี (อายุการใช้งานเฉลี่ยของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ) และในส่วนของมูลค่าซากของตู้เย็นในแต่ละชนิดจะสมมติให้ไม่มีมูลค่าซาก โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายโดยรวมของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ

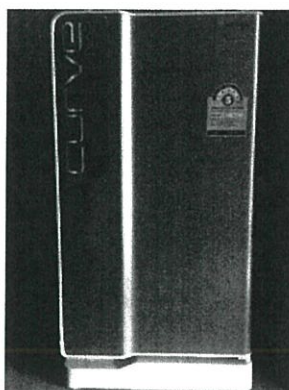
ผู้จัดทำได้ทำการสำรวจค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นแบบอัดไอและตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์ โดยถูกแบ่งออกได้ดังนี้

3.3.1.1 ราคาขายซึ่งผู้บริโภคต้องจ่ายในต้นทุนเริ่มแรกของตู้เย็นแบบเฟลทีย์ร์ และแบบอัดไอ

1. รายการค่าใช้จ่ายของตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตร 140.3 ลิตร

ตารางที่ 3.4 สรุปค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร

รายการ	ค่าใช้จ่าย
1. ราคาตู้เย็น (บาท/หน่วย)	5,000.00
2 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา [28] (บาท/ปี)	618.67
3. ค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาตรน้ำ (บาท/มิลลิลิตร)	4.04

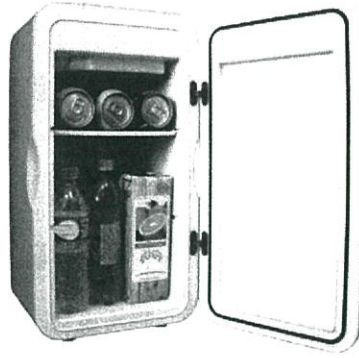


รูปที่ 3.9 ตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร สำหรับการทดสอบ

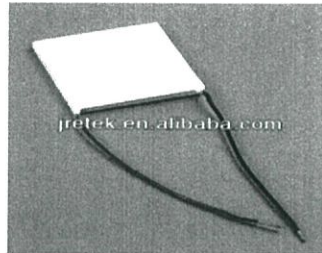
2. รายการค่าใช้จ่ายของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ขนาดปริมาตร 15 ลิตร

ตารางที่ 3.5 สรุปค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ขนาดปริมาตร 15 ลิตร

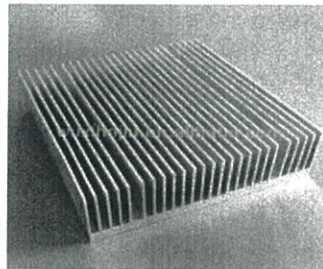
รายการ	ค่าใช้จ่าย
1. ราคาขายอุปกรณ์หลัก	
1.1 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	240.00
1.2 ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน	16.00
1.3 ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความเย็น	16.00
1.4 ชุดพัดลมระบายอากาศกระแสดตรง	128.00
1.5 แผงวงจรควบคุม	224.00
1.6 แผ่นเหล็กปิดข้างและประตู	80.00
1.7 พลาสติกขึ้นรูปแบบสุญญากาศ ชนิด PS-106 ขนาด ช่องว่างด้านใน 46×48×80 ตร.ซม	192.00
1.8 พลาสติกปิดด้านบนตู้ ชนิด PS	55.00
1.9 ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม 2.13 ตร.ม	409.00
1.10 ยางกันรั่วขอบประตู	200.00
2. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (บาท/ปี)	-
3. ค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาตรน้ำ (บาท/มิลลิลิตร)	34.08



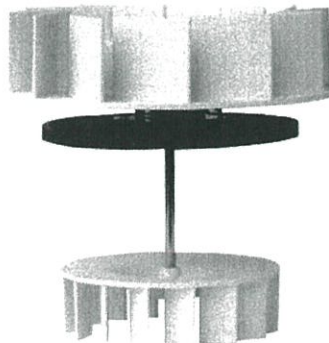
รูปที่ 3.10 ตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร สำหรับทำการทดสอบ [6]



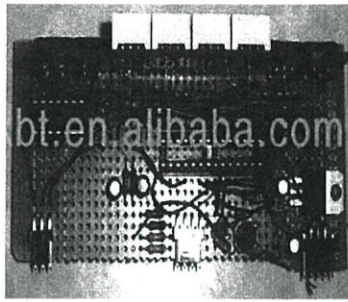
รูปที่ 3.11 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC-12704 [ภาคผนวก ข]



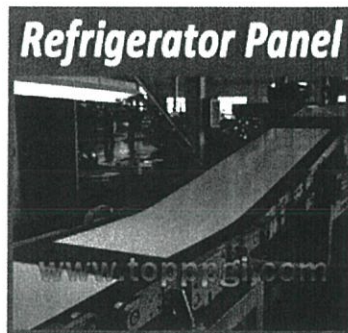
รูปที่ 3.12 ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน และระบายความเย็น [2]



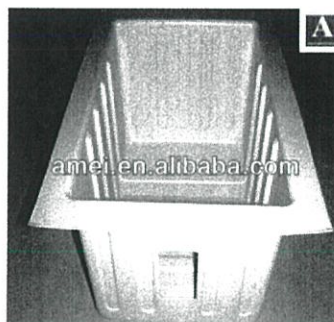
รูปที่ 3.13 ชุดพัดลมระบายอากาศกระแสตรง [ภาคผนวก ข]



รูปที่ 3.14 แผงวงจรควบคุม สำหรับตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ [13]



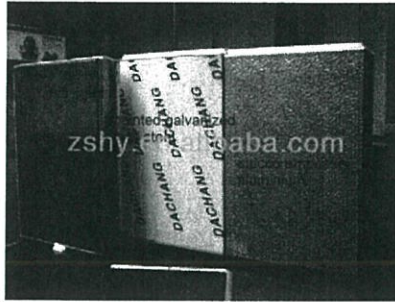
รูปที่ 3.15 แผ่นเหล็กปิดประตูและด้านข้างของตู้เย็น [14]



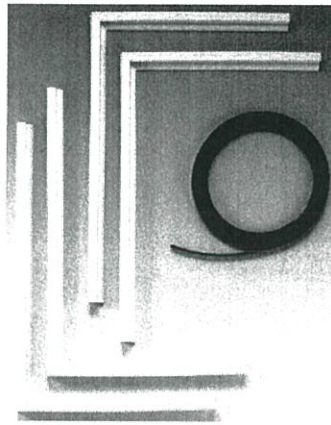
รูปที่ 3.16 พลาสติกชั้นรูปแบบสูญญากาศ ชนิด PS-106 ปริมาตร 140.3 ลิตร [16]



รูปที่ 3.17 พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น ชนิด PS [17]



รูปที่ 3.18 ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม [4]



รูปที่ 3.19 ยางกันรั่วขอบประตูตู้เย็น [22]

3.3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน

จากการแจกแจงค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของตู้เย็นทั้งสองระบบ คือ ตู้เย็นแบบอัดไอ และตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาเป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์กระแสเงินสด (Cash Flow) ที่ระยะเวลา 12 ปี (อายุการใช้งานเฉลี่ยของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ) โดยการวิเคราะห์หมีตัววัดทางการเงิน ดังนี้

3.3.2.1 อัตราดอกเบี้ย

สำหรับการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะใช้อัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์เป็นอัตราดอกเบี้ยที่แสดงในกระแสเงินสด เนื่องจากในการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินนั้น ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์จากมุมมองของผู้บริโภค สำหรับการเลือกซื้อตู้เย็นแบบเฟลเทียร์มาทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอ ซึ่งหมายความว่ามูลค่าที่ต้องคิดค่าอัตราดอกเบี้ยนั้นเปรียบเสมือนเงินฝากออมทรัพย์ทั่วไป

3.3.2.2 การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ใช้วัดว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนหรือมีผลกำไรต่อต้นทุนรวมหรือไม่ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิของโครงการ เป็นการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด

รับกับกระแสเงินสดจ่ายของโครงการ โดยปริณญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้บริโภคสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อตู้เย็น วิธีการคำนวณและเกณฑ์การตัดสินใจ

1. ตู้เย็นแบบอัดไอ (ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ140.3 ลิตร)

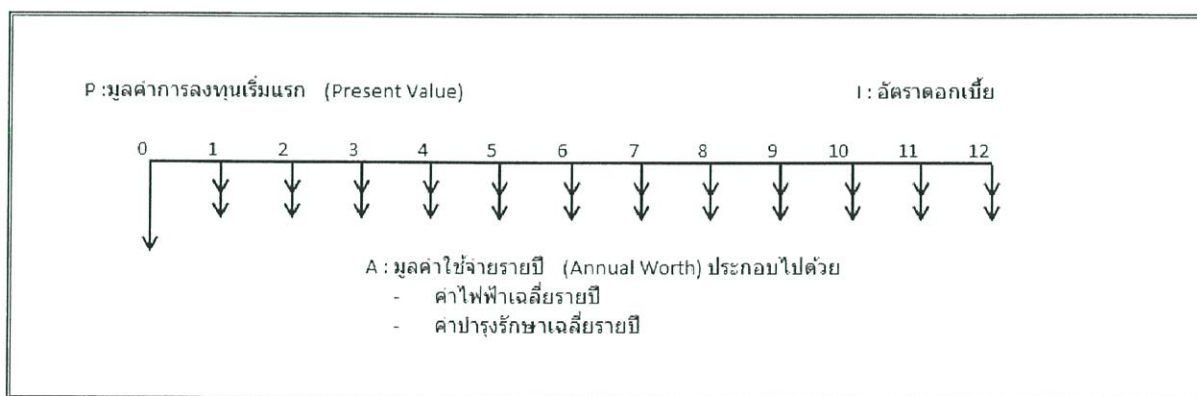
- ราคาตู้เย็น	5,000.00	บาท
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	618.67	บาท
- ค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาตรน้ำ	4.04	บาท
- อายุการใช้งานของตู้เย็น	12	ปี

2. ตู้เย็นแบบเพลทเทียร์ (ที่มีการปรับค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นแล้ว)

- ราคาตู้เย็น	17,160.00	บาท
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	-	บาท
- ค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาตรน้ำ	34.08	บาท
- อายุการใช้งานของตู้เย็น	12	ปี

3. การคำนวณจะคิดจากตัวแปรที่มีค่าต่างๆ ดังสมการที่ 2.3

$$NPV = \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} (NCF_i \times a_i)$$



รูปที่ 3.20 แผนภาพส่วนประกอบของกระแสเงินสด (Cash Flow)

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน คือ การวัดค่าจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งการวิเคราะห์ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธินั้น ค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าศูนย์เสมอ เนื่องจากการวิเคราะห์นั้นได้นำกระแสเงินสด (Cash Flow) เข้ามาช่วยวิเคราะห์ในการตัดสินใจของผู้บริโภค เพราะฉะนั้นภายในกระแสเงิน

สตจึงมีเพียงข้อมูลกระแสเงินสดจ่ายเพียงอย่างเดียว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำมาช่วยพิจารณาสำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อ ผู้ยื่นได้ โดยพิจารณาจากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่มีค่าสูงกว่านั่นเอง

3.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

เป็นการวิเคราะห์ว่าสถานะทางการเงิน ของโครงการจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ เช่น เวลา ราคา หรือประสิทธิภาพ สิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อโครงการและทำให้ผลตอบแทนการลงทุนและจุดคุ้มทุนของโครงการเปลี่ยนแปลงไป การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น ทำไปเพื่อลดอัตราความเสี่ยงของโครงการที่อาจคาดคะเนผิดพลาดไป เช่น สูงไป หรือต่ำไป เป็นต้น และยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโครงการที่เป็นไปตามตัวแปรที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ จากผลของการวิเคราะห์ จะแสดงให้เห็นว่าโครงการนั้นมีความคล่องตัว และมีความเปลี่ยนแปลงเป็นแนวโน้มอย่างไร เพื่อเป็นประโยชน์ในการคาดเดาสถานะทางการเงินของโครงการ หรือ สิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการนั้นๆจากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆที่จะมีผลกระทบต่อโครงการ

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในปฏิญานพนธ์เล่มนี้จะทำการวิเคราะห์จากตัวแปร 2 ค่าเทียบกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดังนี้

1. เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก
2. เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

โดยนำค่าตัวแปรทั้ง คำนวณเป็นตัวเลข ดังแสดงใน ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3 ซึ่งจะแสดงผลของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ และเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และ ตารางที่ ก.4 ซึ่งจะแสดงผลของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวสร้างเป็นแผนภูมิเชิงเส้นแสดงแนวโน้มหรือกราฟเชิงเส้น ซึ่งจะได้กราฟ 2 ชุด คือ ชุดแรก กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และชุดที่สอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

โดยการวิเคราะห์ได้กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงทีละหนึ่งตัวแปร ทำการวิเคราะห์โดยให้มี 1 ตัวแปรเปลี่ยนแปลงในช่วง \pm ช่วงละ 10 เปอร์เซนต์ ไปจนถึง 100 เปอร์เซนต์ สำหรับกราฟชุดแรก และ 200 เปอร์เซนต์ สำหรับกราฟชุดที่สอง โดยที่แต่ละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร เปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับกราฟชุดแรก และ ตัวแปรเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก สำหรับกราฟชุดที่ 2 จะทำให้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เพราะฉะนั้นผลสรุปที่ได้จากการคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรนั้นๆ จะสามารถแสดงออกมาว่าตัวแปรใดที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาในปฏิญานพนธ์ฉบับนี้มากที่สุด ซึ่งตัวแปรที่มีผลมากที่สุดจะมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้มีความเป็นไปได้ในการทดแทนผู้ยื่นแบบอัตโนมัติ ด้วยผู้ยื่นแบบเพลเทียร์ได้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

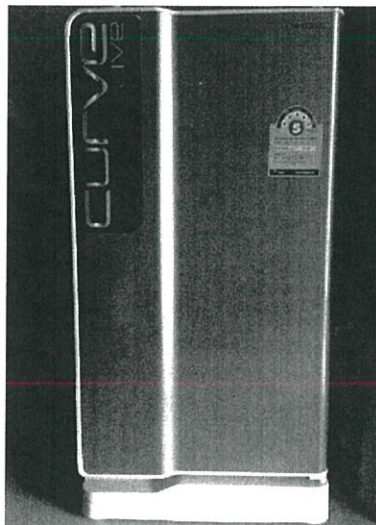
ในบทนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

- 4.1 ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอด้วยตู้เย็นแบบเพลเทียร์
- 4.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม
- 4.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน
- 4.4 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

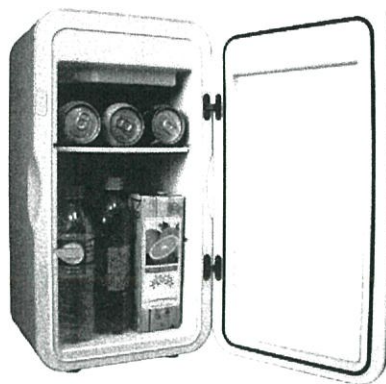
4.1 ความเป็นไปได้เบื้องต้นในการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอด้วยตู้เย็นแบบเพลเทียร์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำเย็น ในส่วนประเภทของระบบทำความเย็น แสดงให้เห็นว่า ตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีความเป็นไปได้สำหรับการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอ ประเภท Traditional แบบ 1 ประตู เนื่องจากลักษณะของโครงสร้างทางกายภาพมีความใกล้เคียงกันมาก และตู้เย็นแบบอัดไอประเภทนี้ยังเป็นแบบที่นิยมกันมากที่สุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ ด้วยตู้เย็น 2 ประเภทดังนี้

1. ตู้เย็นแบบเพลเทียร์ ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร
2. ตู้เย็นแบบอัดไอ ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร



รูปที่ 4.1 ตู้เย็นแบบอัดไอขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร [รูปที่ 3.9]



รูปที่ 4.2 ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร [รูปที่ 3.10]

4.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลเทียร์ สามารถสรุปความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรมในด้านต่างๆ ดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลเทียร์

จากการทดสอบความสามารถในการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ขนาด 15 ลิตร และตู้เย็นแบบอัดไอ ขนาด 140.3 ลิตร แบบ 1 ประตู อย่างละ 1 เครื่อง โดยผลการทดสอบได้มีการแสดงรายละเอียดของเวลา (วินาที), อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส), กระแสไฟฟ้า (แอมป์), กำลังไฟฟ้า (วัตต์) และพลังงานความร้อน (กิโลจูล) โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังตารางที่ ก.1 ซึ่งจะแสดงผลการทดลองของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ ขนาดปริมาตรปรับเทียบเท่ากับ 15 ลิตร และตารางที่ ก.2 ซึ่งจะแสดงผลการทดลองของตู้เย็นแบบอัดไอ ขนาดปริมาตรปรับเทียบเท่ากับ 140.3 ลิตร ในภาคผนวก ก

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเฟลเทียร์

จากการวิเคราะห์ระบบทำความเย็นแบบเฟลเทียร์ว่ามีความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอได้หรือไม่ พบว่าผลของการวิเคราะห์สามารถแยกเป็นข้อมูลของการทำความเย็นต่อเวลา ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งทำการนำเสนอด้วยกราฟ และยังวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบทั้ง 2 ด้วยซึ่งแสดงข้อมูลต่างๆดังนี้

4.2.2.1 กราฟแสดงพลังงานในการทำความเย็นและเวลา

1. ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร

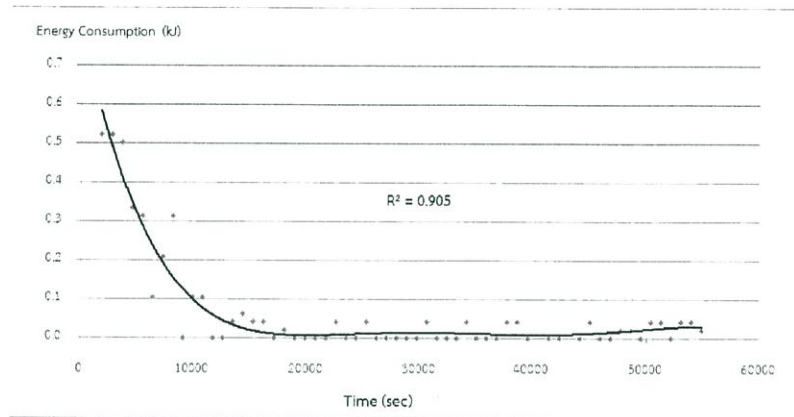
- พลังงานที่ต้องใช้ในการดึงความร้อนของน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta T \\ &= (0.05 \text{ kg}) * (4.187 \text{ kJ/kg.K}) * (278.65-299.15\text{K}) \end{aligned}$$

$$Q = 4.2917 \text{ กิโลจูล}$$

- ระยะเวลาในการทำความเย็น 15 ชั่วโมง 15 นาที

- ความสามารถในการทำความเย็นต่อวินาที เท่ากับ 0.0782 จูลต่อวินาที



รูปที่ 4.3 กราฟพลังงานในการทำความเย็นและเวลา ตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร

จากรูปที่ 4.3 แสดงได้ว่าความสามารถในการดึงพลังงานความร้อนของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ในช่วงต้น มีอัตราการดึงพลังงานความร้อนสูง ออกจากปริมาณน้ำ 50 มิลลิลิตร และเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 18,000 วินาที จะเห็นได้ว่า อัตราการดึงพลังงานความร้อนของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์เริ่มคงที่ เพราะฉะนั้น การทำความเย็นของตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ที่มีอัตราการดึงพลังงานความร้อน เท่ากับ 0.0782 จูลต่อวินาที จะใช้ระยะเวลาทำความเย็นให้น้ำมีอุณหภูมิสุดท้ายที่ 5.5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 54,900 วินาที หรือ 15 ชั่วโมง 15 นาที

2. ตู้เย็นแบบอัดไอ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 104.3 ลิตร

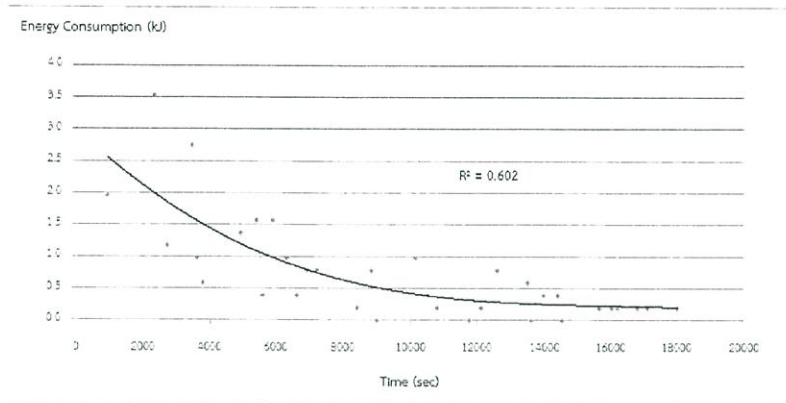
- พลังงานที่ต้องใช้ในการดึงความร้อนของน้ำปริมาณ 468 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} Q &= mc\Delta T \\ &= (0.468 \text{ kg}) * (4.187 \text{ kJ/kg.K}) * (278.65-299.15\text{K}) \end{aligned}$$

$$Q = 40.1701 \text{ กิโลจูล}$$

- ระยะเวลาในการทำความเย็น 5 ชั่วโมง

- ความสามารถในการทำความเย็นต่อวินาที เท่ากับ 2.2317 จูลต่อวินาที



รูปที่ 4.4 กราฟพลังงานในการทำความเย็นและเวลา ตู้เย็นแบบอัดไอปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 140.3 ลิตร

จากรูปที่ 4.4 แสดงได้ความสามารถในการดึงพลังงานความร้อนของตู้เย็นแบบอัดไอ มีอัตราการดึงพลังงานความร้อนค่อนข้างคงที่จากปริมาณน้ำ 468 มิลลิลิตร และเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 17,000 วินาที จะเห็นได้ว่า อัตราการดึงพลังงานความร้อนของตู้เย็นแบบระบบอัดไอเริ่มคงที่มากขึ้น เพราะฉะนั้น การทำความเย็นของตู้เย็นแบบระบบอัดไอที่มีอัตราการดึงพลังงานความร้อน เท่ากับ 2.2317 จูลต่อวินาที จะใช้ระยะเวลาทำความเย็นให้น้ำมีอุณหภูมิสุดท้ายที่ 5.5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 18,000 วินาที หรือ 5 ชั่วโมง

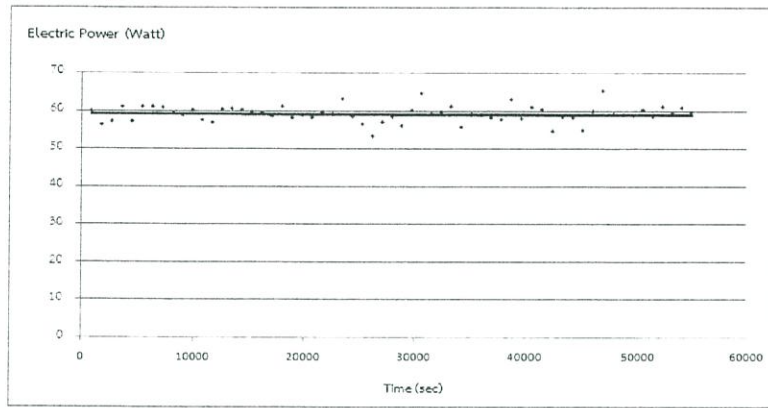
จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 ที่แสดงพลังงานในการทำความเย็นและเวลา สำหรับตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ และตู้เย็นแบบอัดไอ โดยเริ่มทำการทดสอบความเย็นจากอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 5.5 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลสรุปที่ว่า การทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ใช้ระยะเวลาทำความเย็นเท่ากับ 54,900 วินาที หรือ 15 ชั่วโมง 15 นาที และตู้เย็นแบบอัดไอ ที่มีระยะเวลาทำความเย็นเท่ากับ 18,000 วินาที หรือ 5 ชั่วโมง ซึ่งแสดงได้ว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ และในส่วนของความสามารถในการทำความเย็นต่อวินาที (หรืออัตราการดึงพลังงานความร้อน) ของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์เท่ากับ 0.0782 จูลต่อวินาที ซึ่งมีความสามารถในการทำความเย็นที่ต่ำกว่าตู้เย็นแบบอัดไอที่มีความสามารถในการทำความเย็นต่อวินาทีเท่ากับ 2.2317 จูลต่อวินาที

เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ สามารถสรุปออกมาได้ว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์มีอัตราการดึงพลังงานความร้อนจากน้ำที่ต่ำกว่าตู้เย็นแบบอัดไอที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้าย 5.5 องศาเซลเซียส

4.2.2.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าและเวลา

1. ตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร

- ระยะเวลาการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 15 ชั่วโมง 15 นาที
- ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 0.2696 แอมแปร์
- ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 59.2929 วัตต์
- ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 0.0593 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี เท่ากับ 1,704.19 บาทต่อปี

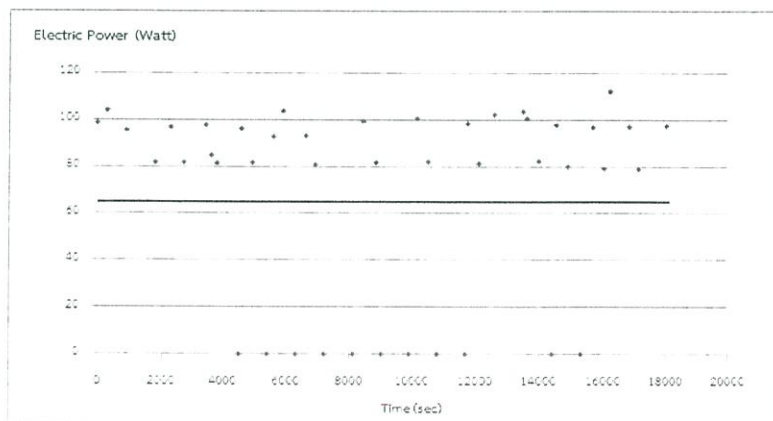


รูปที่ 4.5 กราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ตู้เย็นแบบเพลเทียร์ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีแนวโน้มการใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากตู้เย็นแบบเพลเทียร์นั้น ไม่ได้มีการนำระบบควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังแผงควบคุมที่สร้างความเย็นขึ้น จึงทำให้เกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ จึงเป็นผลทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 59.2929 วัตต์ ซึ่งคำนวณมาจากพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยข้างต้น และยังสามารถคำนวณปริมาณค่าไฟฟ้า สำหรับการใช้ไฟฟ้าในการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.08 บาทต่อมิลลิลิตรต่อปี

2. ตู้เย็นแบบระบบอัดไอ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 104.3 ลิตร ปี 2011

- ระยะเวลาการใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 5 ชั่วโมง
- ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 0.3146 แอมแปร์
- ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 65.8143 วัตต์
- ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ เท่ากับ 0.0658 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี เท่ากับ 1,890.62 บาทต่อปี



รูปที่ 4.6 กราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา ตู้เย็นแบบอัดไอ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 140.3 ลิตร

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าตู้เย็นแบบอัดไอ มีการนำระบบควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังแผงควบคุมที่สร้างความเย็นขึ้น ด้วยการเปิดและปิดวงจร จึงทำให้เกิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าระยะๆ ซึ่งจะมีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 65.8143 วัตต์ ซึ่งคำนวณมาจากพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยข้างต้น และยังสามารถคำนวณปริมาณค่าไฟฟ้า สำหรับการใช้ไฟฟ้า ในการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.04 บาทต่อมิลลิลิตรต่อปี

จากกราฟกำลังไฟฟ้าและเวลา สำหรับตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ และตู้เย็นแบบอัดไอ ให้ผลสรุปที่ว่า การทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ที่ใช้ระยะเวลาเท่ากับ 54,900 วินาที หรือ 15 ชั่วโมง 15 นาที มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 59.2929 วัตต์ และปริมาณค่าไฟฟ้าสำหรับการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.08 บาทต่อมิลลิลิตรต่อปี และในส่วนของตู้เย็นแบบอัดไอที่ใช้ระยะเวลาทำความเย็นเท่ากับ 18,000 วินาที หรือ 5 ชั่วโมง มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 65.8143 วัตต์ และปริมาณค่าไฟฟ้าสำหรับการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.04 บาทต่อมิลลิลิตรต่อปี แสดงได้ว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์มีปริมาณค่าไฟฟ้าสำหรับใช้ในการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อช่วงระยะเวลา 1 ปี ที่มากกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ

เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ สามารถสรุปออกมาได้ว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยในการตั้งพลังงานความร้อนของปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตร ที่มากกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ โดยมีผลต่างของค่าไฟฟ้า เท่ากับ 30.04 บาทต่อปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อปี ที่อุณหภูมิมิเริ่มต้นที่ 26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้าย 5.5 องศาเซลเซียส

4.2.2.3 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance)

$$\text{COP} = (\text{The cooling capacity per Time}) / \text{Average Electric Power}$$

1. ตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร

$$\text{COP} = (4.2917 \text{ kJ} / 54900 \text{ sec}) / 59.3115 \text{ watt} = 1.318 \times 10^{-3}$$

2. ตู้เย็นแบบระบบอัดไอ ปริมาตรปรับเทียบ เท่ากับ 104.3 ลิตร ปี 2011

$$\text{COP} = (40.1701 \text{ kJ} / 18000 \text{ sec}) / 65.8143 \text{ watt} = 3.39 \times 10^{-2}$$

จากการทดสอบ สามารถบอกได้ว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่น้อยกว่าตู้เย็นแบบระบบอัดไอ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น เท่ากับ 1.318×10^{-3} ซึ่งหมายความว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์เมื่อทำการป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าไป 1 วัตต์ ตู้เย็นแบบเพเลเทียร์จะสามารถสร้างพลังงานความร้อนหรือพลังงานในการสร้างความเย็นได้ เท่ากับ 1.318×10^{-3} จูลต่อวินาที ในขณะที่ตู้เย็นแบบอัดไอที่มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น เท่ากับ 3.39×10^{-2} จึงสร้างพลังงานความร้อนหรือพลังงานในการสร้างความเย็นได้มากกว่าตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ ที่ใช้กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า 1 วัตต์เท่ากัน

4.2.3 สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรม

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ มีความเป็นไปได้ในทางเทคนิควิศวกรรม เนื่องจากตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่ต่ำกว่าตู้เย็นแบบระบบอัดไอ ดังนั้นการที่จะให้การศึกษาความเป็นไปได้ในด้านเทคนิควิศวกรรมมีความเป็นไปได้ในการทดแทนจึงต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ ให้มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่เทียบเท่าหรือมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบระบบอัดไอ เพราะฉะนั้นได้ทำการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมาตรฐาน เท่ากับ 3.39×10^{-2}

จากการกำหนดค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นนั้น จะต้องทำการปรับปรุงตู้เย็นแบบเพลเทียร์ โดยการเพิ่มจำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเดิมนั้นภายในตู้เย็นมีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอยู่จำนวน 1 โมดูล ฉะนั้นแล้วสำหรับการทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีค่าเทียบเท่าหรือมากกว่าค่ามาตรฐาน นั้นจำเป็นที่จะต้องทำการเทียบเท่าดังนี้

COP เท่ากับ 1.318×10^{-3}	จำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	1	โมดูล
COP เท่ากับ 3.39×10^{-2}	จำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก	26	โมดูล

เพราะฉะนั้นการทดสอบทางด้านเทคนิคและวิศวกรรม สามารถสรุปผลได้ว่าตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่ต่ำกว่าตู้เย็นแบบระบบอัดไอ โดยตู้เย็นแบบเพลเทียร์นั้นจะต้องทำการปรับปรุงให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น มีค่าเท่ากับ 3.39×10^{-2} ซึ่งการปรับปรุงนั้น สามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกเป็น 26 โมดูล

ในด้านการออกแบบตู้เย็น เพื่อรองรับตู้เย็นระบบเพลเทียร์ที่มีความสามารถในการทำความเย็นที่เทียบเท่าหรือมากกว่าตู้เย็นแบบระบบอัดไอ นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างตู้เย็นแบบเพลเทียร์ขึ้น ซึ่งเดิมนั้นตู้เย็นเพลเทียร์ที่มีปริมาตรเปรียบเทียบ เท่ากับ 15 ลิตร มีอุปกรณ์ดังนี้

1. แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก จำนวน 1 โมดูล Part No. : TEC1-12704 [ภาคผนวก ข]

- Performance Curves at Th = 50.00 องศาเซลเซียส
- ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น = 0.35
- ค่ากระแสไฟฟ้า = 4.00 แอมแปร์
- ค่าความต่างศักย์ = 12.00 โวลต์
- ผลต่างอุณหภูมิด้านร้อน และด้านเย็น = 50.00 องศาเซลเซียส

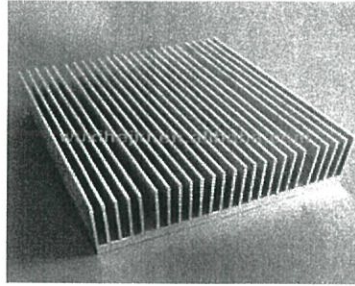


รูปที่ 4.7 แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก TEC-12704 [ภาคผนวก ข]

2. ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อนและความเย็น จำนวน 1 ชุดซึ่งประกอบด้วย

- ขนาดครีبد้านร้อน = 100*85*25 มิลลิเมตร

- ขนาดครีبد้านเย็น = 115*188*30 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.8 ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน และระบายความเย็น [2]

3. พัดลมระบายความร้อนและความเย็น ชนิดใช้แกนร่วมกัน จำนวน 1 ชุด

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านร้อน = 90.00 มิลลิเมตร

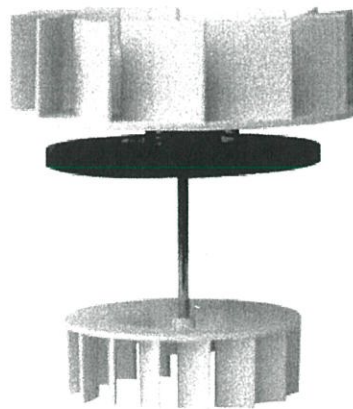
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านเย็น = 60.00 มิลลิเมตร

- อัตราการไหลของอากาศด้านเย็น = 8.27

- อัตราการไหลของอากาศด้านร้อน = 37.62

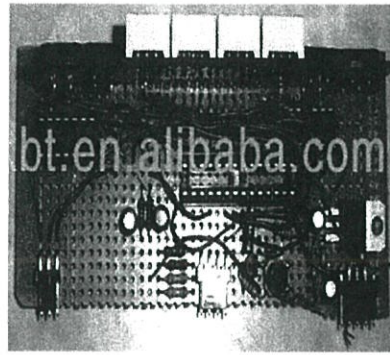
- ค่าความต่างศักย์ = 12.00 โวลต์

- ความเร็วรอบ = 2,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.9 ชุดพัดลมระบายอากาศกระแสดตรง [ภาคผนวก ข]

4. แผงวงจรควบคุมสำหรับตู้เย็นแบบเฟลเทียร์ จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 4.10 แผงวงจรควบคุม [13]

5. แผ่นเหล็กปิดประตูและด้านข้างของตู้เย็น จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 4.11 แผ่นเหล็กปิดข้างและประตูของตู้เย็น [14]

6. พลาสติกขึ้นรูปแบบสูญญากาศ ชนิด PS-106 จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 4.12 พลาสติกขึ้นรูปแบบสูญญากาศ ชนิด PS-106 [16]

7. พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น ชนิด PS จำนวน 1 ชุด



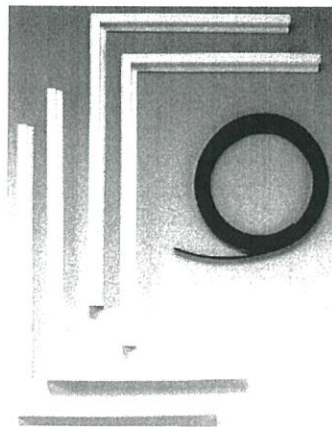
รูปที่ 4.13 พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น ชนิด PS [17]

8. ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม จำนวน 1 ชุด



รูปที่ 4.14 ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม [4]

9. ยางกันรั่วขอบประตูตู้เย็น จำนวน 1 ชุด



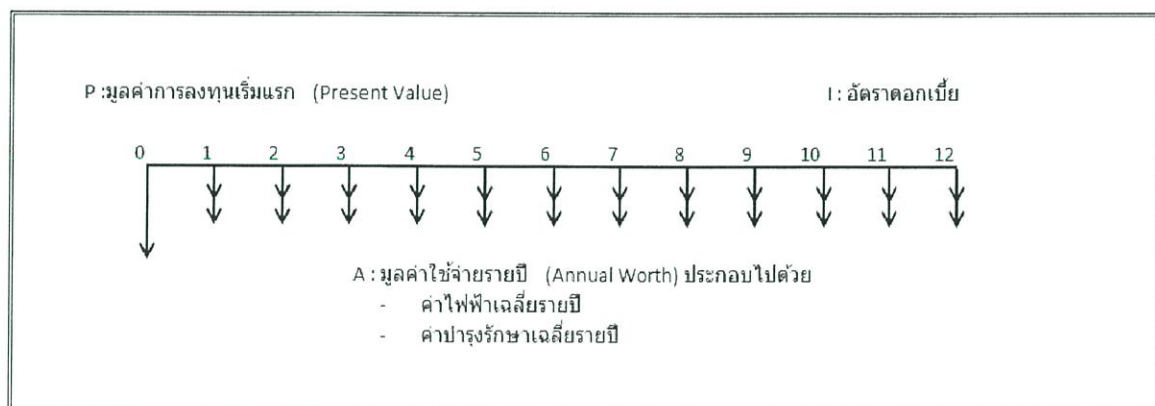
รูปที่ 4.15 ยางกันรั่วขอบประตูตู้เย็น [22]

จากรายละเอียดส่วนประกอบของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่มีขนาดปริมาตรปรับเทียบเท่ากับ 15 ลิตรนั้น สามารถที่จะกำหนดรายละเอียดส่วนประกอบของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่มีค่ามาตรฐาน เท่ากับ 3.39×10^{-2} ได้ดังนี้

1. แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 26 โมดูล (Part No. : TEC1-12704)
2. ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อนและความร้อนอย่างละ เท่ากับ 26 ชิ้น โดยต้องให้สัมพันธ์กับค่าความร้อนที่เกิดจากแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกทั้ง 26 โมดูล
3. พัดลมระบายความร้อนและความเย็น 26 ชุด โดยใช้แกนร่วมกัน หรือ สามารถใช้พัดลมระบายที่ใช้แกนแยกชุดกันได้ โดยมีรายละเอียดของอัตราการไหลของอากาศดังนี้
 - อัตราการไหลของอากาศด้านเย็นทั้งหมด = 259.02
 - อัตราการไหลของอากาศด้านร้อนทั้งหมด = 1,173.74
4. แผงวงจรควบคุมที่เหมาะสมกับการควบคุมทั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและพัดลมระบายอากาศ
5. ส่วนประกอบของโครงตู้เย็นที่สามารถรองรับอุปกรณ์ข้างต้นได้ทั้งหมดจำนวน 1 ชุด

4.3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน

การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อการตัดสินใจในการทดแทนตู้เย็นแบบอัดไอด้วยตู้เย็นแบบเพลเทียร์ เนื่องจากเป็นตัวตัดสินใจว่าการทดแทนนั้น จะมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด และสามารถดำเนินการได้หรือไม่ ซึ่งการการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินจะพิจารณาจากกระแสเงินสด (Cash Flow) ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.16 แผนภาพส่วนประกอบของกระแสเงินสด (Cash Flow)

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายโดยรวมของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบ

4.3.1.1 มูลค่าการลงทุนเริ่มแรก (Present Value: P)

ตารางที่ 4.1 มูลค่าการลงทุนเริ่มแรกของตู้เย็นแบบอัดไอ และแบบเพลเทียร์

รายการ	จำนวน	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1. ตู้เย็นแบบอัดไอ ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร	1	5,000.00
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างตู้เย็นแบบเพลเทียร์		
1) แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก (Part No. : TEC1-12704)	26	6,240.00
2) ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน	26	416.00
3) ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความเย็น	26	416.00
3) พัดลมระบายความร้อนและความเย็น ชนิดใช้แกนร่วมกัน	26	3,328.00
4) แผงวงจรควบคุมที่เหมาะสมกับการควบคุม ทั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและพัดลมระบายอากาศ	26	5,824.00
5. ส่วนประกอบของโครงตู้เย็นที่สามารถรองรับอุปกรณ์ข้างต้นได้	1	936.00

4.3.1.2 มูลค่าใช้จ่ายรายปี (Annual Worth: A)

ตารางที่ 4.2 มูลค่าใช้จ่ายรายปีของตู้เย็นแบบอัดไอ และแบบเพลเทียร์

รายการ	ค่าใช้จ่าย
1. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีต่อปริมาตรน้ำ (บาท/มิลลิเมตร) สำหรับตู้เย็นแบบอัดไอ	4.04
2. ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีต่อปริมาตรน้ำ (บาท/มิลลิเมตร) สำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์	34.08
3. ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย สำหรับตู้เย็นแบบอัดไอ	618.67
4. ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ย สำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์	-

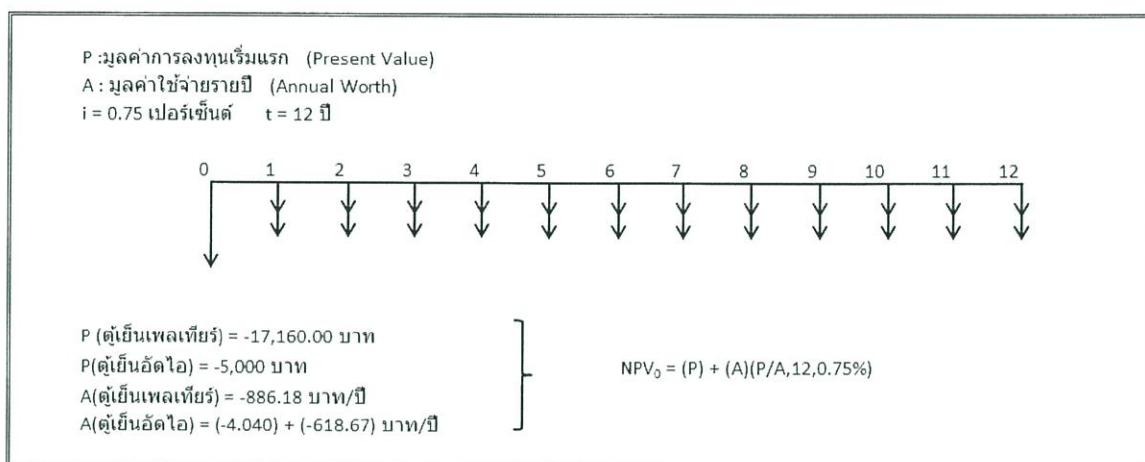
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์เฉลี่ย ที่เวลาอายุการใช้งานของตู้เย็น 0 บาท เนื่องจากตู้เย็นแบบเพลเทียร์ไม่มีระบบไหลเวียนของเหลว หรือ คอมเพรสเซอร์ จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

4.3.2 ผลการวิเคราะห์การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน

4.3.2.1 อัตราดอกเบี้ย [11]

สำหรับการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในกระแสเงินสด ทางผู้วิจัยได้ใช้อัตราดอกเบี้ยของเงินฝากออมทรัพย์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.75% ต่อปี เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้บริโภค สำหรับการเลือกซื้อตู้เย็น ในมุมมองที่ว่า ถ้าผู้บริโภคไม่เลือกซื้อตู้เย็นแบบเพเลเทียร์มาทดแทน ก็จะสามารถนำเงินไปฝากในธนาคารในรูปแบบเงินฝากออมทรัพย์ ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาระยะเวลาในการคำนวณกระแสเงินสดให้เท่ากับอายุการใช้งานของตู้เย็นแบบอัดไอ และตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12 ปี

4.3.2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)



รูปที่ 4.17 มูลค่าปัจจุบันสุทธิในกระแสเงินสดของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์และแบบอัดไอ

ข้อมูลภายในกระแสเงินสดจะแสดงเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ตัวแปรมูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์และแบบอัดไอ กับตัวแปรเปอร์เซ็นต์ของราคาแผ่นเพเลเทียร์ที่เปลี่ยนแปลงลดลง ดังแสดงในตารางที่ ก.3 และตัวแปรมูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นแบบเพเลเทียร์และแบบอัดไอ กับตัวแปรเปอร์เซ็นต์ของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance) ของแผ่นเพเลเทียร์ที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ ก.4

ค่าเงินลงทุนเริ่มแรก คือ ราคาขายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17,160 บาท สำหรับตู้เย็นแบบเพเลเทียร์ที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าเกณฑ์มาตรฐานแล้ว และราคานั้นจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเพเลเทียร์ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รายปี เท่ากับ 0 บาท และค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตร เท่ากับ 4.04 บาท และในส่วนของตู้เย็นแบบอัดไอ จะมีราคาขายเท่ากับ 5,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รายปี 618.67 บาท และค่าไฟฟ้ารายปีต่อปริมาณน้ำ 1 มิลลิลิตรต่อปี เท่ากับ 886.18 บาท

จากผลการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยเงินฝากออมทรัพย์ทั่วไปที่ 0.75 เปอร์เซ็นต์ต่อปี พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับผู้ยื่นแบบเพลเทียร์ มีค่าเท่ากับ -27,293.380บาท และ ทำการปรับลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของ ราคาแผ่นเพลเทียร์ที่เปลี่ยนแปลง และมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับผู้ยื่นแบบระบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ -12,120.588 บาท

หมายเหตุ

กำหนดให้อัตราการใช้ไฟฟ้าของแผ่นเพลเทียร์ 1 แผ่นต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร มีค่าคงที่เท่ากับ 34.08 บาทต่อปี

กำหนดให้การใช้ไฟฟ้าของผู้ยื่นแบบอัตโนมัติ 1 ตู้ต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร มีค่าคงที่เท่ากับ 4.04 บาทต่อปี

4.3.3 สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อทำการปรับประสิทธิภาพของผู้ยื่นแบบเพลเทียร์เทียบเท่าเกณฑ์มาตรฐานแล้ว และทำการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิพบว่า ผู้ยื่นแบบเพลเทียร์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเริ่มแรกเท่ากับ -27,293.380บาท ซึ่งมากกว่า ผู้ยื่นแบบระบบอัตโนมัติที่เท่ากับ -12,120.588 บาท ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางการเงินแสดงมีรายละเอียดต่างๆ ดังตารางที่ ก.3 และ ก.4

4.4 ผลการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

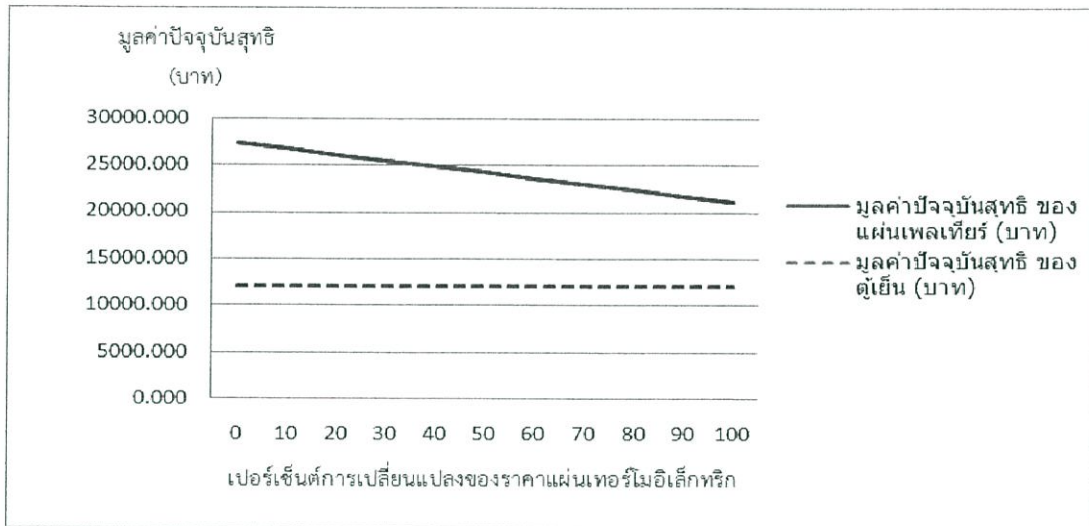
การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นการวิเคราะห์เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟ หรือ ข้อมูลตัวแปรที่สนใจทำการวิเคราะห์ตามการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรอีกตัวที่ได้ทำการกำหนดขึ้น เช่น เวลา ราคา หรือประสิทธิภาพ เป็นต้น โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นช่วงที่เท่าๆกันของ ค่าของตัวแปรที่กำหนดขึ้น เพื่อดูแนวโน้มของ ตัวแปรที่สนใจจะวิเคราะห์ การกำหนดค่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงที่กว้างหรือแคบ ขึ้นอยู่กับการกำหนดความละเอียดในการวิเคราะห์ เช่น ต้องการวิเคราะห์ตัวแปรที่สนใจให้เปลี่ยนแปลงตามตัวแปรของกาลเวลา โดยกำหนดให้ เพิ่มขึ้นหรือลดลงช่วงละ 5 ปี ก็จะเห็นแนวโน้มของเส้นกราฟ

ผลของการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจะสามารถบอกได้ว่าตัวแปรที่สนใจ มีความเกี่ยวข้องหรือส่งผลซึ่งกันและกัน รวมไปถึงจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงเป็นแนวโน้มไปในทิศทางใด เป็นต้น

ในที่นี้ ได้ทำการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ 3 ตัวแปรที่สนใจ เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุดหรือตัวแปรใดที่จะทำให้มีผลกระทบต่อตัววัดทางการเงิน หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ มากที่สุด ซึ่งจะส่งผลไปถึงความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัตโนมัติ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยการวิเคราะห์มีทั้งหมด 2 แบบดังนี้

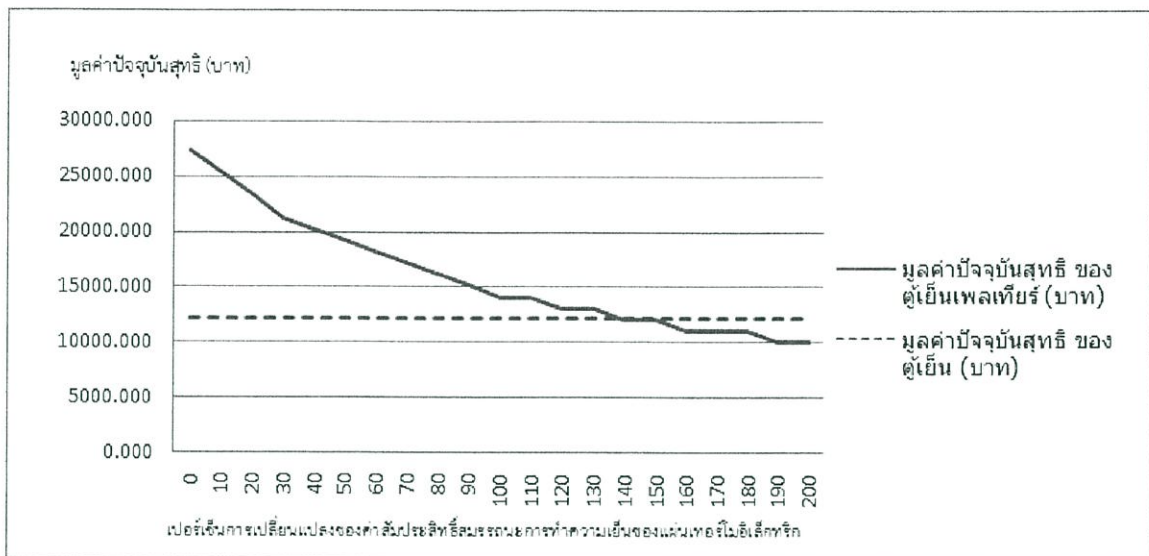
1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ลดลงช่วงละ 10 เปอร์เซ็นต์
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้นช่วงละ 10 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการกำหนดช่วงในการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น ผู้วิจัยมีความต้องการที่จะให้ข้อมูลมีความละเอียดที่เพิ่มขึ้นของตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งความละเอียดที่เลือกใช้นั้นจะให้เส้นกราฟหรือข้อมูลของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่ต่อเนื่องและง่ายต่อการวิเคราะห์ได้แม่นยำ ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ ก.3 และ ก.4 และสามารถนำข้อมูลมาที่ได้นั้น สร้างกราฟเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ดังแสดงดังรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.18 กราฟความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์ของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่ลดลง

จากรูปที่ 4.3 แสดงได้ว่าความชันของเส้นกราฟมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์ มีความชันที่ติดลบ แต่ค่าความชันเส้นกราฟของมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบระบบอัดไอนั้นมีค่าความชันเป็น 0 แสดงว่าเมื่อตัวแปรราคาของแผ่นเพลเทียร์ที่เปลี่ยนแปลงลดลงช่วงละ 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์นั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบอัดไอ และจากเส้นกราฟระหว่างตู้เย็นแบบเพลเทียร์และตู้เย็นแบบอัดไอไม่เกิดจุดที่ตัดกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ไม่ใช่ตัวแปรที่จะมีผลต่อการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ เนื่องจากไม่มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบเท่ากันได้ แม้ว่า จะทำการเปลี่ยนแปลงราคาของแผ่นเพลเทียร์ ให้ลดลงไปถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่มีราคาของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เท่ากับ 0 บาท มีค่าเท่ากับ -21,053.380 บาท และมูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นแบบอัดไอมีค่าเท่ากับ -12,120.588 บาท



รูปที่ 4.19 กราฟความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์ของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้น

จากรูปภาพที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าความชันเส้นกราฟของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์นั้นมีความชันที่ติดลบ แต่ค่าความชันเส้นกราฟของมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบอัดไอนั้นมีค่าความชันเป็น 0 แสดงว่าเมื่อตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance) ของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นช่วงละ 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์นั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ทำให้จำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปรับประสิทธิภาพของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ ให้เท่ากับค่ามาตรฐานมีจำนวนที่ลดลงตามไปด้วย แต่ไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบอัดไอ และจากเส้นกราฟระหว่างตู้เย็นแบบเพลเทียร์และตู้เย็นแบบอัดไอมียุคตัดกันที่ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นเพิ่มขึ้นประมาณ 132.77 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์ลดลงจนมีค่า -12,123.7 บาท ซึ่งประมาณเทียบเท่ากับมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบอัดไอ ซึ่งมีค่าเท่ากับ -12,120.588 บาท

เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็นทั้ง 2 ระบบเท่ากันจึงสรุปได้ว่า ค่าตัวแปรสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกต้องมีการปรับให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอีก 132.77 เปอร์เซ็นต์ จึงจะสามารถทำให้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอกุ่แทนที่ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ โดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิสำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่จะนำไปทดแทน มีค่าเท่ากับ -12,123.7 บาท และใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกจำนวน 12 แผ่น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

ความเป็นไปได้ในการทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม ด้านการเงิน และได้ทำการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในความเป็นจริง ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้

5.1.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรม

จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิควิศวกรรมพบว่า ในสถานการณ์ปัจจุบันนั้นระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ไม่สามารถที่จะทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอได้ เนื่องจากเมื่อทำการป้อนกำลังไฟฟ้าเข้าไป 1 วัตต์ ตู้เย็นแบบเพลเทียร์จะสามารถสร้างพลังงานความร้อน หรือพลังงานในการสร้างความเย็นได้ เท่ากับ 1.318×10^{-3} จูลต่อวินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ตู้เย็นแบบอัดไอที่สามารถสร้างพลังงานความร้อนหรือพลังงานได้ เท่ากับ 3.39×10^{-2} จูลต่อวินาที เพราะฉะนั้นการที่จะทำให้มีความเป็นไปได้ในการทดแทนทางด้านเทคนิควิศวกรรมในอนาคต จึงต้องทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ ให้มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นที่เทียบเท่าหรือมากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบระบบอัดไอ โดยทำการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะมาตรฐาน เท่ากับ 3.39×10^{-2} ซึ่งถูกกำหนดจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบอัดไอที่ได้ทำการทดสอบ

จากการกำหนดค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นนั้น จะทำการปรับปรุงโดยการเพิ่มจำนวนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งเดิมนั้นภายในตู้เย็นมีแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกอยู่จำนวน 1 โมดูล ฉะนั้นแล้วสำหรับการทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีค่าเทียบเท่าหรือมากกว่าค่ามาตรฐาน นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก 26 โมดูล

5.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน

จากการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินภายใต้สมมติฐาน ดังนี้ อัตราดอกเบี้ยของเงินฝากออมทรัพย์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.75% ต่อปี เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้บริโภค และพิจารณาระยะเวลาในการคำนวณกระแสเงินสดให้เท่ากับอายุการใช้งานเฉลี่ยของตู้เย็นทั้งสองระบบ ซึ่งเท่ากับ 12 ปี และทำการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิในสถานการณ์ที่ทำการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่เทียบเท่าเกณฑ์มาตรฐานแล้ว พบว่าตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเริ่มแรกเท่ากับ -27,293.380 บาท และในส่วนของตู้เย็น

แบบอัดไอเท่ากับ -12,120.588 บาท ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตู้เย็นแบบเพลเทียร์มีค่าใช้จ่ายที่มากกว่าตู้เย็นแบบอัดไอ เพราะฉะนั้นแล้วในสถานการณ์ปัจจุบันแสดงได้ว่าความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ไม่สามารถที่จะทดแทนระบบทำความเย็นแบบอัดไอได้

5.1.3 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจะวิเคราะห์ตัวแปร 2 ค่าดังนี้ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก เทียบกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยในการวิเคราะห์ได้กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ละหนึ่งตัวแปร เพื่อดูแนวโน้มว่าตัวแปรใดมีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากมีผลต่อความเป็นไปได้ในการทดแทน โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทุกตัวที่ \pm ครึ่งละ 10% ของตัวแปรเดิม ไปจนถึง 200% ผลของการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการทดแทนมากที่สุดคือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งจะต้องทำการปรับให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 132.77 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่า 0.8147 จากค่าเดิม 0.35 จึงจะสามารถทำให้ระบบทำความเย็นแบบอัดไอถูกแทนที่ในอนาคตด้วยระบบทำความเย็นแบบเพลเทียร์ได้ โดยตู้เย็นแบบเพลเทียร์จะใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกประมาณ 12 โมดูล

5.2 ข้อเสนอแนะ

ถ้าหากผู้ที่ต้องการทำวิจัยลักษณะคล้ายๆนี้ ทางผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. จากการทดสอบตู้เย็นแบบเพลเทียร์ที่ทางผู้วิจัยได้ทดสอบนั้น ถ้าหากการควบคุมอุณหภูมิภายนอกหรืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสำหรับการทดลองไม่ดีนั้น จะมีผลต่ออุณหภูมิภายในตู้เย็นแบบเพลเทียร์อย่างมาก เพราะฉะนั้นจะต้องทำการควบคุมปัจจัยอย่างเข้มงวด
2. จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกและราคาของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น ทางผู้จัดทำได้ตั้งสมมติฐานให้ 2 ปัจจัยนี้มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง เพราะฉะนั้นแล้วควรทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัยนี้ตามสถานการณ์จริง
3. สำหรับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงินในที่นี่ได้ทำการวิเคราะห์ในมุมมองของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาในเชิงของการผลิตหรือมองในมุมมองของผู้ผลิตด้วย เพื่อที่จะสามารถเป็นแนวทางในการนำเสนอเพื่อการพัฒนาในอุตสาหกรรมทำความเย็นได้ต่อไป

หนังสืออ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). ประกาศอธิบดีกรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ หลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข วัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน (ฉบับที่ ๑) พ.ศ. ๒๕๕๖. วันที่ค้นข้อมูล 9 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์:
http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=202:2010-06-11-04-21-41&catid=96:2010-04-21-08-11-39&Itemid=132
- [2] ครีบอลูมิเนียมสำหรับระบายความร้อน และระบายความเย็น. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/550940204/Aluminum_heat_sink.html
- [3] เจริญพร เลิศสถิตธนกร และวิชาญ ศรีสุวรรณ. (2547). การศึกษาเชิงทดลองของฝ้าเพดานทำความเย็นแบบเทอร์โมอิเล็กทริก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18 วันที่ 18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัดขอนแก่น
- [4] ฉนวนความร้อนโพลียูรีเทนโฟม. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/580832053/refrigerator_polyurethane_foam.html
- [5] ชัยพล เฟ่งพิศ, ดนุชา ประเสริฐสม และทวีพล ชื่อสัตย์. (2555). การศึกษาเซลล์กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากความร้อนที่เหลือใช้ที่ได้จากกักดับไอน้ำโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก. ปรินูญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] ตู้เย็นเล็ก. วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2556, เว็บไซต์:
<http://www.lnwmarket.com/%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%A2%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%88%E0%B8%B4%E0%B9%8B%E0%B8%A7-%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B9%89%E0%B8%A2%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%81-%E0%B8%A3%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%9916f-%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%8A%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B9--s101567p77>
- [7] ตู้เย็นแบบส่วนช่องแช่เย็นอยู่ด้านบน ช่องแช่แข็งอยู่ด้านล่าง. วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2556, เว็บไซต์:
<http://pantip.com/topic/30461933>
- [8] ตู้เย็นแบบประตูฝรั่งเศส. วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2556, เว็บไซต์:
<http://www.chirpydesign.com/%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%A2%E0%B9%87%E0%B8%99-lg-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-door-in-door/>

- [9] อ่างรงค์ สวัสดิ์วรกุลกุล. (2545). ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนนำเครื่องพิมพ์ผ้าตัวอย่างระบบใหม่แบบดิจิทัลมาทดแทนระบบเก่าแบบซิลค์สกรีน เพื่อลดรอบเวลาในการผลิต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [10] ธนภัทร ชีระประภาวงศ์, วงพลอย วัฒนะโชติ และสินชัย เพิ่มพูน. (2551). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจัดตั้งสถานีบริการก๊าซธรรมชาติ บนถนนฉลองกรุง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [11] บริษัท ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน). (2556). อัตราดอกเบี้ยเงินฝากสกุลเงินบาท. วันที่ค้นข้อมูล 16 ธันวาคม 2556, เว็บไซต์:
<http://www.ktb.co.th/ktb/th/rates.aspx?cid=bsTL2OSZJu5o2uHSwfB%2flg%3d%3d>
- [12] ผศ. สมโภชน์ โกมลมนี. ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้. บทที่ 2 การทำความเย็นและเครื่องทำความเย็น. วันที่ค้นข้อมูล 29 มิถุนายน 2556, เว็บไซต์:
<http://coursewares.mju.ac.th:81/e-learning47/section2/ft446/lass0207.html>
- [13] แผงวงจรควบคุม สำหรับตู้เย็นแบบเพลเทียร์. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/1272191020/Peltier_Control_Board_flying_probe_tester.html
- [14] แผ่นเหล็กปิดประตูและด้านข้างของตู้เย็น. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/729457242/Top_Brand_Hexing_Precoated_Sheet_For.html
- [15] พรรณิภา มั่งลิ้ม, ลภัสสร เจียงวรีวงศ์ และวรรณระ อัครวมหาศักดา. (2553). การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบการจัดสินค้าแบบเก็บตามแสงมาใช้ในศูนย์กระจายสินค้าควบคุมอุณหภูมิ กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี จำกัด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [16] พลาสติกขึ้นรูปแบบสูญญากาศ. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/1475088807/OEM_design_plastic_refrigerator_inner_container.html
- [17] พลาสติกปิดด้านบนตู้เย็น. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์:
http://www.alibaba.com/product-gs/202033984/Refrigerator_Fridge_Frame_Refrigerator_s_Plastic.html
- [18] ภาณุพงศ์ ศิริกุล. (2553) การทดสอบวิเคราะห์ระบบระบายความร้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยแผ่นเพล-เทียร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

- [19] ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็น. วันที่ค้นข้อมูล 29 มิถุนายน 2556, เว็บไซต์: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Refrigeration/Website/unit4_1.htm
- [20] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. บทที่ 7 เรื่อง ความร้อน. วันที่ค้นข้อมูล 29 มิถุนายน 2556, เว็บไซต์: <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/nuch/introphysics/7.pdf>
- [21] มลทินนี้ ตรีสอน. (2551). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการผลิตไบโอดีเซลแบบชุมชน. ปรินุณยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [22] ยางกันรั้วขอบประตูเย็น. วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์: http://hhl.tarad.com/product_181804.664497_th
- [23] ระบบทำความเย็น (Refrigeration System). วันที่ค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์: http://refrigerations.blogspot.com/2012_01_01_archive.html
- [24] สรรสกุล พิภูลเคหา. (2544). การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนนำระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการดำเนินธุรกิจโรงแรม กรณีศึกษา โรงแรมเชียงใหม่ออกิต. ปรินุณยานิพนธ์ศิลปศาสตร์ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [25] สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์: http://www.kroobannok.com/news_file/p74725231323.pdf
- [26] หลทัย มินะพันธ์. (2544). หลักการวิเคราะห์โครงการ ทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [27] Anthony Tarquin, P.E. and Leland Blank, P.E. (2012). Engineering Economy. 7th Edition. Singapore: McGraw-Hill
- [28] Cost to repair a refrigerator. วันที่ค้นข้อมูล 11 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์: http://www.homewyse.com/services/cost_to_repair_refrigerator.html
- [29] E-Learning E-Tech. หน่วยที่ 5 วิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. เรื่อง กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า. วันที่ค้นข้อมูล 10 พฤศจิกายน 2556, เว็บไซต์: <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek7.htm>
- [30] Refrigerator. วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2556, เว็บไซต์: https://www.google.co.th/search?q=%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%A2%E0%B9%87%E0%B8%99+1+%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%95%E0%B8%B9&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=YjYWU4DHLWZiQelkGIAQ&sqi=2&ved=0CCcQsAQ&biw=1366&bih=643#q=refrigerator&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=Aaz_oQXlpjlc0M%253A%3B5o9ovkEWe421qM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.sharp-

cee.com%252Fsharp%252Fassets%252Finternet%252Fassets%252Fimages%252Fimg-P-refrigerator-SJ-GC700V-BK-f-op-food_gross.JPG%3 Bhttp%253A%252F%252Fwww.sharp-
cee.com%252Fcps%252Frde%252Fchg%252Fscee%252Fhs.xsl%252F-
%252Fhtml%252Fexceptionally-spacious--new-sharp-refrigerators-with-satisfyingly-larg
ge-capacity.htm%3B4080%3B5436

[31] Peltier Fridge. วันที่ค้นข้อมูล 6 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์:

http://www.google.co.th/imgres?biw=1366&bih=600&tbm=isch&tbnid=EvlcFVrbBb8QiM%3A&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.profisica.cl%2Fcomofuncionan%2Fcomo.php%3Fid%3D15&docid=Fbh_6ZiuaceaOM&imgurl=http%3A%2F%2Fwww.profisica.cl%2Fcomofuncionan%2FPeltierRefrigerator.JPG&w=1600&h=1200&ei=YyUWU9XIJSTlAWpvIGQCg&zoom=1&ved=0CJIBEIQcMBM&iact=rc&dur=3023&page=2&start=12&ndsp=18

[32] Side-by-side refrigerator. วันที่ค้นข้อมูล 15 ตุลาคม 2556, เว็บไซต์:

<http://www.tlbox.com/category/refrigerators/side-by-side/>

[33] Thermoelectric Cooling. Peltier elements all conform to a universal identification specification.

วันที่ค้นข้อมูล 10 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์: http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_cooling

[34] Thermoelectric (Direction). วันที่ค้นข้อมูล 6 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์:

https://www.google.co.th/search?q=thermoelectric&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=RR4WU86QK4_OkgWa-lGwCw&sqi=2&ved=0CAcQ_AUoAQ&biw=573&bih=548#q=thermoelectric+peltier+direction&tbm=isch&facrc=_&imgdii=_&imgrc=glWiGU3o1-C5lM%253A%3BKCHftPYKexJ7jM%3Bhttp%253A%252F%252Fjesus.fablabbcn.org%252Fwp-content%252Fuploads%252F01%252FPeltier_cell_assembly_LMB.png%3Bhttp%253A%252F%252Fjesus.fablabbcn.org%252Fhello-world%252F%3B546%3B388

[35] Tellurex Corporation. Frequently Asked Questions About Our Cooling And Heating Technology.

วันที่ค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2556, เว็บไซต์: <http://www.tellurex.com/technology/peltier-faq.php>

[36] TEM Construction. Thermoelectric (Peltier) cooler. วันที่ค้นข้อมูล 6 กรกฎาคม 2556, เว็บไซต์:

<http://kryothermtec.com/tem-construction.html>

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลข้อมูล

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองของตู้เย็นแบบระบบเฟลทีย์ร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร

ลำดับที่	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ , A)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์ , Watt)	พลังงานทำความเย็น (กิโลจูล , kJ)
1	0	26.0	0.2782	61.2040	0.0000
2	900	24.5	0.2726	59.9720	0.3140
3	1800	22.0	0.2564	56.4080	0.5234
4	2700	19.5	0.2606	57.3320	0.5234
5	3600	17.1	0.2779	61.1380	0.5024
6	4500	15.5	0.2604	57.2880	0.3350
7	5400	14.0	0.2781	61.1820	0.3140
8	6300	13.5	0.2781	61.1820	0.1047
9	7200	12.5	0.2771	60.9620	0.2094
10	8100	11.0	0.2699	59.3780	0.3140
11	9000	11.0	0.2683	59.0260	0.0000
12	9900	10.5	0.2739	60.2580	0.1047
13	10800	10.0	0.2623	57.7060	0.1047
14	11700	10.0	0.2592	57.0240	0.0000
15	12600	10.0	0.2750	60.5000	0.0000
16	13500	9.8	0.2758	60.6760	0.0419
17	14400	9.5	0.2742	60.3240	0.0628
18	15300	9.3	0.2718	59.7960	0.0419
19	16200	9.1	0.2702	59.4440	0.0419
20	17100	9.1	0.2669	58.7180	0.0000
21	18000	9.0	0.2785	61.2700	0.0209
22	18900	9.0	0.2647	58.2340	0.0000
23	19800	9.0	0.2683	59.0260	0.0000
24	20700	9.0	0.2653	58.3660	0.0000
25	21600	9.0	0.2717	59.7740	0.0000
26	22500	8.8	0.2692	59.2240	0.0419
27	23400	8.8	0.2875	63.2500	0.0000
28	24300	8.8	0.2667	58.6740	0.0000
29	25200	8.6	0.2576	56.6720	0.0419
30	26100	8.6	0.2430	53.4600	0.0000
31	27000	8.6	0.2597	57.1340	0.0000
32	27900	8.6	0.2663	58.5772	0.0000
33	28800	8.6	0.2552	56.1440	0.0000
34	29700	8.6	0.2736	60.1920	0.0000
35	30600	8.4	0.2943	64.7460	0.0419
36	31500	8.4	0.2699	59.3780	0.0000
37	32400	8.4	0.2719	59.8180	0.0000
38	33300	8.4	0.2785	61.2700	0.0000
39	34200	8.2	0.2538	55.8360	0.0419
40	35100	8.2	0.2693	59.2460	0.0000
41	36000	8.2	0.2684	59.0480	0.0000

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองของตู้เย็นแบบระบบเฟลทีย์ร์ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 15 ลิตร (ต่อ)

ลำดับที่	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ , A)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์ , Watt)	พลังงานทำความเย็น (กิโลจูล , kJ)
42	36900	8.2	0.2651	58.3220	0.0000
43	37800	8.0	0.2629	57.8380	0.0419
44	38700	7.8	0.2871	63.1620	0.0419
45	39600	7.8	0.2639	58.0580	0.0000
46	40500	7.5	0.2778	61.1160	0.0628
47	41400	7.5	0.2747	60.4340	0.0000
48	42300	7.5	0.2490	54.7800	0.0000
49	43200	7.2	0.2661	58.5420	0.0628
50	44100	7.2	0.2651	58.3220	0.0000
51	45000	7.0	0.2499	54.9780	0.0419
52	45900	7.0	0.2726	59.9720	0.0000
53	46800	7.0	0.2974	65.4280	0.0000
54	47700	6.9	0.2692	59.2240	0.0209
55	48600	6.8	0.2681	58.9820	0.0209
56	49500	6.8	0.2674	58.8280	0.0000
57	50400	6.6	0.2744	60.3680	0.0419
58	51300	6.4	0.2665	58.6300	0.0419
59	52200	6.0	0.2781	61.1820	0.0837
60	53100	5.8	0.2712	59.6640	0.0419
61	54000	5.8	0.2770	60.9400	0.0000
62	54900	5.5	0.2713	59.6860	0.0628

