

ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น
HCFC-22 เป็น HFC-32



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Energy efficiency of spilt type air conditioner after replacing HCFC-22 with HFC-32 refrigerant



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบ
	แยกส่วนเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น HCFC-22 เป็น HFC-32
โดย	นางสาวพรรณนิภา เจียมศิริโรจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.วิรัช วิฑูรย์เอียร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนุญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.วิรัช วิฑูรย์เอียร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ธนิต จินดาวณิก)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.อุริช อัสชโคสิต)

5987265620 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORDS: COOLING SEASONAL PERFORMANCE FACTOR / REFRIGERANT / AIR CONDITIONER

PANNIPA JIAMSIRIROT: Energy efficiency of split type air conditioner after replacing HCFC-22 with HFC-32 refrigerant. ADVISOR: ASSOC. PROF. WITHAYA YONGCHAREON, Ph.D., CO-ADVISOR: VIRAJ VITHOONTIEN, Ph.D., 83 pp.

This research aimed to study the Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF) of a fixed speed split type air conditioner after replacing HCFC-22 with HFC-32 refrigerant at cooling capacity of 2,638 3,517 5,276 and 7,034 watts from 11 beneficiary enterprises under Thailand HPMP Stage I. This analysis is based on ISO 16358-1 using the Outdoor Bin Temperature of Thailand. The outdoor temperature is an only factor for cooling load analysis in this research. It found that air conditioners using HFC-32 refrigerant had CSPF value 4.99% higher than similar units using HCFC-22 refrigerant. This CSPF analysis compared 3 different operating hours which are (1) 24 hours per day, (2) 12 hours in daytime (6 am – 6 pm) and (3) 12 hours at night (6 pm – 6 am). The results show that the CSPF are lower than using the default temperature. It was observed that the temperature distributions of Thailand are higher than the default (the average temperature are higher than using the default temperature). The last section is an energy saving analysis. It was found that when using HFC-32 air-conditioner replacing HCFC-22 air-conditioner, it can save energy: in the case of 24 hours a day of use, 12 hours of use in daytime and 12 hours at night, can save energy 80.42 48.89 31.53 million kWh per year respectively, equivalent to 46.81 28.46 18.35 million kg CO₂ per year, respectively.

Field of Study: Energy Technology and Management	Student's Signature
Academic Year: 2017	Advisor's Signature
	Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ รศ. ดร.วิทยา ยงเจริญ และ ดร.วิรัช วิฑูรย์เสียร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ ประจำหลักสูตร เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้แนวคิด และองค์ความรู้ต่างๆ จากการสอนในหลักสูตร เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาอยู่ ขอขอบคุณ พี่ๆ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่สละเวลาให้ข้อมูลที่จำเป็นแก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	11
สารบัญรูป.....	13
บทที่ 1 บทนำ.....	15
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	15
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	16
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	17
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน.....	17
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	18
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.1.1 สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ.....	19
2.1.2 มาตรฐานสากลสำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศ.....	21
2.1.3 ประสิทธิภาพพลังงาน.....	21
2.1.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ.....	27
2.1.5 ค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depleting Potential Value : ODP Value) และค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential value : GWP Value).....	27

2.1.5.1	ค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depleting Potential Value: ODP Value)	27
2.1.5.2	ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential value: GWP Value).....	27
2.1.6	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)	28
2.2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	29
บทที่ 4	ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล	31
4.1	ชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Bin Temperature).....	31
4.1.1	ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย	31
4.1.2	ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน (6.00-18.00 น.).....	35
4.1.3	ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวันคืน.....	40
4.2	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Cooling Seasonal Performance Factor: CSPF).....	46
4.2.1	พิจารณาสารทำความเย็น	46
4.2.1.1	ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์	46
4.2.1.2	ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์	47
4.2.1.3	ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์	48

4.2.1.4 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์	49
4.2.1.5 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC- 22 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์.....	50
4.2.1.6 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC- 22 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์	51
4.2.1.7 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC- 22 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์.....	52
4.2.1.8 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC- 22 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์	53
4.2.2 พิจารณาช่วงการใช้งาน	54
4.2.2.1 ค่า CSPF กรณีใช้ช่วงอุณหภูมิตามคำแนะนำ	54
4.2.2.2 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน.....	55
4.2.2.3 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.)	56
4.2.2.4 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.).....	57
4.3 ผลประหยัดจากการเปลี่ยนสารทำความเย็น.....	59
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
รายการอ้างอิง	64
ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก	68
ภาคผนวก ข	73
ภาคผนวก ค	80

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์83



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของสารทำความเย็น R-22 R410A และ R-32.....	20
ตารางที่ 2.2 แสดงเงื่อนไขการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ตามในมาตรฐาน ISO 16358-1	26
ตารางที่ 2.3 Reference outdoor temperature bin distribution (ISO 16358 – 1: 2013).....	26
ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย...31	
ตารางที่ 4.2 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C	32
ตารางที่ 4.3 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C	34
ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน	36
ตารางที่ 4.5 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลา กลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C.....	37
ตารางที่ 4.6 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลา กลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-42 °C.....	39
ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางคืน.....	41
ตารางที่ 4.8 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลา กลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C	42
ตารางที่ 4.9 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลา กลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C	44
ตารางที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยจากการสร้าง Outdoor Temperature Bin Distribution.	45

ตารางที่ 4.11 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์	46
ตารางที่ 4.12 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์	47
ตารางที่ 4.13 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์	48
ตารางที่ 4.14 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์	49
ตารางที่ 4.15 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์.....	50
ตารางที่ 4.16 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์.....	51
ตารางที่ 4.17 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์.....	52
ตารางที่ 4.18 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์.....	53
ตารางที่ 4.19 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศใช้สารทำความเย็น HFC-32 และ HCFC-22	54
ตารางที่ 4.20 แสดง CSPF กรณีใช้ช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ	55
ตารางที่ 4.21 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน.....	56
ตารางที่ 4.22 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน	57
ตารางที่ 4.23 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน	58
ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลในช่วงอุณหภูมิต่างๆ	59
ตารางที่ 4.25 แสดง ODP Value และ GWP Value	60
ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ที่ผลิตในปีพ.ศ. 2560	60
ตารางที่ 4.27 แสดงผลประหยัดจากการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น	61

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 คุณสมบัติของสารทำความเย็นแต่ละประเภท	19
รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระการทำความเย็น (L_c) ชีตความสามารถทำความเย็น (\dot{Q}) และพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (P) ณ อุณหภูมิใดๆ (t_j)	23
รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C	33
รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C	35
รูปที่ 4.3 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลา กลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C	38
รูปที่ 4.4 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลา กลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-42 °C	40
รูปที่ 4.5 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลา กลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C	43
รูปที่ 4.6 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลา กลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C	45

สัญลักษณ์	รายละเอียด	หน่วย
$F_{PL}(t_j)$	part load factor (PLF) at outdoor temperature (t_j)	-
$L_c(t_j)$	defined cooling load at outdoor temperature (t_j)	วัตต์ (Watt)
m, n	number of temperature bins	-
n_j	bin hours	จำนวนชั่วโมง (h)
$P_{ful}(t_j)$	cooling full power input at outdoor temperature (t_j)	วัตต์ (Watt)
$P_{ful}(35)$	cooling full power input at T1 temperature condition	วัตต์ (Watt)
$P_{ful}(29)$	cooling full power input at outdoor temperature 29 C	วัตต์ (Watt)
t_j	outdoor temperature corresponding to each temperature bin °C	องศาเซลเซียส (°C)
$X(t_j)$	ratio of load to capacity at outdoor temperature (t_j)	-
$\emptyset(t_j)$	cooling capacity applicable to any capacity at outdoor temperature (t_j)	วัตต์ (Watt)
$\emptyset_{ful}(t_j)$	cooling full capacity at outdoor temperature (t_j)	วัตต์ (Watt)
$\emptyset_{ful}(35)$	cooling full capacity at Ti temperature condition	วัตต์ (Watt)
$\emptyset_{ful}(29)$	cooling full capacity at outdoor temperature 29 °C	วัตต์ (Watt)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบปรับอากาศมีการใช้งานโดยทั่วไป และใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ขณะเดียวกัน ระบบปรับอากาศก็มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสิ่งประดิษฐ์อื่น ๆ ที่ให้วัตถุประสงค์ในลักษณะเดียวกัน (ชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์, 2551)

สำหรับประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในปัจจุบัน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำเอาไว้ โดยเครื่องปรับอากาศที่สามารถผลิตและนำเข้าเพื่อจำหน่ายในประเทศได้ จะต้องผ่านเกณฑ์ นอกจากนี้ กฟผ. ได้ปรับเกณฑ์ประสิทธิภาพเบอร์ 5 โดยกำหนดค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) ให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้มากขึ้น สำหรับในอาคารหรือบ้านอยู่อาศัยที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ จะมีค่าไฟฟ้าที่จ่ายสำหรับระบบปรับอากาศในสัดส่วน 50-60% ของค่าไฟฟ้าทั้งหมด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ดังนั้นเราจึงควรให้ความสนใจต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ดังตัวอย่างในประเทศที่เจริญแล้ว เช่น สหภาพยุโรป ที่มีมาตรฐานประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศในระดับภูมิภาคและประเทศที่สูงกว่าประเทศไทย ได้เริ่มประสบความสำเร็จในการผลักดันและส่งเสริมให้เกิดการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และรณรงค์ให้ประหยัดพลังงานเพื่อสร้างความยั่งยืน (Sustainability) ให้แก่โลก และลดสภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ทั้งนี้ ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศนั้น ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ คือสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่สาร HCFC-22 ซึ่งมีค่าศักยภาพการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depleting Potential: ODP) และมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ (Global warming Potential: GWP) สูง และสาร R-410A ซึ่งแม้จะไม่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน แต่มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศมากกว่า HCFC-22 สำหรับสาร HCFC-22 นั้นเป็นสารควบคุมภายใต้พิธีสารมอนทรีออล โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศภาคีสมาชิก ซึ่งจะต้องดำเนินการตามพันธกรณีภายใต้พิธีสารนี้ อีกทั้งในปัจจุบัน พิธีสารมอนทรีออลได้ควบคุมสารในกลุ่ม HFCs ซึ่งประเทศสมาชิกพิธีสารมอนทรีออลจะต้องลดการใช้สารในกลุ่ม HFCs ซึ่งสาร R-410A เป็นสารที่มี GWP สูง จะถูกควบคุมให้ลดการใช้ในอนาคตอันใกล้ สำหรับสาร HFC-32 เป็นสารที่มีค่า GWP

ต่ำกว่าสาร R-410A ถึง 3 เท่า และไม่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน จึงถูกแนะนำจากทั่วโลกให้เป็นทางเลือกของสารทำความเย็นตัวใหม่

ดังนั้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามพันธกรณีนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรม ในนามของรัฐบาลไทย ได้รับการสนับสนุนจากธนาคารโลกในการจัดทำโครงการลดและเลิกใช้สาร HCFCs ระยะที่ 1 (HCFCs Phase-out Management Plan Stage I: HPMP Stage 1) ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2561 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2557) วัตถุประสงค์ของโครงการคือ เพื่อลดการใช้สาร HCFCs ในภาคอุตสาหกรรมผลิตเครื่องปรับอากาศและภาคโคม ซึ่งโครงการลดการใช้สาร HCFCs ในภาคอุตสาหกรรมผลิตเครื่องปรับอากาศ ปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตเครื่องปรับอากาศของไทย จำนวน 11 ราย เข้าร่วมโครงการฯ โดยธนาคารโลกให้เงินช่วยเหลือแบบให้เปล่าในการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นจากสาร HCFC-22 เป็นสารทำความเย็น HFC-32 ซึ่งเป็นสารที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนและมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศต่ำ