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองของตู้เย็นแบบระบบอัดไอ ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร

ลำดับที่	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ , A)	กำลังไฟฟ้า* (วัตต์ , Watt)	พลังงานทำความเย็น (กิโลจูล , kJ)
1	0	26	0.4492	98.8233	0.0000
2	300	25.5	0.4738	104.2433	0.9798
3	900	24.5	0.4346	95.6094	1.9595
4	1800	21.8	0.3724	81.9381	5.2907
5	2280	20	0.4407	96.9485	3.5271
6	2700	19.4	0.3722	81.8897	1.1757
7	3420	18	0.4445	97.7924	2.7433
8	3600	17.5	0.3859	84.9004	0.9798
9	3780	17.2	0.3704	81.4902	0.5879
10	4500	15.5	0.0000	0.0000	3.3312
11	4560	15.5	0.4376	96.2768	0.0000
12	4920	14.8	0.3718	81.7854	1.3717
13	5400	14	0.0000	0.0000	1.5676
14	5580	13.8	0.4221	92.8583	0.3919
15	5880	13	0.4716	103.7590	1.5676
16	6300	12.5	0.0000	0.0000	0.9798
17	6600	12.3	0.4238	93.2301	0.3919
18	6900	11.9	0.3676	80.8775	0.7838
19	7200	11.5	0.0000	0.0000	0.7838
20	8100	10.5	0.0000	0.0000	1.9595
21	8400	10.4	0.4523	99.4992	0.1960
22	8820	10	0.3716	81.7582	0.7838
23	9000	10	0.0000	0.0000	0.0000
24	9900	9.5	0.0000	0.0000	0.9798
25	10140	9	0.4570	100.5374	0.9798
26	10500	8.8	0.3735	82.1594	0.3919
27	10800	8.7	0.0000	0.0000	0.1960
28	11700	8	0.0000	0.0000	1.3717
29	11760	8	0.4476	98.4786	0.0000
30	12120	7.9	0.3697	81.3386	0.1960
31	12600	7.5	0.4651	102.3150	0.7838
32	13500	7.2	0.4710	103.6308	0.5879
33	13620	7.2	0.4572	100.5822	0.0000
34	13980	7	0.3745	82.3946	0.3919
35	14400	6.8	0.0000	0.0000	0.3919
36	14520	6.8	0.4448	97.8641	0.0000
37	14880	6.5	0.3639	80.0529	0.5879
38	15300	6.1	0.0000	0.0000	0.7838
39	15660	6	0.4404	96.8988	0.1960
40	16020	5.9	0.3602	79.2392	0.1960
41	16200	5.9	0.5104	112.2889	0.0000

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองของตู้เย็นแบบระบบอัดไอ ขนาดปริมาตรปรับเทียบ 140.3 ลิตร (ต่อ)

ลำดับที่	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ , A)	กำลังไฟฟ้า* (วัตต์ , Watt)	พลังงานทำความเย็น (กิโลจูล , kJ)
42	16800	5.9	0.4418	97.1967	0.0000
43	17100	5.6	0.3588	78.9345	0.5879
44	18000	5.5	0.4436	97.5841	0.1960

ดอกเบี้ย (i)	=	0.75%
--------------	---	-------

ต้นทุนเริ่มแรก :

	(บาท/ต่อชิ้น)	(บาท/26ชิ้น)
ราคาแผ่นครีบอลูมิเนียมระบายความร้อน 26 แผ่น	16	416
ราคาแผ่นครีบอลูมิเนียมระบายความเย็น 26 แผ่น	16	416
ราคาพัดลมระบายอากาศกระแสดวง 26 ชุด	128	3328
ราคาแผงควบคุมหลักและย่อย 26 ชุด	224	5824
รวม	384	9984
ราคาโครงตู้เย็นปริมาตร 140.3(5 คิวบิกฟุต)	936	936
	1320	10920

ค่าไฟฟ้าต่อปีปรับเทียบต่อปริมาตร 140.3 ลิตร	50,468 มิลลิลิตร	1 ลิตร	1มิลลิลิตร
ตู้เย็นเพอเทียร์	1704.19	34083.80	34.08
ตู้เย็นระบบอัดไอ	1890.62	4042.64	4.04

ค่า COP ของตู้เย็นแบบอัดไอ	=	0.0339
ค่า COP ของตู้เย็นแบบเพอเทียร์	=	0.0013

หมายเหตุ การปรับเทียบให้ปรับเทียบเป็นค่าไฟฟ้าต่อชุดของแผ่นเพอเทียร์

ตารางที่ ก.3 ซึ่งจะแสดงผลของมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของราคาแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

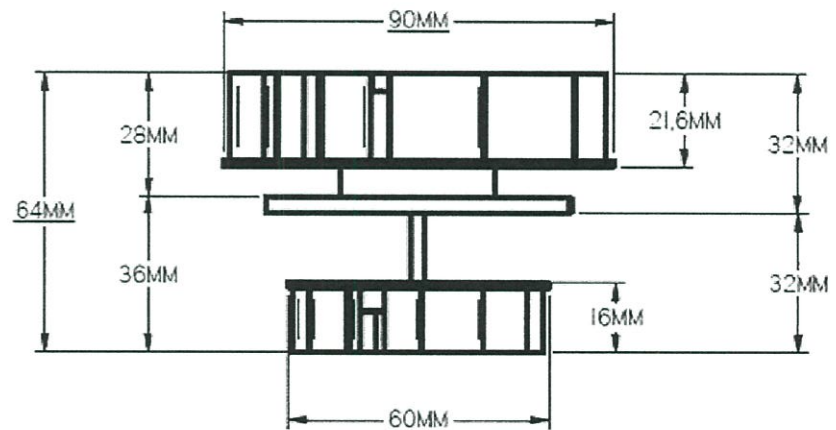
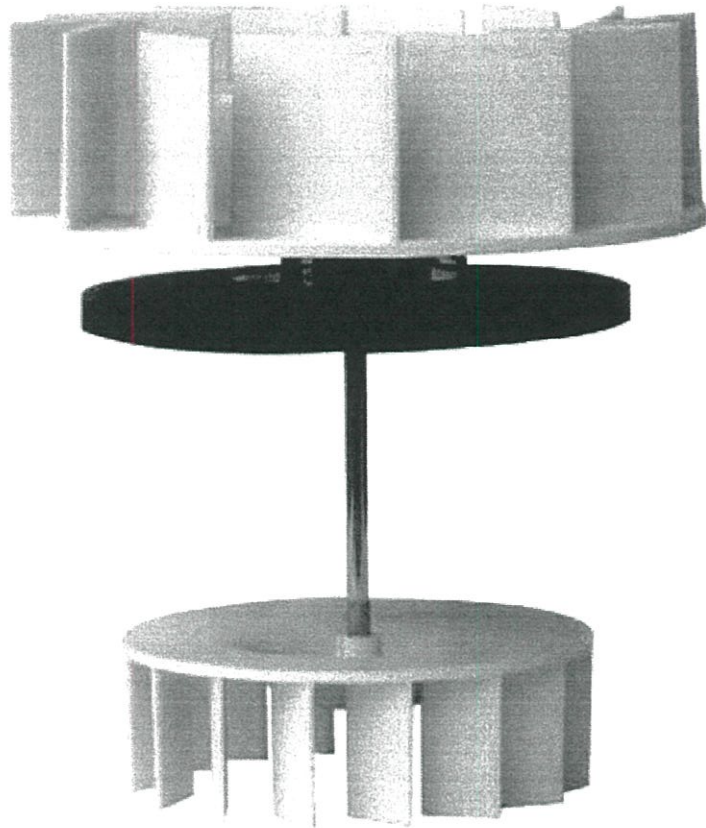
เปอร์เซ็นต์ราคาแผ่นเพอเทียร์ที่ลดลง	ราคาเพอเทียร์สุทธิ (บาท/แผ่น)	ต้นทุนเริ่มแรก(P) ของตู้เย็นเพอเทียร์(บาท)	ต้นทุนเริ่มแรก(P) ตู้เย็น(บาท)	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา(A) ของตู้เย็นเพอเทียร์ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา(A) ตู้เย็น(บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี(A) ของตู้เย็นเพอเทียร์ (บาท/ปีmL)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี(A) ตู้เย็น(บาท/ปีmL)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของแผ่นเพอเทียร์ (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิของตู้เย็น (บาท)
0	240	-17160	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-27293.380	-12120.588
10	216	-16536	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-26669.380	-12120.588
20	192	-15912	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-26045.380	-12120.588
30	168	-15288	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-25421.380	-12120.588
40	144	-14664	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-24797.380	-12120.588
50	120	-14040	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-24173.380	-12120.588
60	96	-13416	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-23549.380	-12120.588
70	72	-12792	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-22925.380	-12120.588
80	48	-12168	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-22301.380	-12120.588
90	24	-11544	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-21677.380	-12120.588
100	0	-10920	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.040	-21053.380	-12120.588

ตารางที่ ก 4 ซึ่งจะแสดงมูลค่าปัจจุบันสุทธิและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริก

เปอร์เซ็นต์ค่า COP ของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกที่เพิ่มขึ้น	ค่า COP ของ แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกสุทธิ	เปอร์เซ็นต์ค่า COP ของตู้เย็น	จำนวนเท่าของค่า COP ที่ปรับเทียบ	จำนวนแผ่นเทอร์โม อิเล็กทริก(ชิ้น)	ต้นทุนเริ่มแรกของ(P) ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก(บาท)	ต้นทุนเริ่มแรก(P) ของตู้เย็น(บาท)	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา(A) ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา(A) ตู้เย็น(บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี(A) ตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (บาท/ปีmL)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปี(A) ตู้เย็น(บาท/ปีmL)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของตู้เย็นเทอร์โมอิเล็กทริก (บาท)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของตู้เย็น (บาท)
0	0.350	0.00132	25.7	26	-17160	-5000	0	-618.67	-886.18	-4.04	-27293.380	-12120.588
10	0.385	0.00145	23.3	24	-15912	-5000	0	-618.67	-818.01	-4.04	-25265.889	-12120.588
20	0.420	0.00158	21.4	22	-14664	-5000	0	-618.67	-749.84	-4.04	-23238.398	-12120.588
30	0.455	0.00172	19.8	20	-13416	-5000	0	-618.67	-681.68	-4.04	-21210.907	-12120.588
40	0.490	0.00185	18.3	19	-12168	-5000	0	-618.67	-613.51	-4.04	-19183.417	-12120.588
50	0.525	0.00198	17.1	18	-11544	-5000	0	-618.67	-545.34	-4.04	-17155.926	-12120.588
60	0.560	0.00211	16.1	17	-10920	-5000	0	-618.67	-477.17	-4.04	-15128.435	-12120.588
70	0.595	0.00224	15.1	16	-10296	-5000	0	-618.67	-409.01	-4.04	-13100.944	-12120.588
80	0.630	0.00238	14.3	15	-9672	-5000	0	-618.67	-340.84	-4.04	-11073.454	-12120.588
90	0.665	0.00251	13.5	14	-9048	-5000	0	-618.67	-272.67	-4.04	-9045.963	-12120.588
100	0.700	0.00264	12.8	13	-8424	-5000	0	-618.67	-204.51	-4.04	-7018.472	-12120.588
110	0.735	0.00277	12.2	13	-8424	-5000	0	-618.67	-136.34	-4.04	-4990.981	-12120.588
120	0.770	0.00290	11.7	12	-7800	-5000	0	-618.67	-68.18	-4.04	-2963.490	-12120.588
130	0.805	0.00304	11.2	12	-7800	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	-935.999	-12120.588
140	0.840	0.00317	10.7	11	-7176	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	1011.508	-12120.588
150	0.875	0.00330	10.3	11	-7176	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	2044.017	-12120.588
160	0.910	0.00343	9.9	10	-6552	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	3076.526	-12120.588
170	0.945	0.00356	9.5	10	-6552	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	4109.035	-12120.588
180	0.980	0.00370	9.2	10	-6552	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	5141.544	-12120.588
190	1.015	0.00383	8.9	9	-5928	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	6174.053	-12120.588
200	1.050	0.00396	8.6	9	-5928	-5000	0	-618.67	0.00	-4.04	7206.562	-12120.588

ภาคผนวก ข

เอกสารมาตรฐาน



ชุดพัดลมระบายอากาศแกนร่วมกระแสดตรง

Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12704

Description

The 127 couples, 40 mm × 40 mm size module which is made of selected high performance ingot to achieve superior cooling performance and greater delta T up to 70 °C, designed for superior cooling and heating up to 100 °C applications. If higher operation or processing temperature is required, please specify, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

Features

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

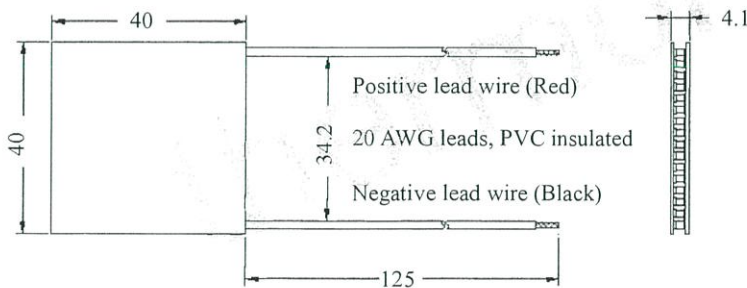
Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems

Performance Specification Sheet

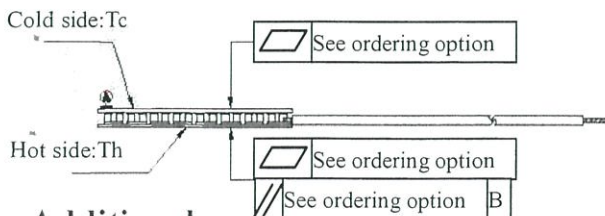
Th(°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N ₂
DT _{max} (°C)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U _{max} (Voltage)	16	17.2	Voltage applied to the module at DT _{max}
I _{max} (amps)	4.9	4.9	DC current through the modules at DT _{max}
Q _{Cmax} (Watts)	49.2	53.4	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 °C
AC resistance(ohms)	2.4~2.7	2.5~3.0	The module resistance is tested under AC

Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



Sealing Option

Suffix	Sealant
NS	No sealing
SS	Silicone sealant
EPS	Epoxy
OS	Customer specify sealing other than above



Additional

Ceramic material: Alumina (Al₂O₃, white 96%)
Solder tinning: Bismuth Tin (BiSn) M.P. 138 °C

Ordering Option

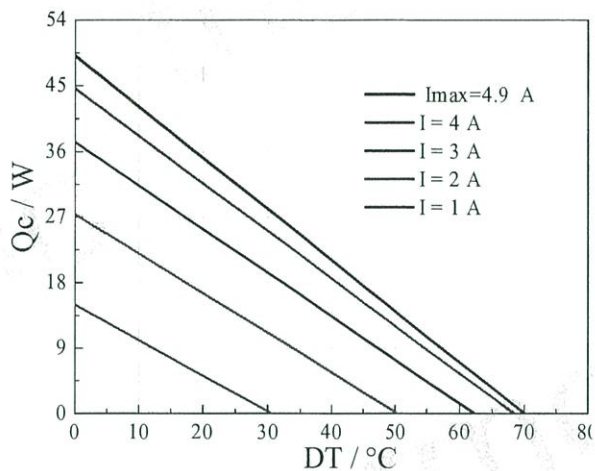
Suffix	Thickness (mm)	Flatness/ Parallelism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0:4.1±0.1	0:0.035/0.035	125±1/Specify
TF	1:4.1±0.05	1:0.025/0.025	125±1/Specify
TF	2:4.1±0.03	2:0.015/0.015	125±1/Specify

Eg. TF0: Thickness 4.1 ± 0.1 (mm) and Flatness 0.035/0.035 (mm)

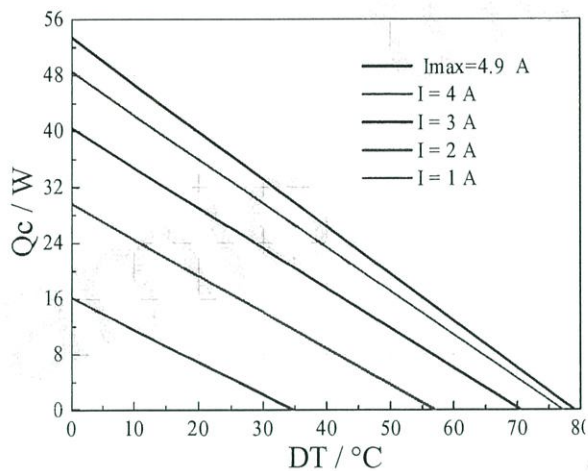
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12704

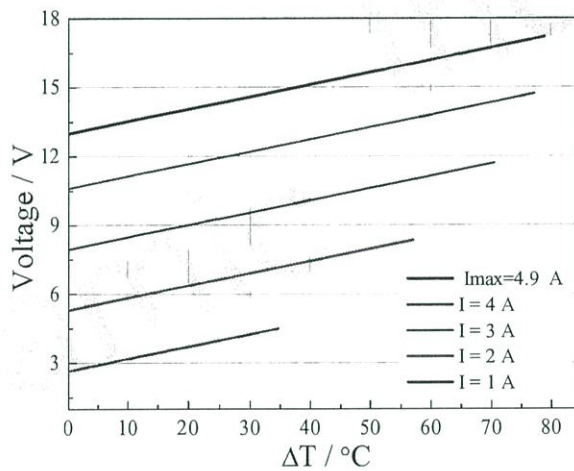
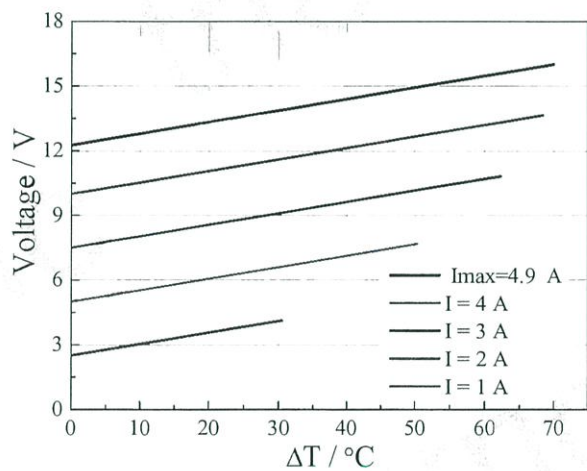
Performance Curves at $T_h=27\text{ }^\circ\text{C}$



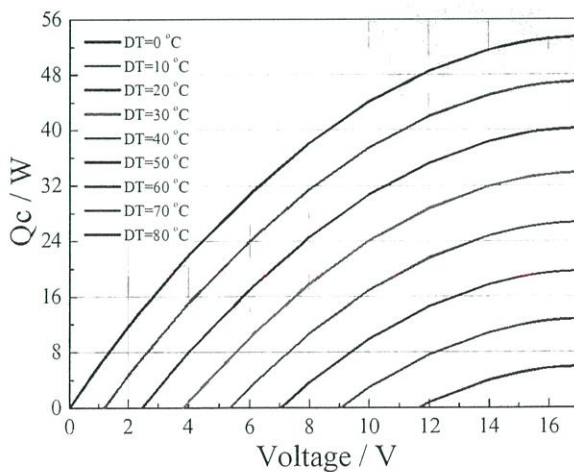
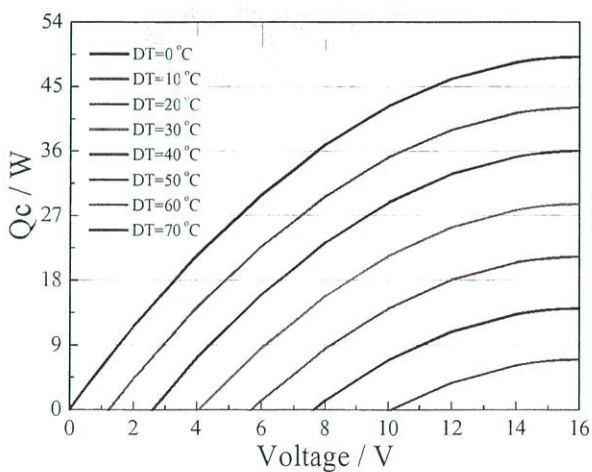
Performance Curves at $T_h=50\text{ }^\circ\text{C}$



Standard Performance Graph $Q_c = f(DT)$



Standard Performance Graph $V = f(\Delta T)$

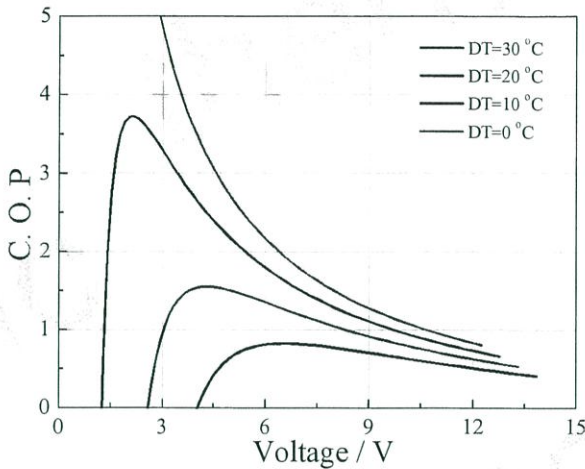


Standard Performance Graph $Q_c = f(V)$

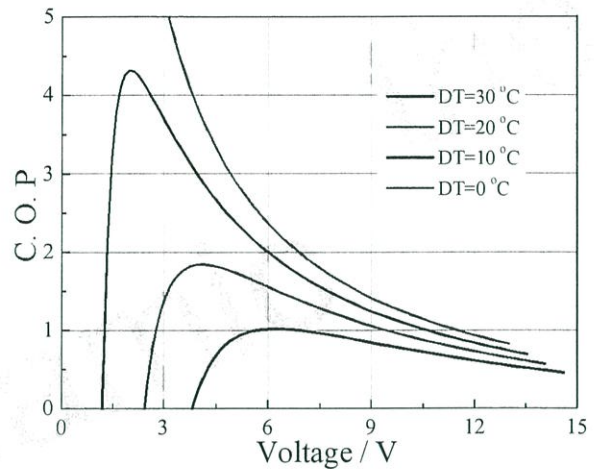
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-12704

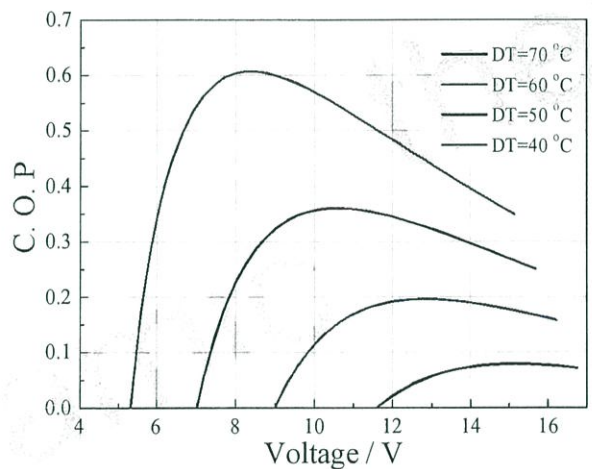
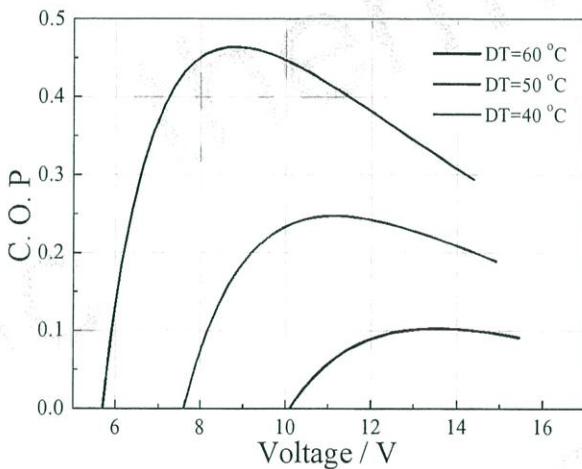
Performance Curves at Th=27 °C



Performance Curves at Th=50 °C



Standard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 0 to 30 °C



Standard Performance Graph COP = f(V) of ΔT ranged from 40 to 60/70 °C

Remark: The coefficient of performance (COP) is the cooling power Q_c /Input power ($V \times I$).

Operation Cautions

- Cold side of the module stucked on the object being cooled
- Hot side of the module mounted on a heat radiator
- Operation or storage module below 100 °C
- Operation below I_{max} or V_{max}
- Work under DC

ENERGY EFFICIENCY RATING FOR REFRIGERATOR-FREEZERS

R. Saidur and H.H. Masjuki

Department of Mechanical Engineering, University of Malaya

ABSTRACT

As refrigerator-freezers are one of the major energy consuming appliances in the household environment, a great deal of attention has been paid to improving their efficiency throughout the world. In order to reduce their energy consumption, cost-effectiveness policy and strategies such as energy efficiency standards and labels are in place for a number of countries and a number of countries are in the process of establishing these strategies. As a part of standards and labels, an appliance grading or rating system must be established to show the products' performance in a most comprehensive way. The grading or rating system provides to the consumers a clear idea about the products' energy performance. This paper focuses mainly on different ways of grading or rating household refrigerator-freezers using current data in Malaysia.

1. INTRODUCTION

Refrigerator-freezers are one of the bulk energy users in the residential sector of Malaysia as this appliance has to operate 24 hours continuously.

Ownership of these appliances increases tremendously for the past numbers of years due to rapid economic growth leading to for improved living style and comfort [1-6]. A number of policies and strategies (i.e. standards and labels) are in place for some countries and are in the process of being developed them in some other countries in order to make there appliance more efficient in order to reduce their energy consumption. These energy savings policies have been proved to be cost effective for most and those countries that have implemented them.

Along with the energy test procedure, energy efficiency standards and labels, grading or rating criteria for these appliances must be established to arrive at an accurate idea of a product's energy performance.

A number of authors, in international journals, at conferences, seminars, presentations at workshops etc. have focused on energy test procedure, efficiency standards, and labels, and the associated potential energy savings and environmental conservation as a result of the introduction of these policies and strategies [6-8]. But different ways of grading or rating of these appliances not been discussed to that extent. The authors' is to present here different rating systems in a most simplified manner in order to overcome this lack of debate on grading/rating systems.

2. COMPUTATION OF ENERGY EFFICIENCY FACTOR

2.1 Calculation of energy efficiency factor (EEF) and energy efficiency ratio (EER)

$$EEF = \frac{\text{Adjusted volume (Liter)}}{\text{Energy consumption (kWh/24h)}}$$

$$\text{Adjusted volume} = [FFV + FZV] * K * F_c$$

FFV = fresh food compartment volume

FZV = freezer compartment volume

K = adjustment factor

F_c = frost free factor

$$K = \frac{\text{Test room temperature} - \text{Freezer compartment temperature}}{\text{Test room temperature} - \text{Fresh food compartment temperature}}$$

$$EER = \frac{\text{Energy consumption (kWh/year)}}{\text{Adjusted volume (Liter)}}$$

2.2 Coefficient of performance (COP):

COP of a refrigerator can be defined as

$$COP = \frac{\text{Cooling effect}}{\text{Work input (to compressor)}}$$

COP of a refrigerator-freezer can be found using the compressor calorimeter measurements have been explained below:

Nine-point calorimeter measurements can be used to determine the performance of compressors. In this procedure, compressor operating characteristics, including refrigeration capacity/cooling effect and COP of a compressor, are determined at each point in a matrix of 110°F (43.3°C), 120°F (48.9°C), and 130°F (54.4°C) condensing temperatures and -20°F (-28.9°C), -10°F [-23.3°C], and 0°F (-17.8°C) evaporating temperatures.

Also specified in the test procedure is a 90°F (32.2°C), ambient temperature based on US standard and ISO) for the compressor, superheating of the suction gas to 90°F (32.2°C), and sub-cooling of the liquid refrigerant line to 90°F (32.2°C) before throttled expansion [11]. The data summary is shown in Table 1.

2.3 Calculating energy efficiency index using statistical analysis

The statistical method is based on market research into the given appliance. The statistical approach requires fewer data and less analysis. The data required are those that give a current characterization of marketplace for the products concerned. A standard level can then be selected after a decision is made as to the energy savings goal and or the number of models that it is acceptable to eliminate from the current marketplace.

This approach looks at the models available at a particular time and either performs a regression analysis to determine the dependence of energy use on volume/capacity (i.e. litre, kg etc) and then a regression line i.e. reference line is drawn. The minimum efficiency line or reference line is defined as the line of maximum efficiency index. The efficiency index of a model is the percentage that the energy is above or below the reference line. This has been shown in Figure 1. The efficiency index can be explained by the following Equation:

$$I_{eff} = \frac{E_a}{E_{ref}} \quad (1)$$

An energy efficient appliance is located by a point below the reference line and therefore has an index lower than 1. A less efficient appliance has a point above the reference line and an index value greater than 1. This approach has been utilized in the European Union (EU) and in Australia. Principle used for defining minimum efficiency line is as follows:

Minimum efficiency standards will prohibit the least energy efficient units from the market. The manufacturers will have to improve or replace the energy efficiency of given models in the time allowed before prohibition comes into force. In reality, poorly efficient units located above the cloud points will be phased out and replaced by a unit with lower efficiency index.

Hence, minimum efficiency standards are defined as a linear equation above which all units are less efficient and targeted to be phased out from the market.

A plot of energy consumption versus volume/capacity is drawn for each product types. A regression analysis is done to calculate the reference line equation. This yields current average standards [12].

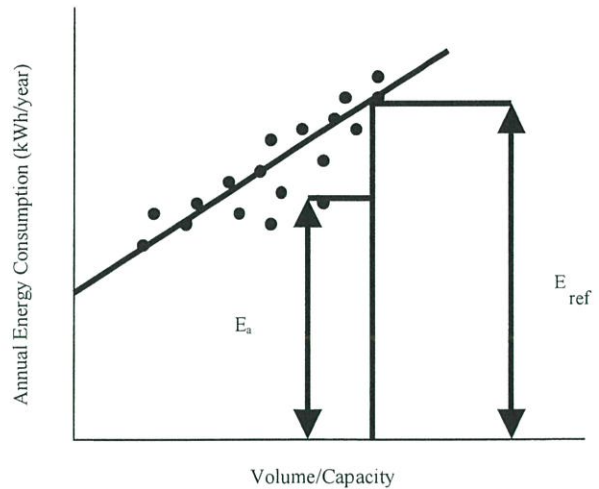


Figure 1 Energy consumption as a function of volume/capacity [13].

3.0 DATA COLLECTION AND ANALYSIS

Malaysia does not have well established test procedure, energy efficiency standards and labels which are key elements in getting reliable data. But recently, Malaysian government has paid due attention for the energy efficiency in residential sector along with other sectors. As a result, Malaysia is in the processes of developing these key elements for major energy consuming appliances. Different working committee has already been formed in collaboration with energy commission of Malaysia, Malaysian energy centre, standard and industrial research institute of Malaysia (SIRIM), manufacturer organizations, and University professionals in order to establish energy policy measures for major energy consuming appliances.

So, it is very difficult to get accurate data that is needed for this purpose at this initial stage. However, this data is helpful as a starting point as to establish the energy efficiency policies.

Energy commission (ST) of Malaysia has formed a committee named “Sub work group on refrigerator-freezers” to establish energy labeling and rating criteria for this appliance. Several refrigerator-freezers manufacturers have already joined in this committee [17] and signed Memorandum of Understanding on Promotion of Energy Efficient Refrigerators (MUPEER) to cooperate in establishing energy efficiency policies for refrigerator-freezers. ST requested the manufacturers to supply necessary data so that a grading system can be established to show a products’ energy performance.

Adjusted volume and EER, EEI and EEF has been calculated using raw data and presented in the Table 2. So, ST has decided to establish grading or rating criteria based on existing data considering that manufacturers data will be verified when the test facilities will be ready by SIRIM and grading system will be revised accordingly.

Energy consumption as a function of adjusted volume has been calculated and plotted in Figure 2 to get the average or reference energy consumption. Using E_a and E_{ref} , EEI has been calculated and shown in Table 2.

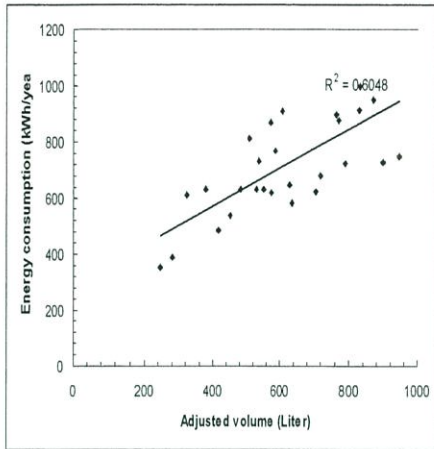


Figure 2 Energy consumption vs adjusted volume using actual data

Star rating of the appliances has been classified for different EER, EEF, and EEI and presented in Tables 3, 4, and 5, respectively. It has been observed that lower the EER and EEI better the performance, and on the other hand, higher the EEF better the performance.

5 CONCLUSION

As a starting point manufacturers will be given some time to upgrade their appliances. Because of that rather than eliminating the inefficient product from the market, they are graded as low efficiency products (i.e. one star).

Table 3 Energy efficiency ratio and star rating

Proposed Grading System (EER)	
1 Star	≥ 1.45
2 Star	$1.23 \leq EER \leq 1.44$
3 Star	$1.01 \leq EER \leq 1.22$
4 Star	$0.81 \leq EER \leq 1.00$
5 Star	$EER \leq 0.80$

Table 4 Energy efficiency factor and star rating

Proposed Grading System (EEF)	
1 Star	$EEF < 250$
2 Star	$250 < EEF \leq 300$
3 Star	$300 < EEF \leq 350$
4 Star	$350 < EEF \leq 400$
5 Star	$EEF > 400$

Table 5 Energy efficiency index and star rating

Energy Efficiency Index, I	Star rating
$I \geq 1.27$	1 star
$0.96 < I \leq 1.17$	2 star
$0.86 < I \leq 0.96$	3 star
$0.76 < I \leq 0.86$	4 star
$I \leq 0.76$	5 star

One the other hand, efficient product manufacturers can utilize star rating to capture the market as a sales campaign.

Malaysia being hot and humid climate, a 32 °C ambient test condition is suitable for testing of this appliance rather than 25 °C.

Once the appliances are graded, it will pave the way of assessing the benefit/potential energy savings and environmental reduction associated with energy savings. Moreover, labeling will force the manufacturers to make their products more efficient thus creating a competitive market.

EEF, EER, and EEI reflect the overall performance of a refrigerating appliance whereas COP reflects only the compressors performance. In grading or rating, normally, EEF, EER and EEI are used as they give the performance of the whole system.

6 REFERENCES

- [1] H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, R. Saidur, I.A. Choudhury, and AR. Noor Leha. Projecting electricity savings from implementing minimum energy efficiency standards for household refrigerator in Malaysia. *Int. Journal of Energy*, Vol. 28, No. 7, 2003, pp. 751-754.
- [2] Saidur R, Importance of energy test procedure, Energy efficiency standards and labels for refrigerator energy consumption, M.Eng. Thesis, University of Malaya, Malaysia, 2001.
- [3] T.M.I Mahlia, H.H. Masjuki, I. A Choudhury and R. Saidur, A review on energy efficiency standards and labels: present status and implementation possibilities in Malaysia. *Asian Journal on Science & Technology for Development*, Vol. 18, No. 1, 2001, pp. 71-84.
- [4] T.M.I Mahlia, H.H. Masjuki, and R. Saidur, Cost benefit analysis of implementing minimum energy efficiency standards for household refrigerator-freezers in Malaysia, *International Journal of Energy policy*, Elsevier science, 2003. (Corrected proof In press).
- [5] Saidur R, Nasrudin A.R, Masjuki H.H, Mahlia T.M.I, Tamjis M.R, Developing Energy Efficiency Standard and Its Impact on Refrigerator-Freezers in Malaysia, *Journal Mekanikal UTM*, 2002, No. 14, pp. 63-77.
- [6] Saidur R, Masjuki H.H, and Mahlia TMI "Labeling design Effort for household refrigerator-freezers in Malaysia", 2003, *International Journal of Energy policy*, Elsevier science, 2003 (Corrected proof In press).

[7] Masjuki. H.H, Saidur, R, Choudhury. I.A, Mahlia T.M.I, 'Importance of energy efficiency standards and labels for household appliances in Malaysia', Proceedings of 3rd International conference on Domestic Use of Electric Energy (DUEE"1999), Cap Teknikom, South Africa, March 30- April 1, 1999, pp. 157-162.

[8] Junyoung Choi, Requirements and Procedures for Refrigerator and Freezers Testing in Korea, For presentation at the APEC Workshop on Setting up and Running an Energy Performance Testing Laboratory (Energy Working Group Project 1/99T) Makati City, Philippines, 6th To 8th July 1999, pp. 1-6

[9] Jyi-Yu Sun, The Development of Energy Efficient Refrigerators, http://www.clasponline.org/download/Energy_Testing/2000/117/Taiwan_paper.pdf

[10] Buhl-Pedersen P, Lebot B, Michel P, Nascimento C, and Van der SS, 1993. Study on energy efficiency standards for domestic refrigeration appliances, Paris: France, Group for Efficient Appliances (GEA): Final report.

[11] Sun Keun Lee, MEPS experience in Korea, Lessons learned in Asia: Regional Symposium on energy efficiency standards and labeling, 29 May, 2001, United Nations Conference Centre (UNCC), Bangkok, Thailand

[12] Sub work group on refrigerators, Energy commission of Malaysia, 2003-2004

Principal Author:

R. Saidur holds M.Eng.Sc. from University of Malaya, Malaysia and B.Sc. in Mechanical Engineering from Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh. Presently he is a Lecturer at the Department of Mechanical Engineering, University of Malaya. His main research interest is energy efficiency. His address is:

Department of Mechanical Engineering,
University of Malaya,
50603 Kuala Lumpur, Malaysia

Co-Author:

Masjuki, H.H. holds a B.Sc. (Hon's), MSc., and Ph.D. from Leeds University, UK. At present he is an associate professor and Head of the Mechanical Engineering Department. His main interests are tribology and energy efficiency. His present address is:

Department of Mechanical Engineering,
University of Malaya,
50603 Kuala Lumpur, Malaysia

Presenter:

The paper is presented by R. Saidur

Table 1 Compressor calorimeter test result for a refrigerator-freezer compressor [10].

Evaporating temperature (°F)		Condensing temperature (°F)		
		110	120	130
0	Cooling effect (kcal/hr)	222.4	245.9	269.1
	EER (kcal/hr-W)	0.987	1.104	1.225
-10	Cooling effect (kcal/hr)	160.2	178.8	202.7
	EER (kcal/hr-W)	0.816	0.928	1.092
-20	Cooling effect (kcal/hr)	114.4	125.2	138.0
	EER (kcal/hr-W)	0.672	0.728	0.837

Table 2 summary of data

Model Name	Adjusted Volume(L)	Energy consumption kWh/24hr	Energy consumption kWh/yr	EER	EEF	E _{ref}	EEI
A M1	245.33	0.96	351.86	1.43	254.49	463.30	0.76
A M2	280.13	1.06	388.00	1.39	263.53	487.27	0.80
A M3	536.12	2.00	730.00	1.36	268.06	663.57	1.10
A M4	586.12	2.00	766.50	1.31	293.06	698.00	1.10
A M5	770.35	2.40	876.00	1.14	320.98	824.88	1.06
A M6	829.09	2.50	912.50	1.10	331.64	865.33	1.05
A M7	870.82	2.60	949.00	1.09	334.93	894.07	1.06
A M8	770.35	2.40	876.00	1.14	320.98	824.88	1.06
A M9	829.09	2.50	912.50	1.10	331.64	865.33	1.05
A M10	870.82	2.60	949.00	1.09	334.93	894.07	1.06
A M11	770.35	2.40	876.00	1.14	320.98	824.88	1.06
A M12	829.09	2.50	912.50	1.10	331.64	865.33	1.05
A M13	870.82	2.60	949.00	1.09	334.93	894.07	1.06
B M1	417.33	1.33	483.88	1.16	314.80	581.76	0.83
B M2	451.78	1.47	535.82	1.19	307.75	605.48	0.88
B M3	573.69	1.69	616.49	1.07	339.66	689.44	0.89
B M4	628.8	1.77	646.05	1.03	355.25	727.39	0.89
B M5	550.19	1.73	630.36	1.15	318.58	673.26	0.94
C M1	323.45	1.68	611.74	1.89	192.99	517.10	1.18
C M2	380.23	1.73	631.82	1.66	219.66	556.20	1.14
C M3	507.73	2.23	812.13	1.60	228.19	644.01	1.26
C M4	571.37	2.37	869.59	1.52	241.49	687.84	1.26
C M5	763.61	2.46	897.90	1.18	310.41	820.24	1.09
C M6	831.13	2.73	996.09	1.20	304.55	866.74	1.15
C M7	606.56	2.49	907.39	1.50	243.99	712.08	1.27
D M1	481.6	1.73	630	1.31	279.02	626.02	1.01
D M2	530	1.73	630	1.19	307.06	659.35	0.96
D M3	635.77	1.59	581	0.91	399.41	732.19	0.79
D M4	705.79	1.71	623	0.88	413.50	780.42	0.80
D M5	719.15	1.86	680	0.95	386.01	789.62	0.86
D M6	788.31	1.98	724	0.92	397.30	837.25	0.86
D M7	898.76	1.99	728	0.81	450.61	913.32	0.80
D M8	946.76	2.04	746	0.79	463.10	946.37	0.79



ประกาศอธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
เรื่อง กำหนดคุณสมบัติ หลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข วัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร
ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน (ฉบับที่ ๑) พ.ศ. ๒๕๕๕

เพื่อเป็นการสนับสนุนการดำเนินการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้บุคคลธรรมดา และภาษีเงินได้นิติบุคคล สำหรับเงินได้ ที่ได้จ่ายเพื่อเป็นการได้มาซึ่งทรัพย์สินประเภทวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานภายใต้โครงการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้ จากกรมสรรพากร

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาออกตามความในประมวลรัษฎากร ว่าด้วยการยกเว้นรัษฎากร (ฉบับที่ ๕๓๒) พ.ศ. ๒๕๕๔ และข้อ ๑ แห่งประกาศอธิบดีกรมสรรพากร เกี่ยวกับภาษีเงินได้ (ฉบับที่ ๒๑๑) เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการยกเว้นภาษีเงินได้ สำหรับเงินได้ที่ได้จ่ายเป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินประเภทวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่มี ผลต่อการประหยัดพลังงาน ลงวันที่ ๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๕

อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จึงออกประกาศกำหนดคุณสมบัติ หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้ สำหรับเงินที่ได้จ่ายเป็น ค่าใช้จ่ายเพื่อการได้มาซึ่งทรัพย์สินประเภทวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัด พลังงาน ดังต่อไปนี้

๑. ประเภท หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขของวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการ ประหยัดพลังงานที่ผู้มีสิทธิขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้ สำหรับเงินที่ได้จ่ายเพื่อการได้มาซึ่ง ทรัพย์สินจะต้องมีคุณสมบัติ และเป็นไปตามหลักเกณฑ์การกำหนดประสิทธิภาพ ตามรายละเอียด เอกสารแนบท้าย ๑

๒. รายชื่อ ยี่ห้อ รุ่น ประเภท ของวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัด พลังงานที่ผ่านหลักเกณฑ์ตามข้อ ๑ ให้เป็นไปตามรายละเอียดเอกสารแนบท้าย ๒

ประกาศ ณ วันที่ ๓๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๕


(นายไกรฤทธิ นิลคุหา)

อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทดแทน

รายละเอียดเอกสารแนบท้าย ๑

คุณสมบัติ หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ของวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรที่มีผลต่อการ
ประหยัดพลังงาน จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดรายละเอียดแนบท้าย

หลักเกณฑ์เงื่อนไขการพิจารณา วัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน
ภายใต้โครงการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้จากกรมสรรพากร

ตู้เย็น

จะต้องเป็นตู้เย็นที่มีเงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) เป็นตู้เย็นที่ได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ภายใต้โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 2) เป็นตู้เย็นที่มีคุณลักษณะเฉพาะผ่านเกณฑ์ดังนี้

2.1) เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็นปี 2011 สำหรับ ตู้เย็น 1 ประตู

Energy Consumption Criteria for 1 Door refrigerators	
AV	No.5
< 100 L	$EC \leq 0.62AV + 233$
≥ 100 L	$EC \leq 0.36AV + 133$

2.2) เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานตู้เย็นปี 2007 สำหรับ ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป

Energy Consumption Criteria for 2 Door refrigerators	
AV	No.5 (MEPS - 15%)
< 450 L	$EC \leq 0.39AV + 388$
≥ 450 L	$EC \leq 0.68AV + 388$

ทดสอบตามมาตรฐาน มอก.455-2537, มอก.2186-2547

EC (Energy Consumption) คือ พลังงานที่ใช้ใน 1 ปี หน่วย kWh/ปี

MEPS (Minimum Energy Performance Standard) คือ มาตรฐานสมรรถนะการใช้พลังงานขั้นต่ำ

AV (Adjusted Volume) คือ ปริมาตรปรับเทียบของตู้เย็น หรือ ปริมาตรทั้งหมดของตู้เย็น

หน่วย ลิตร, ลูกบาศก์เดซิเมตร

หลักเกณฑ์เงื่อนไขการพิจารณา วัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน
ภายใต้โครงการขอรับสิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้จากกรมสรรพากร

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ ขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์

จะต้องเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีเงื่อนไขอย่างหนึ่งอย่างใดดังนี้

- 1) เป็นเครื่องปรับอากาศที่ได้รับฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5* ภายใต้โครงการฉลาก
ประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 2) เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีคุณลักษณะเฉพาะผ่านเกณฑ์ดังนี้

ระดับประสิทธิภาพ		ประสิทธิภาพ (EER)
ระดับ 5	ดีมาก	11.0 ขึ้นไป

ทดสอบตามมาตรฐาน มอก.1155-2536 และ มอก.2134-2545

รายละเอียดเอกสารแนบท้าย ๒

ประเภท ยี่ห้อ รุ่น ของวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน
ตามรายละเอียดแนบท้าย