จากการเปลี่ยนสารทำความเย็นในโครงการดังกล่าว ส่งผลต่อประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า จากห้องทดสอบ ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานในปัจจุบัน ยังไม่สามารถสะท้อนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แท้จริงได้ จึงจำเป็นต้องใช้ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลเป็นตัวชี้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะสะท้อนค่าการใช้พลังงานได้ใกล้เคียงกว่าเมื่อพิจารณาการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี โดยงานวิจัยนี้ ต้องการทราบว่า หลังจากเปลี่ยนสารทำความเย็นในโครงการดังกล่าวแล้ว ประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อจัดทำกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 และ HFC-32 โดยใช้ชุดอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาผลประหยัดจากการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศจากสาร HCFC-22 เป็น HFC-32

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนของรุ่นติดผนังแบบความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ทำงานคงที่ตลอดเวลา ขนาดทำความเย็น 2,638 3,517 5,276 และ 7,034 วัตต์ (9,000 12,000 18,000 และ 24,000 Btu/hr) หลังจากปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น จากสาร HCFC-22 เป็นสาร HFC-32 จากโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I ทั้ง 11 โรงงาน ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าจากการตรวจวัดที่สภาวะมาตรฐาน (ISO 16358-1: 2013)

2. จัดทำการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2559 โดยคิดเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัด 4 ภูมิภาคทั่วประเทศ ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีกรุงเทพมหานคร สถานีสงขลา เป็นค่าเฉลี่ยของทั้งประเทศ ใช้เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล

3. คำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังเปลี่ยนสารทำความเย็น โดยกำหนดเงื่อนไข 3 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1: ใช้งาน 24 ชั่วโมง

กรณีที่ 2: ใช้อาคารสำนักงาน เวลา 06.00 น. – 18.00 น. จำนวน 12 ชั่วโมง/วัน

กรณีที่ 3: ใช้ในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย เวลา 18.00 น. – 06.00 น. จำนวน 12 ชั่วโมง/วัน

4. ใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ผลิตและขายในประเทศไทยของโรงงานเครื่องปรับอากาศทั้ง 11 โรงงาน ในปี 2560 ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปี ตามเงื่อนไขในข้อ 3

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. รวบรวมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษามาตรฐาน ISO 16358-1
3. รวบรวมข้อมูลเครื่องปรับอากาศจากผู้ผลิตทั้ง 11 รายที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล
4. รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิภายนอกของประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อจัดทำ การกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

5. วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 เทียบกับ HFC-32 โดยใช้ Bin Temperature ของประเทศไทย

6. เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลเมื่อใช้ Bin Temperature ของประเทศไทยกรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางวัน และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงเวลากลางคืน เทียบกับค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลเมื่อใช้ Bin Temperature ตามค่าแนะนำ (Default)

7. วิเคราะห์ผลประหยัดจากการเปลี่ยนสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ ในเชิงการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งปี และจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง

8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

9. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Cooling Seasonal Performance Factor: CSPF) ของเครื่องปรับอากาศ ที่ได้จากการใช้สภาพภูมิอากาศจริงของประเทศไทย ซึ่งจะสามารถสะท้อนการใช้พลังงานที่แท้จริง จึงเป็นแนวทางในการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน สำหรับแต่ละช่วงเวลาการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

2. ทราบถึงการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย หลังจากเข้าร่วมโครงการลดและเลิกใช้สาร HCFC-22 และเปลี่ยนไปใช้สาร HFC-32

3. เป็นแนวทางในการร่างมาตรฐานการทดสอบเครื่องปรับอากาศสำหรับประเทศไทย

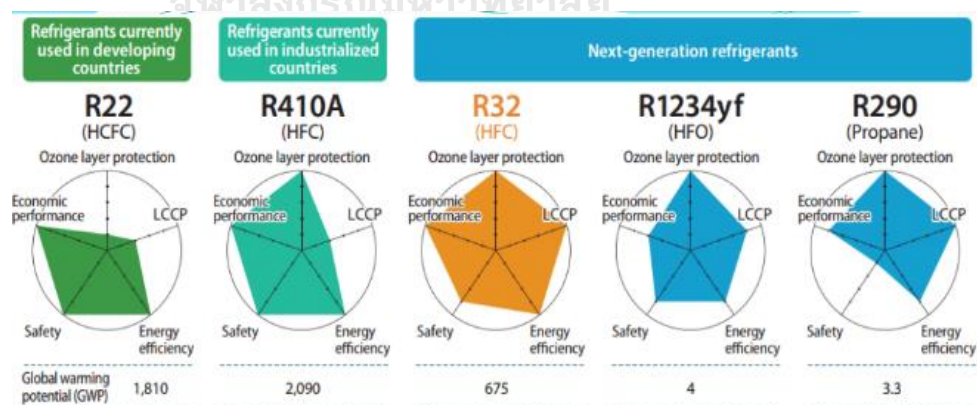
บทที่ 2

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 สารทำความเย็นสำหรับเครื่องปรับอากาศ

สารทำความเย็น (Refrigerant) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำงานร่วมกับระบบต่าง ๆ ในระบบทำความเย็น ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยในปัจจุบัน กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนามีการใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศประเภท HCFC หรือสาร R22 ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในบรรยากาศเพียงระยะเวลาสั้นๆ (Short Life Cycle Climate Performance) มีความปลอดภัยสูง มีประสิทธิภาพการทำความเย็นสูง แต่มีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนสูง (Global warming Potential: GWP) และเป็นสารที่มีค่าที่แสดงระดับการทำลายโอโซน (Ozone Depletion Potential : ODP) สูงด้วย ซึ่งในปัจจุบัน ถูกระงับการใช้ในประเทศไทยไปแล้วในปี พ.ศ.2560 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2560) สำหรับในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว จะใช้สาร HFC ประเภท R410A เป็นสารทำความเย็น ที่มีค่า ODP ต่ำ แต่ยังมีค่า GWP สูง ซึ่งได้ถูกระงับการใช้แล้ว จึงได้มีกลุ่มของสารทำความเย็นรุ่นใหม่ (Next-generation refrigerant) ที่มีค่า ODP และ GWP ต่ำลง ได้แก่ สาร HFC-32 หรือสาร R32 สารในกลุ่ม HFO หรือสาร R1234yf และสารในกลุ่มโพรเพน หรือสาร R290 รายละเอียดตามรูปที่ 2.1 ค่า ODP และ GWP รวมถึงคุณสมบัติของสารทำความเย็น R22 R410A และ R-32 (ตารางที่ 2.1) (Daikin Industries, Ltd., 2015)



รูปที่ 2.1 คุณสมบัติของสารทำความเย็นแต่ละประเภท

(ที่มา : Daikin Industries, Ltd., 2015)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของสารทำความเย็น R-22 R410A และ R-32

(ที่มา: Daikin Industries, Ltd., 2015)

	R-32	R410A	R-22
สูตรเคมี	CH ₂ F ₂	CH ₂ F ₂ /CHF ₂ CF ₃	CHClF ₂
ส่วนประกอบ (wt%)	-	R32/R125 (50/50 wt%)	-
จุดเดือด ©	-51.7	-51.5	-40.8
ความดัน (physical property) *1	3.14	3.07	1.94
Capacity (physical property) *2	160	141	100
COP (physical property) *3	95	91	100
Ozone depletion potential (ODP)	0	0	0.055
Global warming potential (GWP) *4	675	2090	1810
Flammability *5	Mildly flammable (A2L)	Non flammable (A1)	Non flammable (A1)

*1: Physical property value under a temperature condition of 50 C

*2: Temperature condition: 0/50 C; the value are relative value based on R22 as 100

*3: Te/Tc/SC/SH = 5/50/3/0 C

*4: GWP = Global warming potential; values are specified in IPCC 4th Assessment Report

*5: ISO817

ในปัจจุบัน ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการลดและเลิกใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน ระยะที่ 1 ระหว่างปี 2556-2561 ซึ่งในส่วนของภาคอุตสาหกรรมผลิตเครื่องปรับอากาศ มีข้อตกลงในการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น โดยโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย จำนวน 11 โรงงาน จะต้องเลิกใช้สารทำความเย็น HCFC-22 และเปลี่ยนไปใช้สารทำความเย็น HFC-32 ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก (ไม่เกิน 50,000 BTU/hr.) ขณะนี้โครงการได้ดำเนินการมาระยะหนึ่งใกล้จะปิดโครงการในปี พ.ศ.2561 งานวิจัยนี้จึงต้องการทราบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศหลังเข้าร่วมโครงการฯ เป็นอย่างไร

2.1.2 มาตรฐานสากลสำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศ

- ISO 5151:2010 Non-ducted air conditioners and heat pumps – Testing and rating for performance เป็นมาตรฐานการทดสอบและการกำหนดค่าประสิทธิภาพ
- ISO 16358-1:2013 Ai-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps – Testing and calculating methods for seasonal performance factors – Part 1: Cooling seasonal performance factor เป็นวิธีคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล

2.1.3 ประสิทธิภาพพลังงาน

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) เป็นการกำหนดประสิทธิภาพจากอัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิของเครื่องกับพิกัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ไป ทำงานภายใต้ภาวะที่กำหนด หน่วยที่อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยนิยมใช้ คือหน่วย Btu/hr (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย) แต่เนื่องจาก EER ไม่สามารถสะท้อนค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศได้ เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ จะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพอุณหภูมิภายนอก ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ จึงมีการคิดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบใหม่ เรียกว่า ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล ซึ่งสามารถสะท้อนค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศได้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงได้มากกว่า เป็นการกำหนดประสิทธิภาพจากอัตราส่วนผลรวมของความเย็นที่ผลิตโดยเครื่องปรับอากาศตลอดฤดู ต่อผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการสร้างความเย็นตลอดฤดู (สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย)

สำหรับวิธีคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล ตาม มอก. 2714 เล่ม 1–2558 หรือมาตรฐาน ISO 16358 – 1 : 2013 - Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF)

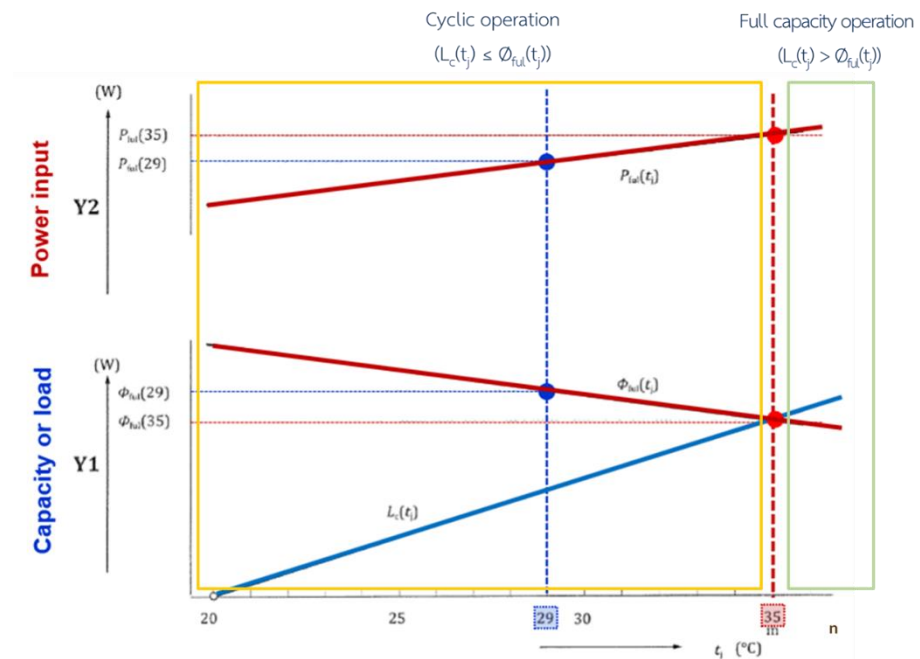
ค่า CSPF คือ อัตราส่วนของขีดความสามารถทำความเย็นรวมทั้งหมดเฉพาะช่วงฤดูที่ต้องการความเย็น (Cooling Seasonal Total Load : CSTL) ต่อพลังงานที่ใช้ทั้งหมดเฉพาะช่วงฤดูที่ต้องการความเย็น (Cooling Seasonal Energy Consumption : CSEC) หลักการของ CSPF ที่สำคัญ [2] คือ มีการนำอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาร่วมในการกำหนดค่าประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศโดยพิจารณาจากระดับ

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกของแต่ละชั่วโมงในช่วงเวลาที่พิจารณา ระยะเวลาเป็นชั่วโมงของอุณหภูมิภายนอกในช่วงพิจารณา และมีลักษณะค่าประสิทธิภาพแบบ part load มีการนำปัจจัยของภาระทำความเย็นมาพิจารณาร่วมด้วย รวมทั้งนำความสูญเสียจากการเปิด-ปิดของคอมเพรสเซอร์ (Cycling operation) มาพิจารณา โดยการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ปรับลดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเมื่อเดินเครื่องแบบเปิด-ปิด (Degradation Coefficient : C_D) ซึ่งการหาค่า CSPF คำนวณจากสมการที่ 1

$$CSPF = \frac{CSTL}{CSEC} \quad (1)$$

ขีดความสามารถทำความเย็นรวมทั้งหมดเฉพาะช่วงฤดูที่ต้องการความเย็น (Cooling Seasonal Total Load : CSTL) คำนวณจากสมการที่ 2 ซึ่งเป็นการคำนวณ 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง m และช่วงที่อยู่ระหว่าง m+1 ถึง n (รูปที่ 2.2) จุด m คือจุดที่เครื่องทำงานเท่ากับค่าทำความเย็นสูงสุดของเครื่อง และจุด m+1 ถึง n เป็นจุดที่ค่าภาระทำความเย็นที่ต้องการสูงกว่าขีดความสามารถทำความเย็นสูงสุดของเครื่อง n_j คือจำนวนชั่วโมงจาก Bin Temperature

$$CSTL = \sum_{j=1}^m L_c(t_j) \times n_j + \sum_{j=m+1}^n \phi_{ful}(t_j) \times n_j \quad (2)$$



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระการทำความเย็น (L_c)

ขีดความสามารถทำความเย็น (ϕ) และพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (P) ณ อุณหภูมิใดๆ (t_j)

(ที่มา: ISO 16358-1: 2013)

สำหรับช่วงที่อยู่ระหว่าง 1 ถึง m ซึ่งเป็นช่วงที่ค่าภาระทำความเย็น (L_c) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ ขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะ (ϕ_{full}) แล้ว L_c คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$L_c(t_j) = \phi_{full}(t_{100}) \times \frac{t_j - t_0}{t_{100} - t_0} \quad (3)$$

โดยที่ $\phi_{full}(t_{100})$ คือขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะที่อุณหภูมิสูงสุด

t_{100} คืออุณหภูมิสูงสุด

t_0 คืออุณหภูมิต่ำสุด

ทั้งนี้ สมมติว่า ภาระทำความเย็นแปรผันเป็นเส้นตรงกับอุณหภูมิภายนอก

สำหรับช่วงที่อยู่ระหว่าง $m+1$ ถึง n ซึ่งเป็นช่วงที่ L_c มีค่ามากกว่า ϕ_{full} แล้วขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะที่อุณหภูมิใดๆ ($\phi_{full}(t_j)$) คำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$\phi_{ful}(t_j) = \phi_{ful}(35) + \frac{\phi_{ful}(29) - \phi_{ful}(35)}{35 - 29} \times (35 - t_j) \quad (4)$$

ทั้งนี้ สมมติว่าขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะที่อุณหภูมิใดๆ มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับอุณหภูมิ อัตราการเปลี่ยนแปลงของขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะกำหนดจากขีดความสามารถทำความเย็นเต็มสมรรถนะที่อุณหภูมิภายนอก 29 องศาเซลเซียส และ 35 องศาเซลเซียส

พลังงานที่ใช้ทั้งหมดเฉพาะช่วงฤดูที่ต้องการความเย็น (Cooling Seasonal Energy Consumption : CSEC) คำนวณได้ดังสมการ 5

$$CSEC = \sum_{j=1}^n x(t_j) \times P_{ful}(t_j) \times \frac{n_j}{F_{PL}(t_j)} \quad (5)$$

a) ช่วงที่เป็น Cyclic operation ($L_c(t_j) \leq \phi_{ful}(t_j)$) สามารถหา operation factor หรือ $X(t_j)$ จากสมการ 6 และ $\phi(t_j) = \phi_{ful}(t_j)$

$$X(t_j) = \frac{L_c(t_j)}{\phi(t_j)} \quad (6)$$

b) ช่วงที่เป็น Full capacity operation ($L_c(t_j) > \phi_{ful}(t_j)$) แล้ว $X(t_j) = F_{PL}(t_j) = 1$

พิกัดกำลังไฟฟ้า (Power Input) ของเครื่องปรับอากาศขณะทำงานเต็มกำลังที่อุณหภูมิใดๆ ($P_{ful}(t_j)$) เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับอุณหภูมิภายนอก สามารถหา $P_{ful}(t_j)$ ได้จากสมการที่ 7 ซึ่งมาจากการตรวจวัดพิกัดกำลังไฟฟ้า 2 จุด คือที่ 29 องศาเซลเซียส และที่ 35 องศาเซลเซียส

$$P_{ful}(t_j) = P_{ful}(35) + \frac{P_{ful}(29) - P_{ful}(35)}{35 - 29} \times (35 - t_j) \quad (7)$$

Part load factor ที่อุณหภูมิต่างๆ ($F_{PL}(t_j)$) เกิดขณะเครื่องปรับอากาศเดินเครื่องเป็น Cyclic operation สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 8 โดยใช้ค่า Degradation coefficient (C_D) ในการคำนวณ ซึ่งกำหนดให้ใช้ค่าตามค่าแนะนำ (Default) ซึ่งเท่ากับ 0.25

$$F_{PL}(t_j) = 1 - C_D(1 - X(t_j)) \quad (8)$$

สำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ทำงาน คงที่ (Fixed Speed) จะต้องทดสอบขีดความสามารถทำความเย็น และพิกัดกำลังไฟฟ้า Full Load ที่ 35 องศาเซลเซียส สำหรับขีดความสามารถทำความเย็น และพิกัดกำลังไฟฟ้า Full Load ที่ 29 องศาเซลเซียส ใช้ค่าเริ่มต้น คู่กับ ขีดความสามารถทำความเย็น และกำลังไฟฟ้า Full Load ที่ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าเริ่มต้นสำหรับขีดความสามารถทำความเย็น เท่ากับ 1.077 และค่าเริ่มต้นสำหรับกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 0.914 (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 แสดงเงื่อนไขการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ตามในมาตรฐาน ISO 16358-1: 2013 (ที่มา: ISO 16358-1: 2013)

ภาวะการทดสอบ	ลักษณะการทำงาน	เครื่องปรับอากาศ		ค่าแนะนำ (Default)
		Fixed speed	Variable speed	
อุณหภูมิกลับเข้าสู่แฟนคอยล์ อุณหภูมิระเปาะแห้ง 27 °C อุณหภูมิระเปาะเปียก 19 °C อุณหภูมิก่อนเข้าสู่คอนเดนซิง อุณหภูมิระเปาะแห้ง 35 °C อุณหภูมิระเปาะเปียก 24 °C	Full load - ชีตความสามารถทำความเย็น $\Phi_{ful}(35)$ (W) - กำลังไฟฟ้า $P_{ful}(35)$ (W)	■	■	
	Half load - ชีตความสามารถทำความเย็น $\Phi_{ha}(35)$ (W) กำลังไฟฟ้า $P_{ha}(35)$ (W)	-	■	$\Phi_{ful}(29)/1.077$ $P_{ful}(29)/0.914$
อุณหภูมิกลับเข้าสู่แฟนคอยล์ อุณหภูมิระเปาะแห้ง 27 °C อุณหภูมิระเปาะเปียก 19 °C อุณหภูมิก่อนเข้าสู่คอนเดนซิง อุณหภูมิระเปาะแห้ง 29 °C อุณหภูมิระเปาะเปียก 19 °C	Full load - ชีตความสามารถทำความเย็น $\Phi_{ful}(29)$ (W) - กำลังไฟฟ้า $P_{ful}(29)$ (W)	-*	-	$1.077 \times \Phi_{ful}(35)$ $0.914 \times P_{ful}(35)$
	Half load - ชีตความสามารถทำความเย็น $\Phi_{ha}(29)$ (W) กำลังไฟฟ้า $P_{ha}(29)$ (W)	-	-	$1.077 \times \Phi_{ha}(35)$ $0.914 \times P_{ha}(35)$
■ ทดสอบ -ไม่ทดสอบ -* ไม่ทดสอบ แต่่นำค่าจากลักษณะการทำงานตามภาระดังกล่าว ที่ได้จากการคำนวณด้วยค่าแนะนำตามตาราง เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล				

การคำนวณค่า CSPF อ้างอิงเงื่อนไขอุณหภูมิ ตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution (ISO 16358 – 1: 2013) ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกที่ 20 - 35°C (ตารางที่ 2.3) (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2560)

ตารางที่ 2.3 Reference outdoor temperature bin distribution (ที่มา: ISO 16358 – 1: 2013)

Bin number j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Outdoor temperature t_j °C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Fractional bin hours	0.055	0.076	0.091	0.108	0.116	0.118	0.116	0.1	0.083	0.066	0.041	0.019	0.006	0.003	0.002	
Bin hours n_j	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9	n_{10}	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}	n_{15}	
Reference bin hours (n_j) h	100	139	165	196	210	215	210	181	150	120	75	35	11	6	4	1817

สำหรับค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลที่ปรากฏอยู่บนฉลากของเครื่องปรับอากาศ จะระบุเป็นค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio : SEER) มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 9

$$SEER = CSPF \times 3.412 \quad (9)$$

2.1.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการทราบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยนไปหลังจากปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น การหาพลังงานไฟฟ้าทั้งปี คำนวณได้จากสมการที่ 10 โดยสิ่งที่เป็นตัวแปรสำคัญได้แก่

1. จำนวนชั่วโมงที่เครื่องปรับอากาศทำงาน แบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวันในตอนกลางวัน และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวันในตอนกลางคืน

2. กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

$$\text{พลังงานไฟฟ้าต่อปี} = \text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานใน 1 วัน} \times 365 \quad (10)$$

2.1.5 ค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depleting Potential Value : ODP Value) และค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential value : GWP Value)

2.1.5.1 ค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depleting Potential Value: ODP Value)

ODP Value คือสัดส่วนที่แสดงความสามารถของสารในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน โดยกำหนดค่า ODP ของสาร CFC-11 เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ คือมีค่าเท่ากับ 1 สำหรับ ODP Value ของสาร HCFC-22 เท่ากับ 0.055 ในขณะที่ ODP Value ของสาร HFC-32 เท่ากับ 0

2.1.5.2 ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential value: GWP Value)

GWP Value คือ ค่าประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุลแต่ละประเภท โดยกำหนดค่า GWP ของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ คือมีค่าเท่ากับ 1 สำหรับ GWP Value ของสาร

HCFC-22 เท่ากับ 1,810 ในขณะที่ ODP Value ของสาร HFC-32 เท่ากับ 675 สารทำความเย็นที่ดีจะต้องมีค่า ODP เป็น 0 และ GWP ต่ำ (Kingspan Insulation Middle. 2016)

2.1.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

Emission Factor สำหรับการใช้ไฟฟ้า คือ 0.5821 kg CO₂eq/kWh (องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก 2018)

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของ ทรงพล โพธิ์สุวรรณกุล, Ji Yong Jang และ Gang Li พบว่า EER ไม่สะท้อนประสิทธิภาพจริงของเครื่องปรับอากาศ ถ้าต้องการทราบการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี ควรใช้ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (the seasonal energy efficiency ratio: SEER) ซึ่งจะสะท้อนค่าการใช้พลังงานจริงได้ใกล้เคียงกว่า

Vedat Oruç และคณะ ศึกษา การใช้พลังงาน (Consumed Energy) ประสิทธิภาพการทำความเย็น (Cooling Capacity) และสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP values) ของสารทำความเย็นประเภท HFC จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ R417A, R422A, R422D and R424A ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่ใช้แทนสาร R22 ได้ โดยทำการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยกำหนดอุณหภูมิภายนอกที่ต่างกันสามแบบ คือ 35, 38 และ 41 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในเครื่องของเครื่องปรับอากาศถูกปรับให้อยู่ที่ 18 องศาเซลเซียส พบว่า COP Values ไม่แตกต่างกับ COP ของสาร R22 ซึ่งพบว่าสาร R424A เหมาะสมที่จะใช้แทนสาร R22 มากที่สุด ณ อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส ค่า COP น้อยกว่า R22 ร้อยละ 2.5 แต่การศึกษาของ Mark W. Spatz และคณะ หาค่า COP values ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น R410A และ R290 เปรียบเทียบการสาร R22 ที่อุณหภูมิภายนอกอยู่ระหว่าง 7-35 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า COP Values สูงกว่า ซึ่งการศึกษาของ Alejandro López-Belchí และคณะ ทดลองการแทนที่สารทำความเย็น R410A ด้วยสารทำความเย็น R32 พบว่าช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบ ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ Adrián Mota-Babiloni และคณะ ศึกษาการใช้สารทำความเย็น R32 แทนสาร R410A ในเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านอยู่อาศัยในยุโรปและสหรัฐอเมริกา พบว่าสารทำความเย็น R32 มีการถ่ายเทความร้อนที่ดีมาก ประสิทธิภาพดีกว่า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็น HCFC-22 เป็น HFC-32 มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รวบรวมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษามาตรฐาน ISO 16358-1
3. รวบรวมข้อมูลเครื่องปรับอากาศ

รวบรวมข้อมูล รุ่น ขนาดทำความเย็น อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ชีตความสามารถทำความเย็น พิกัดกำลังไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศแบบคงที่ ที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 และ HFC-32 ซึ่งเป็นค่าที่ได้ตามมาตรฐานการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ของโรงงานทั้ง 11 โรงงานที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I

4. จัดทำการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Bin Temperature) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

เนื่องจากการคำนวณค่า CSPF อ้างอิงเงื่อนไขอุณหภูมิ ตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution (ISO 16358 – 1: 2013) ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกที่ 20 - 35°C จำนวน 1,817 ชั่วโมง เป็นการคิดเฉพาะช่วงที่ต้องการความเย็น (Cooling Season) แต่สำหรับประเทศไทย อุณหภูมิทั้ง 365 วัน หรือ 8,760 ชั่วโมง เป็นช่วงที่ต้องการความเย็นเกือบทั้งหมด จึงไม่เหมาะที่จะนำชุดอุณหภูมิดังกล่าวมาใช้ในการหาค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล ดังนั้น จึงได้สร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอกขึ้นใหม่ โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายชั่วโมงของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้จากสถานีตรวจวัด 4 สถานี ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีกรุงเทพมหานคร สถานีสงขลา โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2559 เป็นตัวแทนในการสร้างชุดอุณหภูมิภายนอกสำหรับประเทศไทย โดยทำการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก 3 ชุด คือ ชุดอุณหภูมิภายนอกตลอดทั้งวัน ชุดอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลากลางวัน จำนวน 12 ชั่วโมง เริ่มนับตั้งแต่วันที่ 6.00 น. ถึง 18.00 น. และชุดอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลากลางคืน จำนวน 12 ชั่วโมง เริ่มนับตั้งแต่วันที่ 18.00 น. ถึง 6.00 น.

การจัดทำการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอกสำหรับประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ช่วงอุณหภูมิ ได้แก่

ช่วงที่ 1 : อุณหภูมิระหว่าง 20-35 °C

ช่วงที่ 2 : อุณหภูมิระหว่าง 20-อุณหภูมิสูงสุดของแต่ละช่วงเวลาที่จะพิจารณา

การจัดทำการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เริ่มจากรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิรายชั่วโมงรายชั่วโมงของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้จากสถานี

ตรวจวัด 4 สถานี ได้แก่ สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีกรุงเทพมหานคร สถานีสงขลา ในปี พ.ศ. 2559 โดยนับจำนวนชั่วโมงที่เกิดอุณหภูมินั้นๆ ในแต่ละปี ของแต่ละสถานี เพื่อค้นหาเฉลี่ย

5. วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Cooling Seasonal Performance Factor : CSPF ตามมาตรฐาน ISO 16358 – 1: 2013 เป็นสัดส่วนของขีดความสามารถทำความเย็นรวมทั้งหมด (Cooling Seasonal Total Load : CSTL) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (Cooling Seasonal Energy Consumption : CSEC) การคำนวณดังสมการที่ 1-8 ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

●พิจารณาสารทำความเย็น

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 เทียบกับ HFC-32 โดยใช้ชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Bin Temperature) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

●พิจารณาช่วงการใช้งาน

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ที่ใช้ช่วงอุณหภูมิตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยแบ่งชั่วโมงการใช้งานออกเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) เทียบกับช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ (Default)

6. วิเคราะห์ผลประหยัดจากการเปลี่ยนสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศในเชิงการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งปี และจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง โดยใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ผลิตและขายในประเทศ ในปี พ.ศ. 2560 จากโรงงานเครื่องปรับอากาศทั้ง 11 โรงงาน ในการคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศรวมทั้งปี และเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศหลังจากเปลี่ยนสารทำความเย็น

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอ

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Bin Temperature)

4.1.1 ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ใช้ข้อมูลอุณหภูมิของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2559 ตลอดทั้งปี จำนวน 8,784 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-43 °C แต่เนื่องจากอุณหภูมิตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution (ISO 16358 – 1: 2013) ซึ่งเป็นจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกที่ 20 – 35 °C (15 ช่วงอุณหภูมิ) จึงแบ่งอุณหภูมิของประเทศไทยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่า 20 °C ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกอยู่ระหว่าง 20 - 35 °C และช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	จำนวนชั่วโมง	ร้อยละ (%)
10-20	298	3.39
20-35	8,053	91.68
35-43	433	4.93
รวม	8,784	100.00

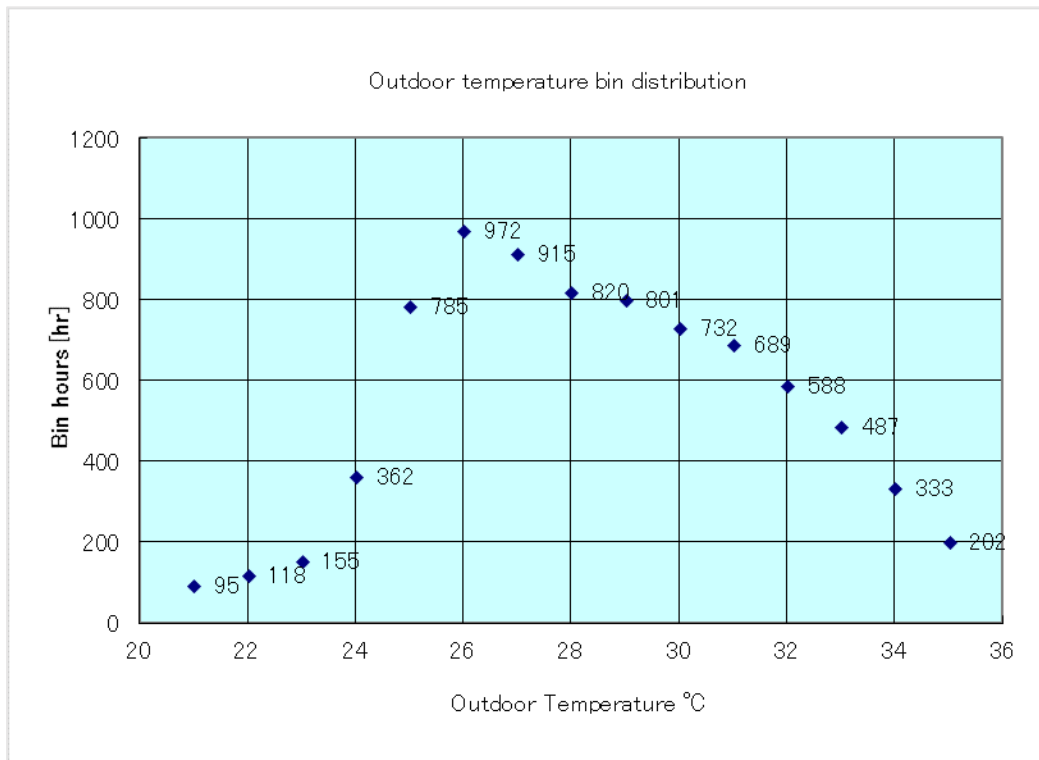
ตัดข้อมูลอุณหภูมิในช่วงระหว่าง 10-20 °C ทั้งสิ้น 298 ชั่วโมง คิดเป็น 3.39% เนื่องจากในช่วงนี้ไม่มีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิในช่วง 35-43 °C ซึ่งมีทั้งสิ้น 433 ชั่วโมง คิดเป็น 4.93% จะต้องนำมาพิจารณาร่วมกับการพิจารณาอุณหภูมิในช่วง 20-35 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิตามตาราง Reference

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C จำนวน 8,053 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.2) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 28.5 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.1

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C จำนวน 8,486 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.3) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 28.9 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