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
1	ASTINA	AR-1479	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
2	ASTINA	AR-1648	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5
3	ASTINA	AR-1649	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
4	ASTINA	AR-1788	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
5	ASTINA	AR-1789	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
6	ASTINA	AR-2325C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,479.74	451.14	232.0	8.2	5
7	ASTINA	AR-2695C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,353.18	465.01	269.0	9.5	5
8	ASTINA	AR-2884C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,313.88	451.51	288.0	10.2	5
9	ASTINA	AR-4304C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,886.38	648.24	430.0	15.2	5
10	ASTINA	AR-4408A*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
11	ASTINA	AR-4408D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
12	ASTINA	AR-5255C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,533.74	527.06	525.0	18.6	5
13	ELECTROLUX	ERM1400	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	147.0	5.2	5
14	ELECTROLUX	ERM1600	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5
15	ELECTROLUX	ERM1700	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
16	ELECTROLUX	EUM0500SA	ตู้เย็น 1 ประตู	858.39	261.71	59.0	2.1	5
17	ELECTROLUX	EBE4300SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,635.38	498.59	408.0	14.4	5
18	ELECTROLUX	EBE4302SB-RT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,665.31	507.72	401.4	14.2	5
19	ELECTROLUX	EBE5100SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,780.24	542.76	479.0	16.9	5
20	ELECTROLUX	EBE5100SC-RT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,479.74	451.14	485.0	17.1	5
21	ELECTROLUX	EBE5102SB-RT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,698.83	517.94	468.0	16.5	5
22	ELECTROLUX	EBM3802PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,464.18	446.40	324.2	11.5	5
23	ELECTROLUX	EBM4302PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,557.56	474.87	400.0	14.1	5
24	ELECTROLUX	EBM4307SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,567.13	477.79	408.0	14.4	5
25	ELECTROLUX	EBM4307SB-LT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,571.92	479.25	401.4	14.2	5
26	ELECTROLUX	EBM4307SC-LT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,472.56	448.95	410.0	14.5	5
27	ELECTROLUX	EBM4307SC-RT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,472.56	448.95	410.0	14.5	5
28	ELECTROLUX	EQE5807***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,855.58	637.66	582.0	20.6	5
29	ELECTROLUX	EQE6307***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,250.74	686.20	629.0	22.2	5
30	ELECTROLUX	ER4506D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,886.38	648.24	430.0	15.2	5
31	ELECTROLUX	ER5106D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,533.74	527.06	525.0	18.6	5
32	ELECTROLUX	ERE5200DX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,611.43	491.29	490.0	17.3	5
33	ELECTROLUX	ERE6070SV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,040.39	701.17	572.0	20.2	5
34	ELECTROLUX	ERE6070SX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,040.39	701.17	572.0	20.2	5
35	ELECTROLUX	ERE6100SV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,314.19	705.55	580.0	20.5	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
36	ELECTROLUX	ERE6100SX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,314.19	705.55	580.0	20.5	5
37	ELECTROLUX	ERM4400DV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,497.70	456.62	417.0	14.7	5
38	ELECTROLUX	ESE5608TA-RTH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,947.84	593.86	557.0	19.7	5
39	ELECTROLUX	ESE5688SA-RTH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,231.58	680.36	532.5	18.8	5
40	ELECTROLUX	ESE5688SA-RTH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,560.81	780.74	532.5	18.8	5
41	ELECTROLUX	ESE6077SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,397.99	731.10	579.0	20.5	5
42	ELECTROLUX	ESE6107SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,238.76	682.55	592.0	20.9	5
43	ELECTROLUX	ESM6100MA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,992.14	607.36	568.0	20.1	5
44	ELECTROLUX	ETB1800*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,291.78	393.84	182.0	6.4	5
45	ELECTROLUX	ETB1800PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,291.78	393.84	182.0	6.4	5
46	ELECTROLUX	ETB2100*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,351.64	412.09	206.0	7.3	5
47	ELECTROLUX	ETB2100PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,351.64	412.09	206.0	7.3	5
48	ELECTROLUX	ETB2100PC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,254.67	382.52	206.0	7.3	5
49	ELECTROLUX	ETB2300*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,352.84	412.45	224.0	7.9	5
50	ELECTROLUX	ETB2300PC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,297.76	395.66	224.0	7.9	5
51	ELECTROLUX	ETB2600*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,406.71	428.88	252.0	8.9	5
52	ELECTROLUX	ETB2600PC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,458.19	444.57	252.0	8.9	5
53	ELECTROLUX	ETB2603**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,386.36	422.67	259.1	9.2	5
54	ELECTROLUX	ETB2603SC**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,514.46	461.73	255.0	9.0	5
55	ELECTROLUX	ETB2900*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	289.3	10.2	5
56	ELECTROLUX	ETB2900SC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,443.82	440.19	289.3	10.2	5
57	ELECTROLUX	ETB3200*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,498.89	456.98	324.2	11.5	5
58	ELECTROLUX	ETB3200SC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,521.64	463.92	324.2	11.5	5
59	ELECTROLUX	ETE4402SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,480.94	451.51	324.2	11.5	5
60	ELECTROLUX	ETE4407*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,938.27	590.94	440.0	15.5	5
61	ELECTROLUX	ETE5107*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,001.72	610.28	525.0	18.6	5
62	ELECTROLUX	ETE5202SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,567.13	477.79	324.2	11.5	5
63	ELECTROLUX	ETM4200SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,330.09	405.52	415.0	14.7	5
64	ELECTROLUX	ETM4400DA-R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
65	ELECTROLUX	ETM4400DA-RH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
66	ELECTROLUX	ETM4402PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,525.23	465.01	417.0	14.7	5
67	ELECTROLUX	ETM4407*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,972.99	601.52	440.0	15.5	5
68	ELECTROLUX	ETM4407SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,400.72	427.05	415.0	14.7	5
69	ELECTROLUX	ETM4407SB-RT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,421.08	433.26	403.3	14.3	5
70	ELECTROLUX	ETM5107*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,225.59	678.54	525.0	18.6	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เตชเมตร	คิวบิกฟุต	
71	ELECTROLUX	ETM5200SB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,483.33	452.24	490.0	17.3	5
72	ELECTROLUX	ETM5202PB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,492.91	455.16	324.2	11.5	5
73	FISHER & PAYKEL	E402BRX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,262.71	689.85	382.8	13.5	5
74	FISHER & PAYKEL	E442BRX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,757.49	535.82	422.2	14.9	5
75	FISHER & PAYKEL	E522BRX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,166.93	660.65	496.6	17.5	5
76	FRANKE	FRB 59 SD	ตู้เย็น 1 ประตู	775.79	236.52	59.0	2.1	5
77	GE	GSG2BAVR	ตู้เย็น 1 ประตู	815.73	280.32	59.0	2.1	5
78	GE	GSG2SAER	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
79	GE	GSG2SAPR	ตู้เย็น 1 ประตู	753.06	258.79	59.0	2.1	5
80	GE	GSG2SAVR	ตู้เย็น 1 ประตู	815.73	280.32	59.0	2.1	5
81	GE	GSG2SAWR	ตู้เย็น 1 ประตู	772.19	235.43	59.0	2.1	5
82	GE	GTG100SAVRBS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,313.88	451.51	288.0	10.2	5
83	GE	GTG105SAVR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,480.94	451.51	288.0	10.2	5
84	GE	GTG150SAVR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,126.23	648.24	430.0	15.2	5
85	GE	GTG150SAVRBS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,126.23	648.24	430.0	15.2	5
86	GE	GTG160PAUR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
87	GE	GTG180SASR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,684.57	578.89	525.0	18.6	5
88	GE	GTG180SAVR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,533.74	527.06	525.0	18.6	5
89	GE	GTG180SAVRBS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,728.76	527.06	525.0	18.6	5
90	HAFELE	HH-REF59	ตู้เย็น 1 ประตู	858.39	261.71	59.0	2.1	5
91	HAFELE	HH-REF330*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,665.31	507.72	330.0	11.7	5
92	HAFELE	HH-REF440*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,972.99	601.52	440.0	15.5	5
93	HAIER	HR-1015	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
94	HAIER	HR-1015B	ตู้เย็น 1 ประตู	498.04	151.84	147.0	5.2	5
95	HAIER	HR-1017	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
96	HAIER	HR-1018	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
97	HAIER	HR-1018B	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
98	HAIER	HR-1115B	ตู้เย็น 1 ประตู	498.04	151.84	147.0	5.2	5
99	HAIER	HR-1117B	ตู้เย็น 1 ประตู	527.97	160.97	165.0	5.8	5
100	HAIER	HR-1118B	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
101	HAIER	HR-150A	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
102	HAIER	HR-150B	ตู้เย็น 1 ประตู	498.04	151.84	147.0	5.2	5
103	HAIER	HR-170A	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
104	HAIER	HR-170B	ตู้เย็น 1 ประตู	527.97	160.97	165.0	5.8	5
105	HAIER	HR-180A	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
106	HAIER	HR-180B	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
107	HAIER	HR-707CE	ตู้เย็น 1 ประตู	815.73	280.32	59.0	2.1	5
108	HAIER	HR-715C	ตู้เย็น 1 ประตู	521.52	179.22	147.0	5.2	5
109	HAIER	HR-715CE	ตู้เย็น 1 ประตู	587.83	179.22	147.0	5.2	5
110	HAIER	HR-717C	ตู้เย็น 1 ประตู	526.83	181.04	165.0	5.8	5
111	HAIER	HR-717CE	ตู้เย็น 1 ประตู	593.81	181.04	165.0	5.8	5
112	HAIER	HR-718C	ตู้เย็น 1 ประตู	591.62	203.31	177.0	6.3	5
113	HAIER	HR-718CE	ตู้เย็น 1 ประตู	591.62	203.31	177.0	6.3	5
114	HAIER	HR-807C	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
115	HAIER	HR-807CE	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
116	HAIER	HR-815C	ตู้เย็น 1 ประตู	587.83	179.22	147.0	5.2	5
117	HAIER	HR-815CE	ตู้เย็น 1 ประตู	587.83	179.22	147.0	5.2	5
118	HAIER	HR-817C	ตู้เย็น 1 ประตู	593.81	181.04	165.0	5.8	5
119	HAIER	HR-817CE	ตู้เย็น 1 ประตู	593.81	181.04	165.0	5.8	5
120	HAIER	HR-818C	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	177.0	6.3	5
121	HAIER	HR-818CE	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	177.0	6.3	5
122	HAIER	HR-905CE	ตู้เย็น 1 ประตู	839.24	255.87	48.0	1.7	5
123	HAIER	HR-907C	ตู้เย็น 1 ประตู	858.39	261.71	59.0	2.1	5
124	HAIER	HR-907CE	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
125	HAIER	HR-915C	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	147.0	5.2	5
126	HAIER	HR-915CE	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	147.0	5.2	5
127	HAIER	HR-917C	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5
128	HAIER	HR-917CE	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5
129	HAIER	HR-918C	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
130	HAIER	HR-918CE	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
131	HAIER	BCD-331W*****	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,952.63	595.32	380.0	13.4	5
132	HAIER	HR-721F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,214.04	417.20	206.0	7.3	5
133	HAIER	HR-723F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,312.82	451.14	232.0	8.2	5
134	HAIER	HR-727F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,353.18	465.01	269.0	9.5	5
135	HAIER	HR-729F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,313.88	451.51	288.0	10.2	5
136	HAIER	HR-733F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,414.78	486.18	330.0	11.7	5
137	HAIER	HR-743F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,886.38	648.24	430.0	15.2	5
138	HAIER	HR-753F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,533.74	527.06	525.0	18.6	5
139	HAIER	HR-821F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
140	HAIER	HR-823F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,479.74	451.14	232.0	8.2	5

ข้อมูลฉลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
141	HAIER	HR-826M3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,407.91	429.24	262.0	9.3	5
142	HAIER	HR-827F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,525.23	465.01	269.0	9.5	5
143	HAIER	HR-829F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,480.94	451.51	288.0	10.2	5
144	HAIER	HR-833F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,594.67	486.18	330.0	11.7	5
145	HAIER	HR-843F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,126.23	648.24	430.0	15.2	5
146	HAIER	HR-844E*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
147	HAIER	HR-844F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
148	HAIER	HR-853F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,728.76	527.06	525.0	18.6	5
149	HAIER	HR-914F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,328.89	405.15	140.0	4.9	5
150	HAIER	HR-921F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
151	HAIER	HR-921FE*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
152	HAIER	HR-923F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,428.26	435.45	232.0	8.2	5
153	HAIER	HR-926M3**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,407.91	429.24	262.0	9.3	5
154	HAIER	HR-927F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	269.0	9.5	5
155	HAIER	HR-929F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,652.14	503.70	288.0	10.2	5
156	HAIER	HR-933F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,665.31	507.72	330.0	11.7	5
157	HAIER	HR-943F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,290.24	698.25	430.0	15.2	5
158	HAIER	HR-944F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
159	HAIER	HR-953F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,783.83	543.85	525.0	18.6	5
160	HAIER	HRF-210FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,277.41	389.46	207.0	7.3	5
161	HAIER	HRF-230FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,306.15	398.22	221.0	7.8	5
162	HAIER	HRF-250FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,374.39	419.02	243.0	8.6	5
163	HAIER	HRF-270FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,337.27	407.71	274.0	9.7	5
164	HAIER	HRF-300FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,412.70	430.70	298.0	10.5	5
165	HAIER	HRF-310FA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,397.13	425.96	312.0	11.0	5
166	HAIER	HRF-338**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,763.48	537.65	347.0	12.3	5
167	HAIER	HRF-550*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,698.49	822.71	540.0	19.1	5
168	HAIER	HRF-551*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,698.49	822.71	540.0	19.1	5
169	HAIER	HRF-552*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,609.04	490.56	515.0	18.2	5
170	HAIER	HRF-586*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,017.28	615.03	620.0	21.9	5
171	HAIER	HRF-588*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,911.93	582.91	620.0	21.9	5
172	HAIER	HRF-660*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,347.71	715.77	570.0	20.1	5
173	HAIER	HRF-660FF*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,134.92	733.65	570.0	20.1	5
174	HAIER	HRF-661*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,670.95	814.32	545.0	19.3	5
175	HAIER	HRF-662*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,347.71	715.77	545.0	19.3	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
176	HAIER	HRF-663ATA2HS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,690.11	820.16	525.0	18.6	5
177	HAIER	HRF-663DTA2HS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,563.21	781.47	548.0	19.4	5
178	HAIER	HRF-663ITA2HS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,715.25	827.82	525.0	18.6	5
179	HAIER	HRF-663ITA2VS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,698.49	822.71	525.0	18.6	5
180	HITACHI	R-20NP	ตู้เย็น 1 ประตู	586.63	178.85	49.5	1.7	5
181	HITACHI	R-49S	ตู้เย็น 1 ประตู	626.14	190.90	140.1	5.0	5
182	HITACHI	R-49S-1	ตู้เย็น 1 ประตู	599.80	182.87	140.1	5.0	5
183	HITACHI	R-64S	ตู้เย็น 1 ประตู	591.42	180.31	181.6	6.4	5
184	HITACHI	R-64S-1	ตู้เย็น 1 ประตู	707.96	215.84	181.6	6.4	5
185	HITACHI	R-64S-2	ตู้เย็น 1 ประตู	638.11	194.55	187.4	6.6	5
186	HITACHI	R-64S-3	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	187.4	6.6	5
187	HITACHI	R-64SX	ตู้เย็น 1 ประตู	591.42	180.31	181.6	6.4	5
188	HITACHI	R-64SX-1	ตู้เย็น 1 ประตู	707.96	215.84	181.6	6.4	5
189	HITACHI	R-64SX-2	ตู้เย็น 1 ประตู	638.11	194.55	187.4	6.6	5
190	HITACHI	R-64VG	ตู้เย็น 1 ประตู	652.47	198.93	187.4	6.6	5
191	HITACHI	R-M600ETH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,239.96	682.92	600.0	21.2	5
192	HITACHI	R-M600GPTH**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,123.83	647.51	576.0	20.4	5
193	HITACHI	R-M600GTH**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,482.99	757.01	576.0	20.4	5
194	HITACHI	R-S31SVTH-1**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,712.00	521.95	322.5	11.4	5
195	HITACHI	R-S37SVTH-1**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,792.21	546.41	365.6	12.9	5
196	HITACHI	R-S600ETH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,479.40	755.92	611.0	21.6	5
197	HITACHI	R-S600GTH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,660.18	811.03	586.0	20.7	5
198	HITACHI	R-SF37WVPTH***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,769.46	539.47	364.6	12.9	5
199	HITACHI	R-T190W*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,422.27	433.62	189.3	6.7	5
200	HITACHI	R-T190W-1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,326.50	404.42	189.3	6.7	5
201	HITACHI	R-T190WX* (n)	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,422.27	433.62	189.3	6.7	5
202	HITACHI	R-T190WX-1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,326.50	404.42	189.3	6.7	5
203	HITACHI	R-T230W*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,446.22	440.92	229.7	8.1	5
204	HITACHI	R-T230WX* (n)	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,446.22	440.92	229.7	8.1	5
205	HITACHI	R-T270W*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,259.45	383.98	263.0	9.3	5
206	HITACHI	R-T300W*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,288.19	392.74	293.0	10.4	5
207	HITACHI	R-W480TX**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,498.56	761.76	481.2	17.0	5
208	HITACHI	R-W550V***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,405.17	733.29	543.0	19.2	5
209	HITACHI	R-W550VX***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,432.71	741.68	540.3	19.1	5
210	HITACHI	R-WZ480RX**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,498.56	761.76	480.0	17.0	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
211	HITACHI	R-WZ550R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,649.40	807.75	543.0	19.2	5
212	HITACHI	R-Z190S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,498.89	456.98	191.0	6.7	5
213	HITACHI	R-Z190SV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,461.78	445.67	191.0	6.7	5
214	HITACHI	R-Z190SVX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,498.89	456.98	191.0	6.7	5
215	HITACHI	R-Z190SX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,498.89	456.98	191.0	6.7	5
216	HITACHI	R-Z230S-1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,575.52	480.34	229.0	8.1	5
217	HITACHI	R-Z230SV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,575.52	480.34	229.0	8.1	5
218	HITACHI	R-Z230SVX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,575.52	480.34	229.0	8.1	5
219	HITACHI	R-Z230SX-1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,397.79	480.34	229.0	8.1	5
220	HITACHI	R-Z260S-1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,544.39	470.85	253.0	8.9	5
221	HITACHI	R-Z350R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,689.25	515.02	348.0	12.3	5
222	HITACHI	R-Z350RX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,498.69	515.02	348.0	12.3	5
223	HITACHI	R-Z350V*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,383.96	421.94	349.7	12.4	5
224	HITACHI	R-Z380R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,745.52	532.17	371.0	13.1	5
225	HITACHI	R-Z380RX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,548.61	532.17	371.0	13.1	5
226	HITACHI	R-Z380T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,745.52	532.17	371.0	13.1	5
227	HITACHI	R-Z380V*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,342.06	409.17	373.6	13.2	5
228	HITACHI	R-Z380VX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,342.06	409.17	373.6	13.2	5
229	HITACHI	R-Z400R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,770.66	539.84	401.0	14.2	5
230	HITACHI	R-Z400RX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,570.92	539.84	401.0	14.2	5
231	HITACHI	R-Z400T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,770.66	539.84	401.0	14.2	5
232	HITACHI	R-Z400V*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,538.40	469.03	408.0	14.4	5
233	HITACHI	R-Z400VX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,538.40	469.03	408.0	14.4	5
234	HITACHI	R-Z440R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,824.77	627.07	440.0	15.5	5
235	HITACHI	R-Z440RX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,928.86	662.84	440.0	15.5	5
236	HITACHI	R-Z440TX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,174.12	662.84	440.0	15.5	5
237	HITACHI	R-Z440VX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,647.35	502.24	440.0	15.5	5
238	HITACHI	R-Z480RX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,852.39	636.56	480.0	17.0	5
239	HITACHI	R-Z480TX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,087.92	636.56	480.0	17.0	5
240	HITACHI	R-Z480VX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,922.70	586.19	480.0	17.0	5
241	HITACHI	R-Z510R*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,968.16	676.35	510.0	18.0	5
242	HITACHI	R-Z510T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,970.59	600.79	514.0	18.2	5
243	HITACHI	R-Z510V*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,670.09	509.18	514.0	18.2	5
244	HITACHI	R-Z550SX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,044.64	702.63	550.0	19.4	5
245	HITACHI	R-Z550TX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,032.85	619.77	556.2	19.7	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
246	HITACHI	R-Z550VX*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,703.62	519.40	556.2	19.7	5
247	LG	GC-A217LGQ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,674.54	815.41	547.1	19.3	5
248	LG	GC-B207*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,409.96	734.75	537.0	19.0	5
249	LG	GC-B207BLQ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,583.56	787.67	533.7	18.9	5
250	LG	GC-B207BLRV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,632.98	497.86	533.7	18.9	5
251	LG	GC-B207CLC	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,570.39	783.66	539.3	19.1	5
252	LG	GC-B207FLC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,363.27	720.51	539.3	19.1	5
253	LG	GC-B207WPJ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,409.96	734.75	537.0	19.0	5
254	LG	GC-L207*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,577.57	785.85	511.0	18.1	5
255	LG	GC-L207BLK*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,382.43	726.35	520.5	18.4	5
256	LG	GC-L207BLKV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,660.52	506.26	520.5	18.4	5
257	LG	GC-P207BPFV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,870.03	570.13	509.8	18.0	5
258	LG	GC-P217LGHV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,798.19	548.23	517.2	18.3	5
259	LG	GC-R207*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,566.80	782.56	524.0	18.5	5
260	LG	GC-R207BLKV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,680.87	512.46	534.3	18.9	5
261	LG	GN-B492*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,662.91	506.99	393.0	13.9	5
262	LG	GN-M352CLN*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,400.72	427.05	294.1	10.4	5
263	LG	GN-M352CPC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,400.72	427.05	294.1	10.4	5
264	LG	GN-M352YPC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,628.19	496.40	298.5	10.5	5
265	LG	GN-M492CLN*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,696.43	517.21	386.8	13.7	5
266	LG	GN-M492CPC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,696.43	517.21	386.8	13.7	5
267	LG	GN-M492YPC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,662.91	506.99	393.0	13.9	5
268	LG	GN-M602*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,938.27	590.94	458.0	16.2	5
269	LG	GN-M602YPQ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,938.27	590.94	458.0	16.2	5
270	LG	GN-M612YPQ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,740.73	530.71	456.3	16.1	5
271	LG	GN-U212*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,321.71	402.96	184.8	6.5	5
272	LG	GN-U232*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,473.75	449.32	196.9	7.0	5
273	LG	GN-V212SL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,441.43	439.46	181.0	6.4	5
274	LG	GN-V232SL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,501.29	457.71	192.7	6.8	5
275	LG	GN-V292RLC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,308.54	398.95	231.3	8.2	5
276	LG	GR-P247CSP*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,029.25	618.68	635.2	22.4	5
277	MIRAGE	RF-1063	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
278	MIRAGE	RF517	ตู้เย็น 1 ประตู	753.06	258.79	59.0	2.1	5
279	MIRAGE	RF517C	ตู้เย็น 1 ประตู	919.45	280.32	59.0	2.1	5
280	MIRAGE	RF517CE	ตู้เย็น 1 ประตู	772.19	235.43	59.0	2.1	5