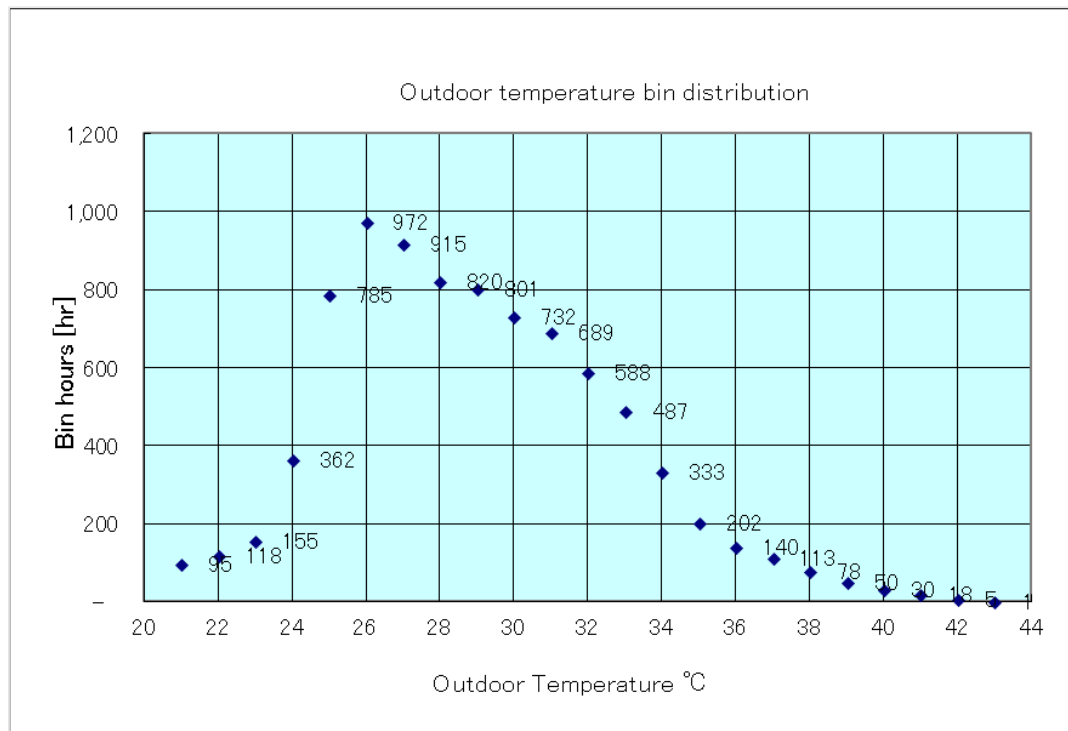
Bin number j	Outdoor Temperature °C	Bin hours n_j
1	21	95
2	22	118
3	23	155
4	24	362
5	25	785
6	26	972
7	27	915
8	28	820
9	29	801
10	30	732
11	31	689
12	32	588
13	33	487
14	34	333
15	35	202
		8,053



รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย
ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

ตารางที่ 4.3 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C

Bin number	Outdoor Temperature	Bin hours
j	°C	n_j
1	21	95
2	22	118
3	23	155
4	24	362
5	25	785
6	26	972
7	27	915
8	28	820
9	29	801
10	30	732
11	31	689
12	32	588
13	33	487
14	34	333
15	35	202
16	36	140
17	37	113
18	38	78
19	39	50
20	40	30
21	41	18
22	42	5
23	43	1
		8,486



รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C

4.1.2 ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน (6.00-18.00 น.)

การสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน ใช้ข้อมูลของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2559 เฉพาะในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 น. จำนวน 4,392 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-42 °C เมื่อแบ่งอุณหภูมิของประเทศไทยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่า 20 °C ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกอยู่ระหว่าง 20 - 35 °C และช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางวัน

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	จำนวนชั่วโมง	ร้อยละ (%)
10-20	86	1.96
20-35	3,925	89.37
35-42	381	8.67
รวม	4,392	100.00

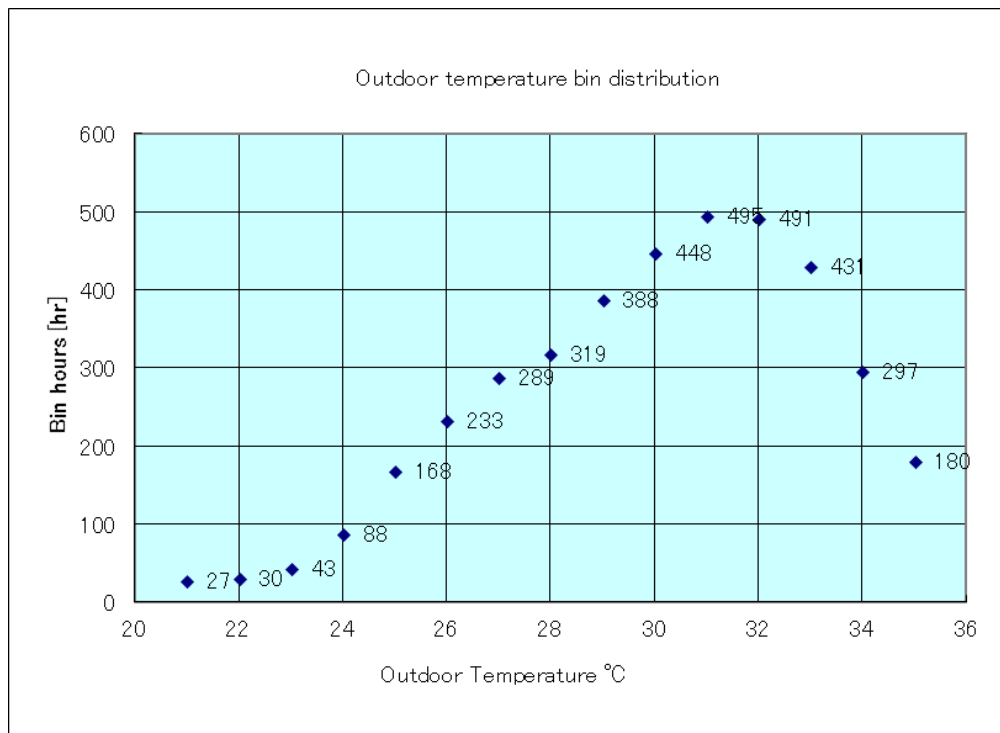
ตัดข้อมูลอุณหภูมิในช่วงระหว่าง 10-20 °C ทั้งสิ้น 86 ชั่วโมง คิดเป็น 1.96% เนื่องจากในช่วงนี้ไม่มีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิในช่วง 35-42 °C ซึ่งมีทั้งสิ้น 381 ชั่วโมง คิดเป็น 8.67% จะต้องนำมาพิจารณาร่วมกับการพิจารณาอุณหภูมิในช่วง 20-35 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิตามตาราง Reference

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C จำนวน 3,925 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.5) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 30.0 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.3

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวัน เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-42 °C จำนวน 4,306 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.6) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 30.6 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางวัน
ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

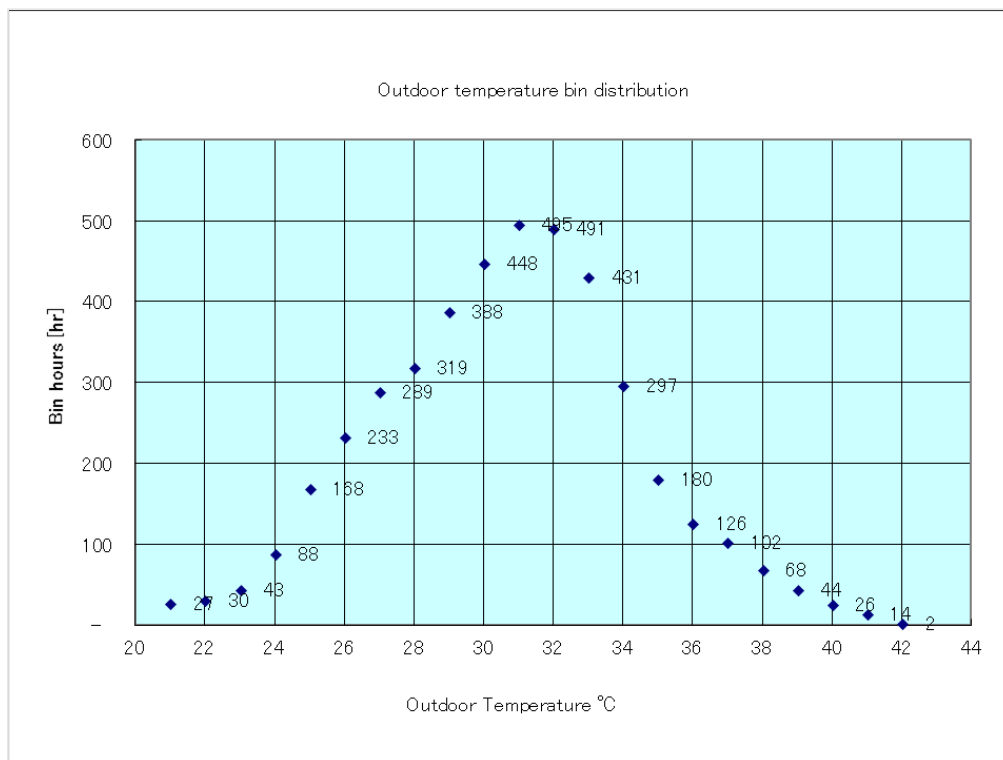
Bin number j	Outdoor Temperature °C	Bin hours n_j
1	21	27
2	22	30
3	23	43
4	24	88
5	25	168
6	26	233
7	27	289
8	28	319
9	29	388
10	30	448
11	31	495
12	32	491
13	33	431
14	34	297
15	35	180
		3,925



รูปที่ 4.3 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลากลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

ตารางที่ 4.6 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-42 °C

Bin number	Outdoor Temperature	Bin hours
j	°C	n_j
1	21	27
2	22	30
3	23	43
4	24	88
5	25	168
6	26	233
7	27	289
8	28	319
9	29	388
10	30	448
11	31	495
12	32	491
13	33	431
14	34	297
15	35	180
16	36	126
17	37	102
18	38	68
19	39	44
20	40	26
21	41	14
22	42	2
		4,306



รูปที่ 4.4 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลากลางวัน ในช่วงอุณหภูมิ 20-42 °C

4.1.3 ผลของการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางวันคืน

การสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในช่วงเวลากลางคืน ใช้ข้อมูลของประเทศไทย จากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2559 เฉพาะในช่วงเวลา 18.00 – 6.00 น. จำนวน 4,392 ชั่วโมง พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 10-43 °C เมื่อแบ่งอุณหภูมิของประเทศไทยออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่า 20 °C ช่วงที่อุณหภูมิภายนอกอยู่ระหว่าง 20 - 35 °C และช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 แสดงจำนวนชั่วโมงในแต่ละอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืน

ช่วงอุณหภูมิ (°C)	จำนวนชั่วโมง	ร้อยละ (%)
10-20	212	4.83
20-35	4,128	93.99
35-43	52	1.18
รวม	4,392	100.00