ข้อมูลรถลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
281	MIRAGE	RF560C	ตู้เย็น 1 ประตู	526.83	181.04	165.0	5.8	5
282	MIRAGE	RF563	ตู้เย็น 1 ประตู	616.05	211.70	177.0	6.3	5
283	MIRAGE	RF563C	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	177.0	6.3	5
284	MIRAGE	RF-952	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
285	MIRAGE	RF-958	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
286	MIRAGE	RF-963	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
287	mitsubishi	MR-1400	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
288	mitsubishi	MR-1401	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	140.0	4.9	5
289	mitsubishi	MR-1409	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
290	mitsubishi	MR-14B	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
291	mitsubishi	MR-14C	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	140.0	4.9	5
292	mitsubishi	MR-14X	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
293	mitsubishi	MR-17B	ตู้เย็น 1 ประตู	648.88	197.83	170.0	6.0	5
294	mitsubishi	MR-17BA	ตู้เย็น 1 ประตู	670.43	204.40	170.0	6.0	5
295	mitsubishi	MR-17C	ตู้เย็น 1 ประตู	615.36	187.61	170.0	6.0	5
296	mitsubishi	MR-17CA	ตู้เย็น 1 ประตู	615.36	187.61	170.0	6.0	5
297	mitsubishi	MR-17X	ตู้เย็น 1 ประตู	648.88	197.83	170.0	6.0	5
298	mitsubishi	MR-17XA	ตู้เย็น 1 ประตู	670.43	204.40	170.0	6.0	5
299	mitsubishi	MR-1800	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
300	mitsubishi	MR-1801	ตู้เย็น 1 ประตู	633.32	193.09	180.0	6.4	5
301	mitsubishi	MR-1808	ตู้เย็น 1 ประตู	645.29	196.74	180.0	6.4	5
302	mitsubishi	MR-1809	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
303	mitsubishi	MR-18BA	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
304	mitsubishi	MR-18CA	ตู้เย็น 1 ประตู	633.32	193.09	180.0	6.4	5
305	mitsubishi	MR-18XA	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
306	mitsubishi	MR-490	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
307	mitsubishi	MR-491	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	140.0	4.9	5
308	mitsubishi	MR-499	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
309	mitsubishi	MR-640	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
310	mitsubishi	MR-641	ตู้เย็น 1 ประตู	633.32	193.09	180.0	6.4	5
311	mitsubishi	MR-648	ตู้เย็น 1 ประตู	645.29	196.74	180.0	6.4	5
312	mitsubishi	MR-649	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
313	mitsubishi	MR-S140	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
314	mitsubishi	MR-S141	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	140.0	4.9	5
315	mitsubishi	MR-S149	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
316	mitsubishi	MR-S180	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
317	mitsubishi	MR-S181	ตู้เย็น 1 ประตู	633.32	193.09	180.0	6.4	5
318	mitsubishi	MR-S189	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	180.0	6.4	5
319	mitsubishi	MR-S49B	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
320	mitsubishi	MR-S49C	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	140.0	4.9	5
321	mitsubishi	MR-S49X	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	140.0	4.9	5
322	mitsubishi	MR-260T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,298.96	396.03	240.0	8.5	5
323	mitsubishi	MR-385T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,421.08	433.26	345.0	12.2	5
324	mitsubishi	MR-420T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,524.04	464.65	380.0	13.4	5
325	mitsubishi	MR-BF28U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,454.60	443.48	260.0	9.2	5
326	mitsubishi	MR-BF28X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,624.60	495.31	260.0	9.2	5
327	mitsubishi	MR-BF30B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,427.06	435.08	270.0	9.5	5
328	mitsubishi	MR-BF30C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,427.06	435.08	265.0	9.4	5
329	mitsubishi	MR-BF34B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,532.42	467.20	300.0	10.6	5
330	mitsubishi	MR-BF34C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,532.42	467.20	300.0	10.6	5
331	mitsubishi	MR-BF41B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,550.37	472.68	365.0	12.9	5
332	mitsubishi	MR-BF41C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,550.37	472.68	365.0	12.9	5
333	mitsubishi	MR-C38B**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,534.81	467.93	345.0	12.2	5
334	mitsubishi	MR-C38C**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,534.81	467.93	345.0	12.2	5
335	mitsubishi	MR-C42B**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,519.25	463.19	376.0	13.3	5
336	mitsubishi	MR-C42C**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,519.25	463.19	376.0	13.3	5
337	mitsubishi	MR-CU36T**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,680.87	512.46	327.0	11.6	5
338	mitsubishi	MR-CU36U**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,680.87	512.46	327.0	11.6	5
339	mitsubishi	MR-CU36X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,680.87	512.46	327.0	11.6	5
340	mitsubishi	MR-CU40T**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,540.12	529.25	366.0	12.9	5
341	mitsubishi	MR-CU40U**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,735.94	529.25	366.0	12.9	5
342	mitsubishi	MR-CU40X**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,735.94	529.25	366.0	12.9	5
343	mitsubishi	MR-F15B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,210.37	369.02	140.0	4.9	5
344	mitsubishi	MR-F15C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,210.37	369.02	140.0	4.9	5
345	mitsubishi	MR-F15U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,364.81	416.10	140.0	4.9	5
346	mitsubishi	MR-F15X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,364.81	416.10	140.0	4.9	5
347	mitsubishi	MR-F21B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,166.07	355.51	180.0	6.4	5
348	mitsubishi	MR-F21C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,212.76	369.75	180.0	6.4	5
349	mitsubishi	MR-F21U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,345.65	410.26	180.0	6.4	5
350	mitsubishi	MR-F21X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,328.89	405.15	180.0	6.4	5

ข้อมูลฉลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
351	mitsubishi	MR-F23B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,186.43	361.72	200.0	7.1	5
352	mitsubishi	MR-F23C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,301.36	396.76	200.0	7.1	5
353	mitsubishi	MR-F23U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,413.89	431.07	200.0	7.1	5
354	mitsubishi	MR-F23X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,352.84	412.45	200.0	7.1	5
355	mitsubishi	MR-F26B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,172.06	357.34	240.0	8.5	5
356	mitsubishi	MR-F26C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,180.44	359.89	240.0	8.5	5
357	mitsubishi	MR-F26X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,330.09	405.52	240.0	8.5	5
358	mitsubishi	MR-F33C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,404.32	428.15	298.0	10.5	5
359	mitsubishi	MR-F33U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,700.02	518.30	298.0	10.5	5
360	mitsubishi	MR-F33X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,700.02	518.30	298.0	10.5	5
361	mitsubishi	MR-F38B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,383.96	421.94	346.0	12.2	5
362	mitsubishi	MR-F38C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,340.86	408.80	346.0	12.2	5
363	mitsubishi	MR-F38U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,647.35	502.24	346.0	12.2	5
364	mitsubishi	MR-F38X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,383.96	421.94	346.0	12.2	5
365	mitsubishi	MR-F41U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,964.61	598.97	380.0	13.4	5
366	mitsubishi	MR-F41X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,661.71	506.62	380.0	13.4	5
367	mitsubishi	MR-F45B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,824.53	556.26	424.0	15.0	5
368	mitsubishi	MR-F45C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,706.01	520.13	424.0	15.0	5
369	mitsubishi	MR-F45U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,905.94	581.08	424.0	15.0	5
370	mitsubishi	MR-F45X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,734.74	528.89	424.0	15.0	5
371	mitsubishi	MR-F50B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,816.15	553.71	460.0	16.3	5
372	mitsubishi	MR-F50C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,670.09	509.18	460.0	16.3	5
373	mitsubishi	MR-F50X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,816.15	553.71	460.0	16.3	5
374	mitsubishi	MR-F56B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,004.11	611.01	510.0	18.0	5
375	mitsubishi	MR-F56C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,734.74	528.89	510.0	18.0	5
376	mitsubishi	MR-F56T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,978.79	680.00	510.0	18.0	5
377	mitsubishi	MR-F56X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,004.11	611.01	510.0	18.0	5
378	mitsubishi	MR-FB21B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,166.07	355.51	180.0	6.4	5
379	mitsubishi	MR-FB21C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,212.76	369.75	180.0	6.4	5
380	mitsubishi	MR-FB21U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,345.65	410.26	180.0	6.4	5
381	mitsubishi	MR-FB21X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,328.89	405.15	180.0	6.4	5
382	mitsubishi	MR-FC21B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,166.07	355.51	180.0	6.4	5
383	mitsubishi	MR-FC21U*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,345.65	410.26	180.0	6.4	5
384	mitsubishi	MR-FC21X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,328.89	405.15	180.0	6.4	5
385	mitsubishi	MR-FN22B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,186.43	361.72	200.0	7.1	5

ข้อมูลลลภาคตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
386	mitsubishi	MR-FN22X	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,352.84	412.45	200.0	7.1	5
387	mitsubishi	MR-V46B**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,755.10	535.09	414.0	14.6	5
388	mitsubishi	MR-V46C**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,038.83	621.60	414.0	14.6	5
389	mitsubishi	MR-V46U**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,105.87	642.04	414.0	14.6	5
390	mitsubishi	MR-V46X**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,755.10	535.09	414.0	14.6	5
391	mitsubishi electric	MR-1402	ตู้เย็น 1 ประตู	562.68	171.55	140.0	4.9	5
392	mitsubishi electric	MR-14D	ตู้เย็น 1 ประตู	562.68	171.55	140.0	4.9	5
393	mitsubishi electric	MR-17D	ตู้เย็น 1 ประตู	612.97	186.88	170.0	6.0	5
394	mitsubishi electric	MR-17DA	ตู้เย็น 1 ประตู	612.97	186.88	170.0	6.0	5
395	mitsubishi electric	MR-1802	ตู้เย็น 1 ประตู	629.73	191.99	180.0	6.4	5
396	mitsubishi electric	MR-18DA	ตู้เย็น 1 ประตู	629.73	191.99	180.0	6.4	5
397	mitsubishi electric	MR-492	ตู้เย็น 1 ประตู	562.68	171.55	140.0	4.9	5
398	mitsubishi electric	MR-642	ตู้เย็น 1 ประตู	629.73	191.99	180.0	6.4	5
399	mitsubishi electric	MR-S142	ตู้เย็น 1 ประตู	562.68	171.55	140.0	4.9	5
400	mitsubishi electric	MR-S182	ตู้เย็น 1 ประตู	629.73	191.99	180.0	6.4	5
401	mitsubishi electric	MR-S49D	ตู้เย็น 1 ประตู	562.68	171.55	140.0	4.9	5
402	mitsubishi electric	MR-BF30D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,370.79	417.93	265.0	9.4	5
403	mitsubishi electric	MR-BF34D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,392.34	424.50	300.0	10.6	5
404	mitsubishi electric	MR-BF41D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,556.36	474.50	365.0	12.9	5
405	mitsubishi electric	MR-C38D**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,514.46	461.73	345.0	12.2	5
406	mitsubishi electric	MR-C42D**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,519.25	463.19	376.0	13.3	5
407	mitsubishi electric	MR-F15D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,227.13	374.13	140.0	4.9	5
408	mitsubishi electric	MR-F21D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,212.76	369.75	180.0	6.4	5
409	mitsubishi electric	MR-F23D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,301.36	396.76	200.0	7.1	5
410	mitsubishi electric	MR-F26D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,180.44	359.89	240.0	8.5	5
411	mitsubishi electric	MR-F33D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,404.32	428.15	298.0	10.5	5
412	mitsubishi electric	MR-F38D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,340.86	408.80	346.0	12.2	5
413	mitsubishi electric	MR-F45D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,706.01	520.13	424.0	15.0	5
414	mitsubishi electric	MR-F50D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,670.09	509.18	460.0	16.3	5
415	mitsubishi electric	MR-F56D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,734.74	528.89	510.0	18.0	5
416	mitsubishi electric	MR-FB21D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,212.76	369.75	180.0	6.4	5
417	mitsubishi electric	MR-FC21D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,212.76	369.75	180.0	6.4	5
418	mitsubishi electric	MR-FN22D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,301.36	396.76	200.0	7.1	5
419	mitsubishi electric	MR-V46D**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,038.83	621.60	414.0	14.6	5
420	panasonic	NR-A13G4	ตู้เย็น 1 ประตู	608.18	185.42	138.0	4.9	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
421	PANASONIC	NR-A14N1	ตู้เย็น 1 ประตู	606.98	185.06	138.0	4.9	5
422	PANASONIC	NR-A18G4	ตู้เย็น 1 ประตู	681.21	207.69	179.0	6.3	5
423	PANASONIC	NR-A18N1	ตู้เย็น 1 ประตู	662.05	201.85	179.0	6.3	5
424	PANASONIC	NR-A18S4	ตู้เย็น 1 ประตู	671.63	204.77	179.0	6.3	5
425	PANASONIC	NR-A18WN1	ตู้เย็น 1 ประตู	650.08	198.20	179.0	6.3	5
426	PANASONIC	NR-A18WS4	ตู้เย็น 1 ประตู	684.80	208.78	179.0	6.3	5
427	PANASONIC	NR-A18XN1	ตู้เย็น 1 ประตู	665.64	202.94	179.0	6.3	5
428	PANASONIC	NR-A22WS4	ตู้เย็น 1 ประตู	719.52	219.37	213.0	7.5	5
429	PANASONIC	NR-AH142	ตู้เย็น 1 ประตู	615.36	187.61	138.0	4.9	5
430	PANASONIC	NR-AH142S	ตู้เย็น 1 ประตู	590.22	179.95	138.0	4.9	5
431	PANASONIC	NR-AH143	ตู้เย็น 1 ประตู	549.51	167.54	138.0	4.9	5
432	PANASONIC	NR-AH182	ตู้เย็น 1 ประตู	636.91	194.18	179.0	6.3	5
433	PANASONIC	NR-AH183	ตู้เย็น 1 ประตู	605.78	184.69	179.0	6.3	5
434	PANASONIC	NR-B19M1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,453.40	443.11	195.0	6.9	5
435	PANASONIC	NR-B19M1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,211.57	369.38	195.0	6.9	5
436	PANASONIC	NR-B20M3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,502.49	458.08	200.0	7.1	5
437	PANASONIC	NR-B20M4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,502.49	458.08	200.0	7.1	5
438	PANASONIC	NR-B20MW3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,496.50	456.25	200.0	7.1	5
439	PANASONIC	NR-B20MW4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,496.50	456.25	200.0	7.1	5
440	PANASONIC	NR-B23MG1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,581.50	482.17	233.0	8.2	5
441	PANASONIC	NR-B25M3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,588.68	484.36	242.5	8.6	5
442	PANASONIC	NR-B27M1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,422.27	433.62	263.0	9.3	5
443	PANASONIC	NR-B32M1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,573.12	479.61	308.0	10.9	5
444	PANASONIC	NR-B37M2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,679.67	512.10	365.0	12.9	5
445	PANASONIC	NR-B37M3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,649.74	502.97	365.0	12.9	5
446	PANASONIC	NR-B37M4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,649.74	502.97	365.0	12.9	5
447	PANASONIC	NR-B37MV3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,507.27	459.54	365.0	12.9	5
448	PANASONIC	NR-B37MV4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,194.81	364.27	365.0	12.9	5
449	PANASONIC	NR-B41MV2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,555.16	474.14	407.0	14.4	5
450	PANASONIC	NR-B41MV3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,555.16	474.14	407.0	14.4	5
451	PANASONIC	NR-B41MV4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,271.43	387.63	407.0	14.4	5
452	PANASONIC	NR-BT222*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,211.57	369.38	195.0	6.9	5
453	PANASONIC	NR-BT223*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,176.85	358.80	195.0	6.9	5
454	PANASONIC	NR-BT262*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,356.43	413.55	233.0	8.2	5
455	PANASONIC	NR-BT263*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,241.50	378.51	233.0	8.2	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
456	PANASONIC	NR-BU302*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,422.27	433.62	263.0	9.3	5
457	PANASONIC	NR-BU303*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,228.33	374.49	265.0	9.4	5
458	PANASONIC	NR-BU342*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,573.12	479.61	308.0	10.9	5
459	PANASONIC	NR-BU343*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,350.44	411.72	308.0	10.9	5
460	PANASONIC	NR-BW415V	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,210.37	369.02	365.0	12.9	5
461	PANASONIC	NR-BW415X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,161.28	354.05	365.0	12.9	5
462	PANASONIC	NR-BW465V*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,225.93	373.76	407.0	14.4	5
463	PANASONIC	NR-BW465X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,175.65	358.43	407.0	14.4	5
464	PANASONIC	NR-BY551*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,409.10	429.61	495.0	17.5	5
465	PANASONIC	NR-BY551M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,850.87	564.29	495.0	17.5	5
466	PANASONIC	NR-BY552*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,409.10	429.61	495.0	17.5	5
467	PANASONIC	NR-BY601*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,510.87	460.63	546.0	19.3	5
468	PANASONIC	NR-BY602*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,510.87	460.63	546.0	19.3	5
469	SAMSUNG	RA07FC	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
470	SAMSUNG	RA19FA	ตู้เย็น 1 ประตู	671.63	204.77	190.0	6.7	5
471	SAMSUNG	RA19FA2	ตู้เย็น 1 ประตู	671.63	204.77	190.0	6.7	5
472	SAMSUNG	RA19FC	ตู้เย็น 1 ประตู	671.63	204.77	190.0	6.7	5
473	SAMSUNG	RA19PT1	ตู้เย็น 1 ประตู	668.04	203.67	190.0	6.7	5
474	SAMSUNG	RA19PT2	ตู้เย็น 1 ประตู	648.88	197.83	190.0	6.7	5
475	SAMSUNG	RA19VA	ตู้เย็น 1 ประตู	606.49	208.42	190.0	6.7	5
476	SAMSUNG	RA20FH2	ตู้เย็น 1 ประตู	561.88	193.09	200.0	7.1	5
477	SAMSUNG	RA21FA	ตู้เย็น 1 ประตู	729.09	222.29	210.0	7.4	5
478	SAMSUNG	RA21FC	ตู้เย็น 1 ประตู	729.09	222.29	210.0	7.4	5
479	SAMSUNG	RA21PT1	ตู้เย็น 1 ประตู	656.07	200.02	210.0	7.4	5
480	SAMSUNG	RA21PT2	ตู้เย็น 1 ประตู	691.98	210.97	210.0	7.4	5
481	SAMSUNG	RA21VA	ตู้เย็น 1 ประตู	663.84	228.13	210.0	7.4	5
482	SAMSUNG	RF62T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,722.77	525.24	512.4	18.1	5
483	SAMSUNG	RF67D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,232.78	680.73	549.8	19.4	5
484	SAMSUNG	RFG26M**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,970.59	600.79	665.4	23.5	5
485	SAMSUNG	RFG28M	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	3,282.72	1,000.83	734.3	25.9	5
486	SAMSUNG	RL34E*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,383.96	421.94	300.0	10.6	5
487	SAMSUNG	RL38EC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,307.34	398.58	310.0	11.0	5
488	SAMSUNG	RM25K***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,444.01	839.87	678.0	24.0	5
489	SAMSUNG	RS20B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,271.09	692.41	493.0	17.4	5
490	SAMSUNG	RS20CC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,796.10	617.22	506.2	17.9	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
491	SAMSUNG	RS20CP*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,796.10	617.22	506.2	17.9	5
492	SAMSUNG	RS20CR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,071.16	631.45	510.0	18.0	5
493	SAMSUNG	RS20NA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,932.05	663.94	506.2	17.9	5
494	SAMSUNG	RS20NR*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,071.16	631.45	510.0	18.0	5
495	SAMSUNG	RS21DC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,903.37	654.08	545.0	19.3	5
496	SAMSUNG	RS21DJ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,903.37	654.08	545.0	19.3	5
497	SAMSUNG	RS21DL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,903.37	654.08	545.0	19.3	5
498	SAMSUNG	RS21HD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,289.05	697.88	549.1	19.4	5
499	SAMSUNG	RS21HK*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,372.85	723.43	549.1	19.4	5
500	SAMSUNG	RS21HN*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,159.75	658.46	562.7	19.9	5
501	SAMSUNG	RS21KL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,338.47	408.07	520.0	18.4	5
502	SAMSUNG	RS21NC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,881.07	646.42	555.0	19.6	5
503	SAMSUNG	RS21NJ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,928.86	662.84	555.0	19.6	5
504	SAMSUNG	RS21NL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,928.86	662.84	555.0	19.6	5
505	SAMSUNG	RS22HK*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,468.63	752.63	515.0	18.2	5
506	SAMSUNG	RS25KA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,549.16	876.00	718.0	25.4	5
507	SAMSUNG	RS25KL*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,549.16	876.00	718.0	25.4	5
508	SAMSUNG	RS26MB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,896.36	578.16	724.5	25.6	5
509	SAMSUNG	RSA1B*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,107.07	642.40	563.8	19.9	5
510	SAMSUNG	RSA1D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,241.16	683.28	530.0	18.7	5
511	SAMSUNG	RSA1N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,107.07	642.40	563.8	19.9	5
512	SAMSUNG	RSA1W*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,266.30	690.95	558.6	19.7	5
513	SAMSUNG	RSC6K*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,273.48	693.14	666.0	23.5	5
514	SAMSUNG	RSE8D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,326.11	799.35	540.0	19.1	5
515	SAMSUNG	RSE8K*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,326.11	799.35	540.0	19.1	5
516	SAMSUNG	RSE8N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,070.13	711.39	558.0	19.7	5
517	SAMSUNG	RSG5F*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,603.91	793.88	645.2	22.8	5
518	SAMSUNG	RSH1D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,943.06	592.40	536.0	18.9	5
519	SAMSUNG	RSH1K*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,381.23	725.99	523.5	18.5	5
520	SAMSUNG	RSH1N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,953.83	595.68	558.0	19.7	5
521	SAMSUNG	RSJ1K*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,429.12	740.59	523.5	18.5	5
522	SAMSUNG	RT20MH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,526.43	465.38	195.0	6.9	5
523	SAMSUNG	RT21MH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,354.24	465.38	195.0	6.9	5
524	SAMSUNG	RT21MH2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,354.24	465.38	195.0	6.9	5
525	SAMSUNG	RT21MJ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,238.47	425.59	195.0	6.9	5

ข้อมูลตลาดตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ส.เค.เมตร	คิวบิกฟุต	
526	SAMSUNG	RT21MJ1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,238.47	425.59	195.0	6.9	5
527	SAMSUNG	RT22SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,342.56	461.36	199.0	7.0	5
528	SAMSUNG	RT22SA2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,465.37	446.76	199.0	7.0	5
529	SAMSUNG	RT22SC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,513.26	461.36	199.0	7.0	5
530	SAMSUNG	RT22SC2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,465.37	446.76	199.0	7.0	5
531	SAMSUNG	RT22SC3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,465.37	446.76	199.0	7.0	5
532	SAMSUNG	RT24MH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,328.75	456.62	213.0	7.5	5
533	SAMSUNG	RT24MH2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,497.70	456.62	213.0	7.5	5
534	SAMSUNG	RT24MJ*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,406.29	483.26	213.0	7.5	5
535	SAMSUNG	RT24MJ1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,406.29	483.26	213.0	7.5	5
536	SAMSUNG	RT25SA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,191.73	409.53	218.0	7.7	5
537	SAMSUNG	RT25SA2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,381.57	421.21	218.0	7.7	5
538	SAMSUNG	RT25SC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,343.26	409.53	218.0	7.7	5
539	SAMSUNG	RT25SC2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,381.57	421.21	218.0	7.7	5
540	SAMSUNG	RT2ASA1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,348.05	410.99	199.0	7.0	5
541	SAMSUNG	RT2ASA2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,382.77	421.58	199.0	7.0	5
542	SAMSUNG	RT2ASD1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,416.29	431.80	199.0	7.0	5
543	SAMSUNG	RT2ASD2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,382.77	421.58	199.0	7.0	5
544	SAMSUNG	RT2ASD4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,416.29	431.80	199.0	7.0	5
545	SAMSUNG	RT2ASE2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,382.77	421.58	199.0	7.0	5
546	SAMSUNG	RT2ASH1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,348.05	410.99	199.0	7.0	5
547	SAMSUNG	RT2ASR2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,382.77	421.58	199.0	7.0	5
548	SAMSUNG	RT2ASR4*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,416.29	431.80	199.0	7.0	5
549	SAMSUNG	RT2BAS1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	199.0	7.0	5
550	SAMSUNG	RT2BSD1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	220.0	7.8	5
551	SAMSUNG	RT2BSE1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	220.0	7.8	5
552	SAMSUNG	RT2BSH1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	220.0	7.8	5
553	SAMSUNG	RT2BSR2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,371.99	418.29	220.0	7.8	5
554	SAMSUNG	RT30MC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,421.08	433.26	253.4	9.0	5
555	SAMSUNG	RT30MC1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,260.77	433.26	253.4	9.0	5
556	SAMSUNG	RT30SA1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,391.15	424.13	253.5	9.0	5
557	SAMSUNG	RT30SC1	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,391.15	424.13	253.5	9.0	5
558	SAMSUNG	RT30SS1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,294.17	394.57	253.5	9.0	5
559	SAMSUNG	RT30SS2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,230.72	375.22	253.5	9.0	5
560	SAMSUNG	RT30SS3*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,188.82	362.45	253.5	9.0	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
561	SAMSUNG	RT30ST2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,188.82	362.45	253.5	9.0	5
562	SAMSUNG	RT30SU1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,294.17	394.57	253.5	9.0	5
563	SAMSUNG	RT34MC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,451.01	442.38	267.5	9.5	5
564	SAMSUNG	RT34MC1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,287.33	442.38	267.5	9.5	5
565	SAMSUNG	RT34SA1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,434.25	437.27	267.5	9.5	5
566	SAMSUNG	RT34SC1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,434.25	437.27	267.5	9.5	5
567	SAMSUNG	RT37MC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,528.82	466.11	301.9	10.7	5
568	SAMSUNG	RT37MC1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,356.37	466.11	301.9	10.7	5
569	SAMSUNG	RT37SA1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,459.39	444.94	301.5	10.7	5
570	SAMSUNG	RT37SC1	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,459.39	444.94	301.5	10.7	5
571	SAMSUNG	RT37SD1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,459.39	444.94	301.5	10.7	5
572	SAMSUNG	RT37SQ2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,271.43	387.63	301.5	10.7	5
573	SAMSUNG	RT37SS1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,320.51	402.60	301.5	10.7	5
574	SAMSUNG	RT37ST2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,271.43	387.63	301.5	10.7	5
575	SAMSUNG	RT37SU1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,320.51	402.60	301.5	10.7	5
576	SAMSUNG	RT41LS2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,272.62	388.00	335.3	11.8	5
577	SAMSUNG	RT41MA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,357.62	413.91	335.0	11.8	5
578	SAMSUNG	RT41TS1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,206.78	367.92	335.3	11.8	5
579	SAMSUNG	RT41TS2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,272.62	388.00	335.3	11.8	5
580	SAMSUNG	RT45MA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,295.37	394.93	360.0	12.7	5
581	SAMSUNG	RT45TS2*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,252.27	381.79	361.4	12.8	5
582	SAMSUNG	RT45US1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,377.98	420.12	361.4	12.8	5
583	SAMSUNG	RT53MA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,536.01	468.30	402.0	14.2	5
584	SAMSUNG	RT54E*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,573.12	479.61	410.5	14.5	5
585	SAMSUNG	RT54FB1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,579.11	481.44	413.1	14.6	5
586	SAMSUNG	RT58EA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,546.49	531.44	480.0	17.0	5
587	SAMSUNG	RT62EA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,562.42	536.92	478.0	16.9	5
588	SAMSUNG	RT63E*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,759.88	536.55	491.2	17.4	5
589	SAMSUNG	RT63NB1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,719.18	524.14	486.9	17.2	5
590	SAMSUNG	RT77K*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,137.00	651.53	579.4	20.5	5
591	SAMSUNG	RT77S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,087.92	636.56	576.0	20.4	5
592	SANYO	RM-1070	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	199.0	7.0	5
593	SANYO	RM-552S	ตู้เย็น 1 ประตู	532.14	182.87	147.0	5.2	5
594	SANYO	RM-552SC	ตู้เย็น 1 ประตู	521.52	179.22	147.0	5.2	5
595	SANYO	RM-563S	ตู้เย็น 1 ประตู	616.05	211.70	177.0	6.3	5