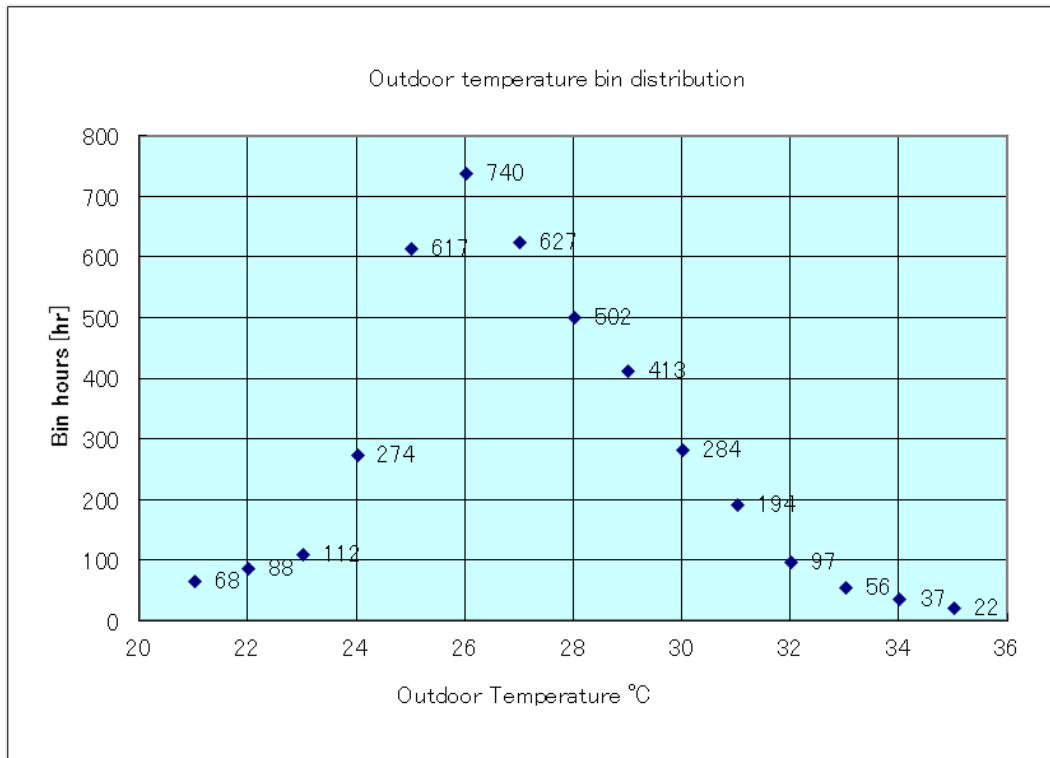
ตัดข้อมูลอุณหภูมิในช่วงระหว่าง 10-20 °C ทั้งสิ้น 212 ชั่วโมง คิดเป็น 4.83% เนื่องจากในช่วงนี้ไม่มีความจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิในช่วง 35-43 °C ซึ่งมีทั้งสิ้น 52 ชั่วโมง คิดเป็น 1.18% จะต้องนำมาพิจารณาร่วมกับ การพิจารณาอุณหภูมิในช่วง 20-35 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิตามตาราง Reference

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืน เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C จำนวน 4,128 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.8) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 26.9 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.5

ผลการสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืน เมื่อพิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C จำนวน 4,180 ชั่วโมง (ตารางที่ 4.9) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 27.2 °C การกระจายอุณหภูมิภายนอกแสดงดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.8 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

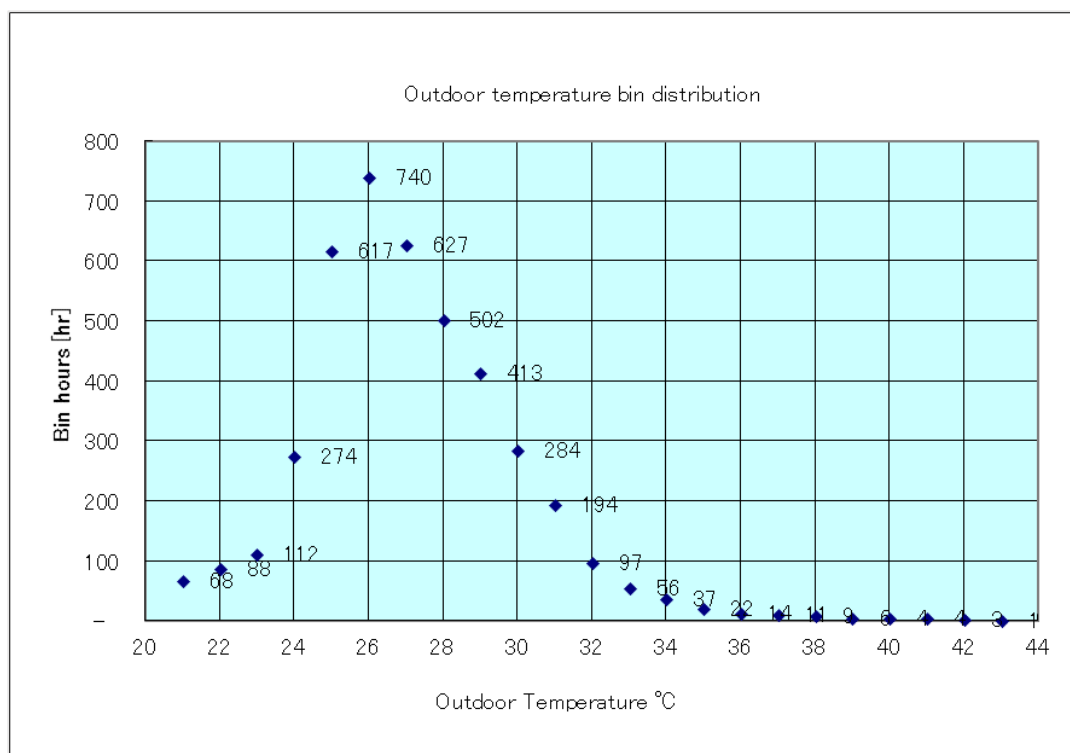
Bin number j	Outdoor Temperature °C	Bin hours n_j
1	21	68
2	22	88
3	23	112
4	24	274
5	25	617
6	26	740
7	27	627
8	28	502
9	29	413
10	30	284
11	31	194
12	32	97
13	33	56
14	34	37
15	35	22
		4128



รูปที่ 4.5 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลากลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

ตารางที่ 4.9 แสดง Bin Temperature ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C

Bin number	Outdoor Temperature	Bin hours
j	°C	n_j
1	21	68
2	22	88
3	23	112
4	24	274
5	25	617
6	26	740
7	27	627
8	28	502
9	29	413
10	30	284
11	31	194
12	32	97
13	33	56
14	34	37
15	35	22
16	36	14
17	37	11
18	38	9
19	39	6
20	40	4
21	41	4
22	42	3
23	43	1
		4,180



รูปที่ 4.6 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายนอกตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยช่วงเวลากลางคืน ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายนอกที่ได้จากตารางอ้างอิง ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.1 °C พบว่า Outdoor Bin Temperature ที่สร้างจากอุณหภูมิภายนอกของประเทศไทย ทั้ง 3 กรณี มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายนอกที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตามตารางอ้างอิง ทุกกรณี และจากการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่าง พิจารณาช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C กับช่วง 20 °C – อุณหภูมิสูงสุดของแต่ละช่วงเวลา พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 20 °C – อุณหภูมิสูงสุดของแต่ละช่วงเวลา มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 20-35 (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยจากการสร้าง Outdoor Temperature Bin Distribution

รายการ	อ้างอิง	ตลอดทั้งวัน		เวลากลางวัน		เวลากลางคืน	
		20-35	20-43	20-35	20-42	20-35	20-43
อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	26.1	28.5	28.9	30.0	30.6	26.9	27.2
จำนวนชั่วโมง (ชั่วโมง)	1,817	8,053	8,486	3,925	4,306	4,128	4,180

4.2 ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Cooling Seasonal Performance Factor: CSPF)

การวิเคราะห์ค่า CSPF อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO-16358-1 และใช้ชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Bin Temperature) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยใช้ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20-43 °C จำนวน 8,486 ชั่วโมง

4.2.1 พิจารณาสารทำความเย็น

4.2.1.1 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.72 (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	2,755	710	4.01
B	2,773	774	3.70
C	2,673	739	3.73
D	2,696	750	3.71
E	2,739	770	3.67
F	2,696	720	3.87
G	2,726	759	3.71
H	2,755	710	4.01
I	2,755	949	3.00
J	2,695	727	3.83
K	2,726	760	3.70
เฉลี่ย			3.72

4.2.1.2 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.74 (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	3,693	947	4.02
B	3,705	1,006	3.80
C	3,565	994	3.70
D	3,810	1,050	3.75
E	3,564	1,000	3.68
F	3,664	965	3.92
G	3,546	928	3.95
H	3,693	1,040	3.67
I	3,722	1,240	3.10
J	3,897	1,037	3.88
K	3,751	1,060	3.65
เฉลี่ย			3.74

4.2.1.3 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.70 (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	5,393	1,399	3.98
B	5,376	1,493	3.72
C	5,326	1,494	3.68
D	5,510	1,530	3.72
E	5,466	1,520	3.71
F	5,569	1,490	3.86
G	5,334	1,457	3.78
H	5,334	1,500	3.67
I	5,569	1,855	3.10
J	5,598	1,517	3.81
K	5,305	1,500	3.65
เฉลี่ย			3.70

4.2.1.4 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.74 (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	7,474	1,916	4.03
B	7,339	2,046	3.70
C	7,103	1,944	3.77
D	7,415	2,050	3.73
E	7,038	1,950	3.73
F	7,386	1,920	3.97
G	7,063	1,918	3.80
H	7,063	1,950	3.74
I	7,474	2,443	3.16
J	7,398	2,016	3.79
K	7,444	2,090	3.68
เฉลี่ย			3.74

4.2.1.5 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.56 (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 2,638 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	2,755	771	3.69
B	2,773	827	3.46
C	2,673	772	3.57
D	2,696	755	3.69
E	2,739	779	3.63
F	2,696	786	3.54
G	2,726	775	3.63
H	2,755	783	3.63
I	2,755	949	3.00
J	2,695	753	3.70
K	2,726	775	3.63
เฉลี่ย			3.56

4.2.1.6 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.50 (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 3,517 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	3,693	1,074	3.55
B	3,705	1,123	3.41
C	3,565	1,015	3.63
D	3,810	1,082	3.63
E	3,564	1,005	3.66
F	3,664	1,070	3.53
G	3,546	1,008	3.63
H	3,693	1,050	3.63
I	3,722	1,282	3.00
J	3,897	1,097	3.67
K	3,751	1,234	3.14
เฉลี่ย			3.50

4.2.1.7 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.56 (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 5,276 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	5,393	1,532	3.63
B	5,376	1,505	3.69
C	5,326	1,536	3.58
D	5,510	1,579	3.60
E	5,466	1,554	3.63
F	5,569	1,609	3.57
G	5,334	1,504	3.66
H	5,334	1,517	3.63
I	5,569	1,902	3.02
J	5,598	1,541	3.75
K	5,305	1,619	3.38
เฉลี่ย			3.56

4.2.1.8 ผลวิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์

การวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์ จากผู้ผลิต 11 ราย ที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.57 (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22 ขนาดทำความเย็น 7,034 วัตต์

บริษัท	ขีดความสามารถทำความเย็น	พิกัดกำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)
A	7,474	2,111	3.66
B	7,339	2,124	3.57
C	7,103	2,040	3.60
D	7,415	2,162	3.54
E	7,038	2,001	3.63
F	7,386	2,150	3.55
G	7,063	1,975	3.69
H	7,063	1,975	3.69
I	7,474	2,535	3.04
J	7,398	2,067	3.69
K	7,444	2,142	3.59
เฉลี่ย			3.57

ผลการวิเคราะห์หา CSPF ของเครื่องปรับอากาศ ขนาดทำความเย็น 2,638 3,517 5,276 และ 7,034 วัตต์ จากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I ทั้ง 11 ผู้ผลิต เมื่อพิจารณาสารทำความเย็น ระหว่างสารทำความเย็น HFC-32 และ HCFC-22 การวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 16358-1 โดยใช้ Outdoor Temperature Bin

Distribution ของประเทศไทย ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C พบว่า ค่าเฉลี่ย CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 มากกว่า HCFC-22 ร้อยละ 4.99 (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 แสดง CSPF ของเครื่องปรับอากาศใช้สารทำความเย็น HFC-32 และ HCFC-22

ขนาดทำความเย็น (วัตต์)	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล		ความแตกต่าง (%)
	HFC-32	HCFC-22	
2,638	3.72	3.56	4.48
3,517	3.74	3.50	6.87
5,276	3.70	3.56	3.88
7,034	3.74	3.57	4.73
เฉลี่ย	3.72	3.55	4.99