ข้อมูลผลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เคซิเมตร	คิวบิกฟุต	
596	SANYO	RM-563SC	ตู้เย็น 1 ประตู	591.62	203.31	177.0	6.3	5
597	SANYO	RM-852C	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	147.0	5.2	5
598	SANYO	RM-863C	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
599	SANYO	RM-952	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
600	SANYO	RM-952P	ตู้เย็น 1 ประตู	498.04	151.84	147.0	5.2	5
601	SANYO	RM-959	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
602	SANYO	RM-959P	ตู้เย็น 1 ประตู	527.97	160.97	165.0	5.8	5
603	SANYO	RM-963	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
604	SANYO	RM-963P	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
605	SANYO	RS-259SC	ตู้เย็น 1 ประตู	526.83	181.04	165.0	5.8	5
606	SANYO	SR-1070	ตู้เย็น 1 ประตู	557.90	170.09	199.0	7.0	5
607	SANYO	SR-721	ตู้เย็น 1 ประตู	753.06	258.79	59.0	2.1	5
608	SANYO	SR-721C	ตู้เย็น 1 ประตู	919.45	280.32	59.0	2.1	5
609	SANYO	SR-752	ตู้เย็น 1 ประตู	532.14	182.87	147.0	5.2	5
610	SANYO	SR-752C	ตู้เย็น 1 ประตู	587.83	179.22	147.0	5.2	5
611	SANYO	SR-759	ตู้เย็น 1 ประตู	578.87	198.93	165.0	5.8	5
612	SANYO	SR-759C	ตู้เย็น 1 ประตู	593.81	181.04	165.0	5.8	5
613	SANYO	SR-763	ตู้เย็น 1 ประตู	616.05	211.70	177.0	6.3	5
614	SANYO	SR-763C	ตู้เย็น 1 ประตู	666.84	203.31	177.0	6.3	5
615	SANYO	SR-821	ตู้เย็น 1 ประตู	772.19	235.43	59.0	2.1	5
616	SANYO	SR-821E	ตู้เย็น 1 ประตู	659.66	201.12	59.0	2.1	5
617	SANYO	SR-852C	ตู้เย็น 1 ประตู	630.92	192.36	147.0	5.2	5
618	SANYO	SR-859C	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5
619	SANYO	SR-863C	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
620	SANYO	SR-952	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
621	SANYO	SR-952P	ตู้เย็น 1 ประตู	498.04	151.84	147.0	5.2	5
622	SANYO	SR-959	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
623	SANYO	SR-959P	ตู้เย็น 1 ประตู	527.97	160.97	165.0	5.8	5
624	SANYO	SR-963	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
625	SANYO	SR-963P	ตู้เย็น 1 ประตู	541.13	164.98	177.0	6.3	5
626	SANYO	SR-F40N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	269.0	9.5	5
627	SANYO	SR-F707*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
628	SANYO	SR-F708*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,312.82	451.14	232.0	8.2	5
629	SANYO	SR-F710**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,249.09	429.24	262.0	9.3	5
630	SANYO	SR-F711*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,313.88	451.51	288.0	10.2	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
631	SANYO	SR-F716*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,886.38	648.24	430.0	15.2	5
632	SANYO	SR-F807*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
633	SANYO	SR-F808*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,428.26	435.45	232.0	8.2	5
634	SANYO	SR-F809*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	269.0	9.5	5
635	SANYO	SR-F811*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,652.14	503.70	288.0	10.2	5
636	SANYO	SR-F816*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,290.24	698.25	430.0	15.2	5
637	SANYO	SR-F817A*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
638	SANYO	SR-F817D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
639	SANYO	SR-F819*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,783.83	543.85	525.0	18.6	5
640	SANYO	SR-S820*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,347.71	715.77	570.0	20.1	5
641	SHARP	SJ-B15N	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
642	SHARP	SJ-B17N	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
643	SHARP	SJ-B19N	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
644	SHARP	SJ-N15S	ตู้เย็น 1 ประตู	530.36	161.70	147.0	5.2	5
645	SHARP	SJ-N19S	ตู้เย็น 1 ประตู	653.67	199.29	185.0	6.5	5
646	SHARP	SJ-A20S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,436.64	438.00	184.0	6.5	5
647	SHARP	SJ-A24S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,551.57	473.04	212.0	7.5	5
648	SHARP	SJ-A24SS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,254.67	382.52	212.0	7.5	5
649	SHARP	SJ-A28S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,358.82	414.28	227.0	8.0	5
650	SHARP	SJ-A31S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	292.0	10.3	5
651	SHARP	SJ-A34S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,551.57	473.04	313.0	11.1	5
652	SHARP	SJ-B21S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,436.64	438.00	184.0	6.5	5
653	SHARP	SJ-B25S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,551.57	473.04	212.0	7.5	5
654	SHARP	SJ-B27S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,358.82	414.28	227.0	8.0	5
655	SHARP	SJ-C17S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,460.58	445.30	152.0	5.4	5
656	SHARP	SJ-C18X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,460.58	445.30	152.0	5.4	5
657	SHARP	SJ-C19S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,401.92	427.42	167.0	5.9	5
658	SHARP	SJ-C19SS*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,309.74	399.31	167.0	5.9	5
659	SHARP	SJ-C20X*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,401.92	427.42	167.0	5.9	5
660	SHARP	SJ-C20XX	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,309.74	399.31	167.0	5.9	5
661	SHARP	SJ-D20N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,283.40	391.28	184.0	6.5	5
662	SHARP	SJ-D24N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,242.69	378.87	212.0	7.5	5
663	SHARP	SJ-D28N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,324.10	403.69	227.0	8.0	5
664	SHARP	SJ-D29N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,423.47	433.99	259.0	9.1	5
665	SHARP	SJ-D31N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,455.80	443.84	292.0	10.3	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
666	SHARP	SJ-D34N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,559.95	475.60	313.0	11.1	5
667	SHARP	SJ-D38L*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,759.88	536.55	360.0	12.7	5
668	SHARP	SJ-D39L*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,537.20	468.66	375.0	13.3	5
669	SHARP	SJ-D40L*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,603.05	488.74	407.0	14.4	5
670	SHARP	SJ-D41N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,537.20	468.66	375.0	13.3	5
671	SHARP	SJ-D42N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,603.05	488.74	407.0	14.4	5
672	SHARP	SJ-D42S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,537.20	468.66	375.0	13.3	5
673	SHARP	SJ-D43L*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,903.55	580.35	400.0	14.1	5
674	SHARP	SJ-D43S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,603.05	488.74	407.0	14.4	5
675	SHARP	SJ-D46N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,644.95	501.51	430.0	15.2	5
676	SHARP	SJ-D49N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,654.53	504.43	470.0	16.6	5
677	SHARP	SJ-D53M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,382.43	726.35	502.0	17.7	5
678	SHARP	SJ-D55M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,599.12	792.42	579.0	20.5	5
679	SHARP	SJ-D56N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,846.08	562.83	515.0	18.2	5
680	SHARP	SJ-D57N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,841.29	561.37	560.0	19.8	5
681	SHARP	SJ-F70PC***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,546.44	776.36	582.0	20.6	5
682	SHARP	SJ-F70PS***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,546.44	776.36	582.0	20.6	5
683	SHARP	SJ-F70PV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,251.93	686.57	582.0	20.6	5
684	SHARP	SJ-F70RV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,087.92	636.56	582.0	20.6	5
685	SHARP	SJ-F75PC***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,662.57	811.76	629.0	22.2	5
686	SHARP	SJ-F75PS***	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,662.57	811.76	629.0	22.2	5
687	SHARP	SJ-F75PV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,277.07	694.23	629.0	22.2	5
688	SHARP	SJ-F75RV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,102.28	640.94	629.0	22.2	5
689	SHARP	SJ-F78SP*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,164.54	659.92	629.0	22.2	5
690	SHARP	SJ-P40M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,694.04	516.48	360.0	12.7	5
691	SHARP	SJ-P43G*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,526.43	465.38	375.0	13.3	5
692	SHARP	SJ-P43M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,530.02	466.47	375.0	13.3	5
693	SHARP	SJ-P43T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,526.43	465.38	375.0	13.3	5
694	SHARP	SJ-P44G*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,556.36	474.50	407.0	14.4	5
695	SHARP	SJ-P44M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	4,088.44	1,246.48	362.0	12.8	5
696	SHARP	SJ-P44T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,556.36	474.50	407.0	14.4	5
697	SHARP	SJ-P45M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,892.77	577.07	400.0	14.1	5
698	SHARP	SJ-P46S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,638.97	499.69	430.0	15.2	5
699	SHARP	SJ-P47N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,642.56	500.78	430.0	15.2	5
700	SHARP	SJ-P50S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,658.12	505.53	470.0	16.6	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
701	SHARP	SJ-P51N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,723.97	525.60	470.0	16.6	5
702	SHARP	SJ-P54G*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,933.48	589.48	545.0	19.3	5
703	SHARP	SJ-P54T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,899.96	579.26	545.0	19.3	5
704	SHARP	SJ-P58G*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,087.92	636.56	587.0	20.7	5
705	SHARP	SJ-P58T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,999.32	609.55	587.0	20.7	5
706	SHARP	SJ-P60M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,382.43	726.35	502.0	17.7	5
707	SHARP	SJ-P60S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,946.65	593.49	515.0	18.2	5
708	SHARP	SJ-P61N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,916.72	584.37	515.0	18.2	5
709	SHARP	SJ-P65S*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,054.40	626.34	560.0	19.8	5
710	SHARP	SJ-P66N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,967.00	599.70	560.0	19.8	5
711	SHARP	SJ-P70M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,599.12	792.42	579.0	20.5	5
712	SHARP	SJ-S21M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,283.40	391.28	184.0	6.5	5
713	SHARP	SJ-S25M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,242.69	378.87	212.0	7.5	5
714	SHARP	SJ-S27M*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,324.10	403.69	227.0	8.0	5
715	SHARP	SJ-W33T*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,151.71	351.13	326.0	11.5	5
716	SIEMENS	KD26NV61TH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,544.39	470.85	253.0	8.9	5
717	SIEMENS	KD26NVS10J*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,259.45	383.98	263.0	9.3	5
718	SIEMENS	KD33NAS10J*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,383.96	421.94	349.7	12.4	5
719	SIEMENS	KD35NA40TH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,689.25	515.02	348.0	12.3	5
720	SIEMENS	KD40NA40TH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,713.25	588.75	405.0	14.3	5
721	SIEMENS	KD44NA70TH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,174.12	662.84	440.0	15.5	5
722	SIEMENS	KD44NA71TH*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,224.40	678.17	440.0	15.5	5
723	SIEMENS	KD62NAI10J*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,647.35	502.24	440.0	15.5	5
724	SINGER	BL-159	ตู้เย็น 1 ประตู	578.87	198.93	165.0	5.8	5
725	SINGER	BL-163	ตู้เย็น 1 ประตู	616.05	211.70	177.0	6.3	5
726	SINGER	BL-259	ตู้เย็น 1 ประตู	578.87	198.93	165.0	5.8	5
727	SINGER	BL-259C	ตู้เย็น 1 ประตู	593.81	181.04	165.0	5.8	5
728	SINGER	BL-263	ตู้เย็น 1 ประตู	616.05	211.70	177.0	6.3	5
729	SINGER	BL-263C	ตู้เย็น 1 ประตู	591.62	203.31	177.0	6.3	5
730	SINGER	BL-270	ตู้เย็น 1 ประตู	561.88	193.09	200.0	7.1	5
731	SINGER	BL-352	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
732	SINGER	BL-359	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
733	SINGER	BL-363	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
734	SINGER	RS-522	ตู้เย็น 1 ประตู	580.64	177.03	147.0	5.2	5
735	SINGER	RS-591	ตู้เย็น 1 ประตู	616.56	187.98	165.0	5.8	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เคซิเมตร	คิวบิกฟุต	
736	SINGER	RS-592	ตู้เย็น 1 ประตู	596.21	181.77	165.0	5.8	5
737	SINGER	RS-631	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	177.0	6.3	5
738	SINGER	RS-632	ตู้เย็น 1 ประตู	610.57	186.15	177.0	6.3	5
739	SINGER	RS-671	ตู้เย็น 1 ประตู	671.63	204.77	190.0	6.7	5
740	SINGER	NF-2102C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,313.88	451.51	288.0	10.2	5
741	SINGER	NF-2103*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,528.82	466.11	301.9	10.7	5
742	SINGER	NF-2117C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,665.31	507.72	330.0	11.7	5
743	SINGER	NF-2153STC*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,126.23	648.24	430.0	15.2	5
744	SINGER	NF-2155A*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
745	SINGER	NF-2155D*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,077.14	633.28	440.0	15.5	5
746	SINGER	NF-270C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,368.40	417.20	206.0	7.3	5
747	SINGER	NF-3107*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,431.85	436.54	301.5	10.7	5
748	SINGER	NF-4103*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	292.0	10.3	5
749	SINGER	NF-4127*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,357.62	413.91	360.0	12.7	5
750	SINGER	NF-B290	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,301.36	396.76	280.0	9.9	5
751	TOSHIBA	GR-A159Z	ตู้เย็น 1 ประตู	595.01	181.41	150.7	5.3	5
752	TOSHIBA	GR-A179Z	ตู้เย็น 1 ประตู	525.76	180.68	172.5	6.1	5
753	TOSHIBA	GR-A179ZD	ตู้เย็น 1 ประตู	624.94	190.53	172.5	6.1	5
754	TOSHIBA	GR-A199Z	ตู้เย็น 1 ประตู	713.53	217.54	194.4	6.9	5
755	TOSHIBA	GR-A199ZD	ตู้เย็น 1 ประตู	702.76	214.26	194.4	6.9	5
756	TOSHIBA	GR-A703CX	ตู้เย็น 1 ประตู	718.32	219.00	51.0	1.8	5
757	TOSHIBA	GR-A704C,CK	ตู้เย็น 1 ประตู	718.32	219.00	51.0	1.8	5
758	TOSHIBA	GR-A704CX	ตู้เย็น 1 ประตู	718.32	219.00	51.0	1.8	5
759	TOSHIBA	GR-A705CX	ตู้เย็น 1 ประตู	848.81	258.79	49.0	1.7	5
760	TOSHIBA	GR-A706C	ตู้เย็น 1 ประตู	848.81	258.79	49.0	1.7	5
761	TOSHIBA	GR-A706CX	ตู้เย็น 1 ประตู	848.81	258.79	49.0	1.7	5
762	TOSHIBA	GR-A906Z	ตู้เย็น 1 ประตู	842.83	256.96	86.0	3.0	5
763	TOSHIBA	GR-B143Z	ตู้เย็น 1 ประตู	602.19	183.60	140.3	5.0	5
764	TOSHIBA	GR-B144Z	ตู้เย็น 1 ประตู	602.19	183.60	140.3	5.0	5
765	TOSHIBA	GR-B145Z	ตู้เย็น 1 ประตู	602.19	183.60	140.3	5.0	5
766	TOSHIBA	GR-B151Z	ตู้เย็น 1 ประตู	647.69	197.47	150.7	5.3	5
767	TOSHIBA	GR-B152Z	ตู้เย็น 1 ประตู	606.98	185.06	144.0	5.1	5
768	TOSHIBA	GR-B157T	ตู้เย็น 1 ประตู	563.88	171.92	155.8	5.5	5
769	TOSHIBA	GR-B171Z	ตู้เย็น 1 ประตู	600.99	183.23	172.5	6.1	5
770	TOSHIBA	GR-B171ZD	ตู้เย็น 1 ประตู	627.33	191.26	172.5	6.1	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
771	TOSHIBA	GR-B172Z	ตู้เย็น 1 ประตู	662.05	201.85	162.7	5.7	5
772	TOSHIBA	GR-B173Z	ตู้เย็น 1 ประตู	638.11	194.55	174.9	6.2	5
773	TOSHIBA	GR-B174Z	ตู้เย็น 1 ประตู	638.11	194.55	174.9	6.2	5
774	TOSHIBA	GR-B175Z	ตู้เย็น 1 ประตู	638.11	194.55	174.9	6.2	5
775	TOSHIBA	GR-B177T	ตู้เย็น 1 ประตู	600.99	183.23	174.9	6.2	5
776	TOSHIBA	GR-B183Z	ตู้เย็น 1 ประตู	646.49	197.10	185.4	6.6	5
777	TOSHIBA	GR-B184Z	ตู้เย็น 1 ประตู	646.49	197.10	185.4	6.6	5
778	TOSHIBA	GR-B185Z	ตู้เย็น 1 ประตู	646.49	197.10	185.4	6.6	5
779	TOSHIBA	GR-B185ZX	ตู้เย็น 1 ประตู	626.14	190.90	185.4	6.6	5
780	TOSHIBA	GR-B187T	ตู้เย็น 1 ประตู	644.09	196.37	185.4	6.6	5
781	TOSHIBA	GR-B187TXG	ตู้เย็น 1 ประตู	642.90	196.01	185.4	6.6	5
782	TOSHIBA	GR-B191Z	ตู้เย็น 1 ประตู	707.55	215.72	194.4	6.9	5
783	TOSHIBA	GR-B191ZD	ตู้เย็น 1 ประตู	670.43	204.40	194.4	6.9	5
784	TOSHIBA	GR-B192Z	ตู้เย็น 1 ประตู	684.80	208.78	191.8	6.8	5
785	TOSHIBA	GR-HB40KT	ตู้เย็น 1 ประตู	765.01	233.24	39.1	1.4	5
786	TOSHIBA	GR-B112TF*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,179.24	359.53	106.1	3.7	5
787	TOSHIBA	GR-H20KPD1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,543.19	470.49	195.7	6.9	5
788	TOSHIBA	GR-H25KT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,565.94	477.42	235.8	8.3	5
789	TOSHIBA	GR-H40KBA**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,640.16	500.05	331.2	11.7	5
790	TOSHIBA	GR-M18KT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,374.39	419.02	171.0	6.0	5
791	TOSHIBA	GR-M20KT1*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,543.19	470.49	195.7	6.9	5
792	TOSHIBA	GR-M21KPD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,454.60	443.48	195.7	6.9	5
793	TOSHIBA	GR-M22KPD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,453.40	443.11	196.5	6.9	5
794	TOSHIBA	GR-M26KPD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,565.94	477.42	235.8	8.3	5
795	TOSHIBA	GR-M32KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,582.70	482.53	296.6	10.5	5
796	TOSHIBA	GR-M35KDV**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,618.61	493.48	331.7	11.7	5
797	TOSHIBA	GR-M37KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,743.12	531.44	330.6	11.7	5
798	TOSHIBA	GR-M41KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,672.49	509.91	356.7	12.6	5
799	TOSHIBA	GR-M45KDV**	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,053.20	625.98	397.9	14.1	5
800	TOSHIBA	GR-M46KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,935.87	590.21	398.9	14.1	5
801	TOSHIBA	GR-MG41KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,684.46	513.56	356.7	12.6	5
802	TOSHIBA	GR-MG46KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,958.62	597.14	398.9	14.1	5
803	TOSHIBA	GR-R20KT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,441.43	439.46	196.5	6.9	5
804	TOSHIBA	GR-R21KPD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,337.27	407.71	196.5	6.9	5
805	TOSHIBA	GR-R26KPD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,424.67	434.35	236.5	8.4	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
806	TOSHIBA	GR-R32KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,530.02	466.47	286.0	10.1	5
807	TOSHIBA	GR-R35KDV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,574.32	479.98	314.0	11.1	5
808	TOSHIBA	GR-R37KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,486.92	453.33	325.0	11.5	5
809	TOSHIBA	GR-R41KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,623.40	494.94	340.0	12.0	5
810	TOSHIBA	GR-R45KDV*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,868.83	569.77	374.0	13.2	5
811	TOSHIBA	GR-R46KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,775.45	541.30	386.0	13.6	5
812	TOSHIBA	GR-R58KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,245.95	684.74	513.2	18.1	5
813	TOSHIBA	GR-R58KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,357.29	718.69	511.5	18.1	5
814	TOSHIBA	GR-R66KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,401.58	732.19	569.7	20.1	5
815	TOSHIBA	GR-R66KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,480.60	756.28	568.0	20.1	5
816	TOSHIBA	GR-RG41KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,556.36	474.50	340.0	12.0	5
817	TOSHIBA	GR-RG46KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,717.98	523.78	386.0	13.6	5
818	TOSHIBA	GR-RG58KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,341.72	713.94	513.2	18.1	5
819	TOSHIBA	GR-RG58KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,415.95	736.57	511.5	18.1	5
820	TOSHIBA	GR-RG66KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,417.15	736.94	569.7	20.1	5
821	TOSHIBA	GR-RG66KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,540.46	774.53	568.0	20.1	5
822	TOSHIBA	GR-W21KPB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,356.43	413.55	192.0	6.8	5
823	TOSHIBA	GR-W26KPB*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,447.41	441.29	230.9	8.2	5
824	TOSHIBA	GR-Y55KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,328.55	709.93	497.8	17.6	5
825	TOSHIBA	GR-Y55KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,095.62	720.15	496.5	17.5	5
826	TOSHIBA	GR-Y66KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,387.22	727.81	590.1	20.8	5
827	TOSHIBA	GR-Y66KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,504.54	763.58	588.7	20.8	5
828	TOSHIBA	GR-YG55KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,010.65	690.95	497.8	17.6	5
829	TOSHIBA	GR-YG55KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,365.67	721.24	496.5	17.5	5
830	TOSHIBA	GR-YG66KD*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,176.35	747.89	590.1	20.8	5
831	TOSHIBA	GR-YG66KDA*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,265.57	778.55	588.7	20.8	5
832	TOSHIBA	GR-R20KT*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,441.43	439.46	196.5	6.9	5
833	WHIRLPOOL	WRD21N	ตู้เย็น 1 ประตู	858.39	261.71	59.0	2.1	5
834	WHIRLPOOL	WBM480/SF*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,373.36	471.95	228.0	8.1	5
835	WHIRLPOOL	WRN10C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,480.94	451.51	288.0	10.2	5
836	WHIRLPOOL	WRN10CW*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,326.63	455.89	288.0	10.2	5
837	WHIRLPOOL	WRN15C*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,126.23	648.24	430.0	15.2	5
838	WHIRLPOOL	WRN16CTG*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
839	WHIRLPOOL	WRN18CG*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,728.76	527.06	525.0	18.6	5
840	WHIRLPOOL	WSN10N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,652.14	503.70	288.0	10.2	5

ข้อมูลลากตู้เย็นเบอร์ 5

ลำดับ	เครื่องหมายการค้า	รุ่น	ประเภท	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วยต่อปี)	ขนาด		ระดับ
						ลบ.เดซิเมตร	คิวบิกฟุต	
841	WHIRLPOOL	WSN15N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,290.24	698.25	430.0	15.2	5
842	WHIRLPOOL	WSN16N*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	2,110.66	643.50	440.0	15.5	5
843	WHIRLPOOL	WSN18NG*	ตู้เย็น 2 ประตูขึ้นไป	1,783.83	543.85	525.0	18.6	5

ข้อมูล ณ วันที่ 31 มกราคม 2555