4.2.2 พิจารณาช่วงการใช้งาน

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 การวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 16358-1 โดยใช้ Outdoor Temperature Bin Distribution ของประเทศไทย ในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C โดยพิจารณาช่วงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) เทียบกับช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ (Default)

4.2.2.1 ค่า CSPF กรณีใช้ช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ

วิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 โดยใช้ช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ พบว่า ค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.83 (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 แสดง CSPF กรณีใช้ช่วงอุณหภูมิตามคำแนะนำ

บริษัท	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)			
	2,638	3,517	5,276	7,034
A	4.12	4.14	4.09	4.14
B	3.80	3.91	3.82	3.81
C	3.84	3.81	3.79	3.88
D	3.82	3.85	3.82	3.84
E	3.78	3.79	3.82	3.83
F	3.98	4.03	3.97	4.08
G	3.81	4.06	3.89	3.91
H	4.12	3.77	3.78	3.85
I	3.08	3.19	3.19	3.25
J	3.94	3.99	3.92	3.90
K	3.81	3.76	3.76	3.78
เฉลี่ย	3.83	3.84	3.80	3.84
	3.83			

4.2.2.2 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

วิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า ค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.72 (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน

บริษัท	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)			
	2,638	3,517	5,276	7,034
A	4.01	4.02	3.98	4.03
B	3.70	3.80	3.72	3.70
C	3.73	3.70	3.68	3.77
D	3.71	3.75	3.72	3.73
E	3.67	3.68	3.71	3.73
F	3.87	3.92	3.86	3.97
G	3.71	3.95	3.78	3.80
H	4.01	3.67	3.67	3.74
I	3.00	3.10	3.10	3.16
J	3.83	3.88	3.81	3.79
K	3.70	3.65	3.65	3.68
เฉลี่ย	3.72	3.74	3.70	3.74
	3.72			

4.2.2.3 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.)

วิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) พบว่า ค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.68 (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.22 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน

บริษัท	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)			
	2,638	3,517	5,276	7,034
A	3.95	3.97	3.93	3.98
B	3.65	3.75	3.67	3.66
C	3.69	3.65	3.63	3.72
D	3.66	3.70	3.67	3.69
E	3.63	3.63	3.66	3.68
F	3.82	3.87	3.81	3.92
G	3.66	3.89	3.73	3.75
H	3.95	3.62	3.62	3.69
I	2.96	3.06	3.06	3.12
J	3.78	3.83	3.76	3.74
K	3.65	3.61	3.60	3.63
เฉลี่ย	3.67	3.69	3.65	3.69
	3.68			

4.2.2.4 ค่า CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.)

วิเคราะห์ค่า CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) พบว่า ค่าเฉลี่ย CSPF เท่ากับ 3.80 (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 แสดง CSPF กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน

บริษัท	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF)			
	2,638	3,517	5,276	7,034
A	4.09	4.11	4.06	4.11
B	3.77	3.88	3.79	3.78
C	3.81	3.78	3.76	3.85
D	3.79	3.82	3.79	3.81
E	3.75	3.75	3.79	3.80
F	3.94	4.00	3.94	4.05
G	3.78	4.03	3.86	3.88
H	4.09	3.74	3.75	3.82
I	3.06	3.16	3.16	3.22
J	3.91	3.96	3.89	3.87
K	3.78	3.73	3.73	3.75
เฉลี่ย	3.80	3.81	3.77	3.81
	3.80			

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 โดยพิจารณาช่วงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) และกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) เทียบกับช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ (Default) พบว่า กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน มีค่าลดลงร้อยละ 2.87 สำหรับค่า CSPF ที่ใช้ชุดอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน มีค่าลดลงมากถึงร้อยละ 3.92 ในขณะที่ CSPF ที่ใช้ชุดอุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืน ลดลงเล็กน้อยเพียงร้อยละ 0.78 (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาลในช่วงอุณหภูมิต่างๆ

รายการ	ประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล	
	จำนวน	ร้อยละ
ช่วงอุณหภูมิตามค่าแนะนำ (Default)	3.83	0.00
ช่วงอุณหภูมิประเทศไทยตลอดทั้งวัน	3.72	-2.87
ช่วงอุณหภูมิประเทศไทยช่วงเวลากลางวัน	3.68	-3.92
ช่วงอุณหภูมิประเทศไทยช่วงเวลากลางคืน	3.80	-0.78

4.3 ผลประหยัดจากการเปลี่ยนสารทำความเย็น

ภายใต้โครงการให้ความช่วยเหลือผู้ประกอบการในภาคเครื่องปรับอากาศเพื่อปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก HCFC-22 เป็น HFC-32 ได้คำนวณค่า ค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Ozone Depletion Potential: ODP) และค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ที่ลดลงจากการเปลี่ยนสารทำความเย็นดังกล่าว โดยใช้ปริมาณสารทำความเย็นเดิม (HCFC-22) ที่ใช้ที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรับอากาศในปี พ.ศ.2553 เป็นปีฐาน ซึ่งเท่ากับ 874.60 ตัน เมื่อเปลี่ยนสารทำความเย็นเป็น HFC-32 ปริมาณการใช้จะลดลงร้อยละ 30 ทำให้ปริมาณการใช้ HFC-32 เท่ากับ 612.22 ตัน พบว่าสามารถลดค่าศักยภาพในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซนลง 48.10 ODP ตัน และลดค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนลง 1.17 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ตารางที่ 4.25)

ตารางที่ 4.25 แสดง ODP Value และ GWP Value

สารทำความเย็น	ปริมาณการใช้ (ตัน)	ODP Value	GWP Value	ODP x ปริมาณการใช้ (ODP ตัน)	GWP x ปริมาณการใช้ (ตัน CO ₂ เทียบเท่า)
HCFC-22	874.60	0.055	1,810.00	48.10	1,583,034.33
HFC-32	612.22	-	675.00	-	413,250.67
ผลประหยัด				48.10	1,169,783.65

นอกจากนี้ ได้วิเคราะห์หาพลังงานที่ใช้ทั้งหมด (Cooling Seasonal Energy Consumption: CSEC) กรณีการใช้งานเครื่องปรับอากาศหลังเปลี่ยนสารทำความเย็น HCFC-22 เป็น HFC-32 โดยได้รวบรวมจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ที่ผลิตในปีพ.ศ. 2560 จากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I จำนวน 11 ผู้ผลิต (ตารางที่ 4.26) เพื่อวิเคราะห์หาพลังงานที่ใช้ทั้งหมดและคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยวิเคราะห์ 3 กรณี ได้แก่ (1) กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน (2) กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน (6.00-18.00 น.) และ (3) กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในตอนกลางคืน (18.00-6.00 น.) พบว่า กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ประหยัดพลังงานไฟฟ้า 80.42 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อปี หรือเท่ากับ 46.81 ล้าน กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สำหรับกรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) พบว่า ประหยัดพลังงานไฟฟ้า 48.89 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อปี หรือเท่ากับ 28.46 ล้าน กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในขณะที่กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมง ในเวลากลางคืน (18.00 – 6.00 น.) พบว่า ประหยัดพลังงานไฟฟ้า 31.53 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อปี หรือเท่ากับ 18.35 ล้าน กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ตารางที่ 4.27)

ตารางที่ 4.26 แสดงจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 ที่ผลิตในปีพ.ศ. 2560

ขนาดทำความเย็น (วัตต์)	จำนวน (ตัว)
2,638	32,811
3,517	105,745
5,276	51,319
7,034	39,768
รวม	229,643

ตารางที่ 4.27 แสดงผลประหยัดจากการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น

รายการ	ผลประหยัด ใน 1 ปี	
	พลังงานไฟฟ้า ทั้งหมด (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO ₂ eq/กิโลวัตต์ชั่วโมง)
กรณีใช้งาน 24 ชั่วโมง	80,421,684	46,813,462
กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงในตอนกลางวัน	48,893,615	28,460,973
กรณีใช้งาน 12 ชั่วโมงในตอนกลางคืน	31,528,069	18,352,489



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

- การสร้างการกระจายชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เมื่อพิจารณาช่วงอุณหภูมิตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution ซึ่งเป็นการพิจารณาช่วงอุณหภูมิที่อยู่ระหว่าง 20-35 °C โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งานตลอดทั้งปี กรณีใช้งานในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) และกรณีใช้งานในช่วงเวลากลางคืน (18.00 - 6.00 น.) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตามสภาพภูมิอากาศภายนอกของประเทศไทย ที่พิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C ของทั้ง 3 กรณี มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ย ตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution

- เมื่อพิจารณาช่วงอุณหภูมิตามตาราง Reference outdoor temperature bin distribution ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่อยู่ระหว่าง 20-35 °C แต่สำหรับประเทศไทย พบว่าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10-43 °C จะเห็นได้ว่ามีช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C และช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C โดยช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C ไม่ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากเป็นช่วงที่ไม่มีคามจำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศ แต่สำหรับช่วงที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C จะต้องนำมาพิจารณาร่วมด้วย โดยได้สร้างตาราง Bin temperature ในช่วงอุณหภูมิ 20 – 43 °C แบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีใช้งานตลอดทั้งปี กรณีใช้งานในช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) และกรณีใช้งานในช่วงเวลากลางคืน (18.00 - 6.00 น.) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยตามสภาพภูมิอากาศภายนอกของประเทศไทย ที่พิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-43 °C ของทั้ง 3 กรณี มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยที่พิจารณาในช่วงอุณหภูมิ 20-35 °C

- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายนอก กล่าวคือ เมื่อใช้ชุดอุณหภูมิภายนอก (Outdoor Bin Temperature) ที่แตกต่างกัน จะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันด้วย พบว่า CSPF ที่ใช้ชุดอุณหภูมิตามสภาพภูมิอากาศประเทศไทย ลดลงจาก CSPF ที่ใช้ชุดอุณหภูมิแนะนำ (Default) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบ CSPF ที่ใช้ชุดอุณหภูมิตามสภาพภูมิอากาศประเทศไทยช่วงกลางวันและกลางคืน ที่มีค่าลดลงจากชุดอุณหภูมิแนะนำ เนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง (มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตามชุดอุณหภูมิแนะนำ)

- การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (CSPF) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นติดผนัง แบบความเร็วรอบของคอมเพลสเซอร์ทำงานคงที่ตลอดเวลา ขนาดทำความเย็น 2,638 3,517 5,276 และ 7,034 วัตต์ จากผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศที่เข้าร่วมโครงการ Thailand HPMP Stage I จำนวน 11 ผู้ผลิต หลังจากปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น

HCFC-22 เป็น HFC-32 พบว่าค่าเฉลี่ย CSPF ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 สูงกว่า HCFC-22 ทุกขนาดทำความเย็น โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.99 หรือคิดเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้าประมาณ 2,400 ล้านบาทต่อปี

- ผลของการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก HCFC-22 เป็น HFC-32 ภายใต้โครงการ Thailand HPMP Stage I พบว่าสามารถลดคาร์บอนไดออกไซด์ลง 1.17 ล้านตัน ตลอดช่วงชีวิตการใช้งาน ซึ่งหากมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32 แทน HCFC-22 ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า จะช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ลงเพิ่มเติมจากการใช้งาน ซึ่งกรณีใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า 80.42 ล้าน กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี หรือเทียบเท่าการลดคาร์บอนไดออกไซด์ 46,813 ตัน หรือเทียบกับการปลดปล่อยมลพิษจากรถยนต์ประมาณ 80,000 คันต่อปี ซึ่งผลกระทบดังกล่าว เป็นเพียงร้อยละ 10 ของผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมด เนื่องจากจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สาร HFC-32 ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย โดยบริษัทผลิตเครื่องปรับอากาศที่เข้าร่วมโครงการ 11 ราย คิดเป็นสัดส่วนเพียงร้อยละ 10 ของจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สาร HFC-32 ที่ขายในประเทศทั้งหมด หากคิดรวมแล้ว พบว่าผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ เทียบเท่าการลดมลพิษจากรถยนต์มากถึง 2 ล้านคันต่อปี

5.2 ข้อเสนอแนะ

- การจัดทำชุดอุณหภูมิ (Outdoor Temperature Bin Distribution) ตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2559 เพียง 1 ปี อาจจะไม่สามารถสะท้อนค่าอุณหภูมิภายนอกที่แท้จริงได้ ควรจะเพิ่มการศึกษาชุดอุณหภูมิภายนอกย้อนหลังในช่วง 5 ปี หรือ 10 ปี เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่สะท้อนค่าอุณหภูมิภายนอกของประเทศไทยได้ใกล้เคียงที่สุด

- การหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดทั้งปี ได้จากการรวบรวมจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ผลิตและขายในประเทศ ควรนำจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในประเทศและขายในประเทศโดยบริษัทข้ามชาติ มาพิจารณาร่วมด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงอุตสาหกรรม (2560). รายงานพิเศษ-สารทำความเย็นในสหภาพยุโรป, พื้นที่เผยแพร่ความรู้ และข้อมูลเกี่ยวกับอุตสาหกรรมในยุโรป เพื่อวงการอุตสาหกรรมไทย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://thaiindustrialoffice.wordpress.com>, เข้าดูเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2561.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2560). ข้อกำหนดโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://labelno.5egat.co.th/new/58wp-content/uploads//2017form/mn/air.pdf>, เข้าดูเมื่อวันที่ 22 มกราคม 2561.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2559). HCFCs Phase-out Management Plan Stage I, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.ozonediw.org>, เข้าดูเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2560.

ชาติชาย พิสุทธิบริบูรณ์ (2551). การกำหนดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศโดยคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศ :สมาคมวิศวกรรมศาสตร์แห่งประเทศไทย.

ทรงพล โพธิ์สุวรรณากุล (2552). ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2559). ฉลากคาร์บอนและคาร์บอนฟุตพริ้นท์, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/news/detail/10/10.pnc>, เข้าดูเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2561

ภาษาอังกฤษ

- Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbri, Pavel Makhnatch, Francisco Molés (2017) .
Refrigerant R32 as lower GWP workingfluid in residential air conditioning systems in Europe and the USA :Renewable and Sustainable Energy Reviews .Volume 80 .Page 1031-1042.
- Alejandro López-Belchí, Fernando Illán-Gómez (2017) .Evaluation of a condenser based on mini-channels technology working with R410A and R32 .Experimental data and performance estimate :Applied Energy .Volumn 202 .Page 112-124.
- Daikin Industries (2015) .Refrigerant Properties of R32, Guide Book for Conversion from R22 to R32, Page .3
- Gang Li (2015) .Investigation of Life cycle climate performance and material life cycle assessment of package air conditioners for residential: sustainable energy technologies and assessments .Volume 11 .September 2015, Page 114- 125, URL: <http://www.thaieei.com/2013/th/ops01-egat.php>, access on 28/4/17.
- International Standard Organization (2013). ISO 16358-1 Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps-Testing and calculating methods for seasonal performance factors-Part 1: Cooling seasonal performance factor.
- Ji Young Jang et, al .(2008) .An experimental comparison of energy efficiency indicators, eer and SEER in residential airconditioners . Digital appliance Laboratory LG Electronics, URL: http://mail.mtprong.com/CD_Layout/Day_2_22.06.06/1615-1815/ID166_Jang_final.pdf, access on 28/4/2018.
- Kingspan Insulation Middle (2016). East Ozone Depletion and Global Warming Potential of Thermal Insulation, URL: <https://www.kingspan.com/meati/en-in/product-groups/ductwork/knowledge-base/white-papers-technical-bulletins/ozone-depletion-and-global-warming-potential-of-th>, access on 20/4/18.
- Mark W .Spatz, Samuel F .Yana Motta (2004) .An evaluation of options for replacing HCFC-22 in medium temperature refrigeration systems :International Journal of Refrigeration .Volume 27 .Page 475-483.

Vedat Oruç, Atilla G .Deveciog˘lu*, Uḡ ur Berk, I brahim Vural (2016).Experimental comparison of the energy parameters of HFCs used as alternatives to HCFC-22 in split type air conditioners :International Journal of Refrigeration .Volume 63 .
Page 125-132.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศ HFC-32 ที่ผลิตและขายในประเทศในปี พ.ศ.2560

บริษัท	2,638 Watt	3,517 Watt	5,276 Watt	7,034 Watt	รวม
A	1,500	4,000	2,500	2,000	10,000
B	6,528	21,311	14,595	11,568	54,002
C	432	1,840	1,298	1,705	5,275
D	11,655	33,455	11,849	10,521	67,480
E*	0	0	0	0	0
F	6,593	29,237	14,277	7,263	57,370
G	1,162	3,110	510	482	5,264
H	4,184	9,277	3,778	2,827	20,066
I	25	438	1,170	2,702	4,335
J	732	3,077	1,342	700	5,851
K*	0	0	0	0	0
รวม	32,811	105,745	51,319	39,768	229,643

หมายเหตุ: * ในปี พ.ศ.2560 ยังไม่มีการผลิตเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) ของ
เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HCFC-22

บริษัท	2,638 Watt	3,517 Watt	5,276 Watt	7,034 Watt
A	12.19	11.73	12.01	12.08
B	11.44	11.26	12.19	11.79
C	11.81	11.98	11.83	11.88
D	12.19	12.01	11.91	11.70
E	12.00	12.10	12.00	12.00
F	11.71	11.68	11.81	11.72
G	12.00	12.00	12.10	12.20
H	12.00	12.00	12.00	12.20
I	9.91	9.91	9.99	10.06
J	12.22	12.12	12.39	12.21
K	12.00	10.37	11.18	11.86
เฉลี่ย	11.77	11.56	11.76	11.79

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลค่าขีดความสามารถทำความเย็น (Φ) และพิกัดกำลังไฟฟ้า (P)
ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-22

บริษัท	2,638 Watt		3,517 Watt		5,276 Watt		7,034 Watt	
	Φ	P	Φ	P	Φ	P	Φ	P
A	2,755	771	3,693	1,074.	5,393	1,532	7,474	2,110
B	2,773	827	3,705	1,122	5,376	1,504	7,339	2,123
C	2,673	772	3,565	1,015	5,326	1,536	7,103	2,040
D	2,696	754	3,810	1,082	5,510	1,578	7,415	2,162
E	2,739	778	3,564	1,005	5,466	1,554	7,038	2,001
F	2,696	785	3,664	1,070	5,569	1,608	7,386	2,150
G	2,726	775	3,546	1,008	5,334	1,504	7,063	1,975
H	2,755	783	3,693	1,050	5,334	1,516	7,063	1,975
I	2,755	948	3,722	1,281	5,569	1,901	7,474	2,534
J	2,695	752	3,897	1,096	5,598	1,541	7,398	2,067
K	2,726	775	3,751	1,234	5,305	1,618	7,444	2,141



ตารางที่ ก.4 ข้อมูลค่าขีดความสามารถทำความเย็น (Φ) และพิกัดกำลังไฟฟ้า (P)
ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

บริษัท	2,638 Watt		3,517 Watt		5,276 Watt		7,034 Watt	
	Φ	P	Φ	P	Φ	P	Φ	P
A	2,755	710	3,693	947	5,393	1,399	7,474	1,916
B	2,773	774	3,705	1,006	5,376	1,493	7,339	2,046
C	2,673	739	3,565	994	5,326	1,494	7,103	1,944
D	2,696	750	3,810	1,050	5,510	1,530	7,415	2,050
E	2,739	770	3,564	1,000	5,466	1,520	7,038	1,950
F	2,696	720	3,664	965	5,569	1,490	7,386	1,920
G	2,726	759	3,546	928	5,334	1,457	7,063	1,918
H	2,755	710	3,693	1,040	5,334	1,500	7,063	1,950
I	2,755	949	3,722	1,240	5,569	1,855	7,474	2,443
J	2,695	727	3,897	1,037	5,598	1,517	7,398	2,016
K	2,726	760	3,751	1,060	5,305	1,500	7,444	2,090



ตารางที่ ข.1 จำนวนชั่วโมงของแต่ละอุตสาหกรรมภายนอกของประเทศไทย ตลอดวัน

อุตสาหกรรม	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
11	8	-	-	-	8	2
12	20	3	-	-	23	6
13	28	4	-	-	32	8
14	53	6	-	-	59	15
15	48	32	4	-	84	21
16	72	24	7	-	103	26
17	59	57	24	-	140	35
18	95	88	19	-	202	51
19	111	97	21	-	229	57
20	163	134	16	-	313	78
21	183	170	25	1	379	95
22	196	227	22	27	472	118
23	212	239	62	106	619	155
24	418	382	158	489	1,447	362
25	784	727	263	1,365	3,139	785
26	930	1,004	631	1,324	3,889	972
27	769	902	944	1,046	3,661	915
28	723	726	1,044	788	3,281	820
29	707	707	1,118	671	3,203	801
30	677	716	934	600	2,927	732
31	637	677	866	575	2,755	689
32	470	566	743	574	2,353	588
33	397	408	671	472	1,948	487
34	234	265	497	336	1,332	333

อันดับภูมิ	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
35	155	155	286	212	808	202
36	123	133	189	113	558	140
37	156	104	136	54	450	113
38	122	89	72	27	310	78
39	79	88	29	3	199	50
40	81	34	3	1	119	30
41	53	19	-	-	72	18
42	18	1	-	-	19	5
43	3	-	-	-	3	1
รวม	8,784	8,784	8,784	8,784	35,136	8,784

ตารางที่ ข.2 จำนวนชั่วโมงของแต่ละอนุภูมิภาคภายนอกของประเทศไทย ช่วงเวลากลางวัน
(6.00 – 18.00 น.)

อนุภูมิภาค	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
11	4	-	-	-	4	1
12	10	1	-	-	11	3
13	11	1	-	-	12	3
14	24	1	-	-	25	6
15	13	2	1	-	16	4
16	23	7	4	-	34	9
17	17	15	6	-	38	10
18	33	15	7	-	55	14
19	32	19	7	-	58	15
20	52	35	5	-	92	23
21	58	39	11	1	109	27
22	63	51	5	2	121	30
23	67	55	25	26	173	43
24	136	83	44	88	351	88
25	213	151	61	248	673	168
26	278	240	146	266	930	233
27	342	277	232	303	1,154	289
28	365	327	280	302	1,274	319
29	415	405	338	392	1,550	388
30	454	491	371	475	1,791	448
31	453	532	484	512	1,981	495
32	342	488	574	560	1,964	491
33	292	354	606	471	1,723	431
34	154	220	476	336	1,186	297

อุณหภูมิ	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
35	102	127	280	212	721	180
36	79	122	189	113	503	126
37	114	103	136	54	407	102
38	85	89	72	27	273	68
39	56	88	29	3	176	44
40	64	34	3	1	102	26
41	36	19	-	-	55	14
42	5	1	-	-	6	2
43	-	-	-	-	-	-
รวม	4,392	4,392	4,392	4,392	17,568	4,392

ตารางที่ ข.3 จำนวนชั่วโมงของแต่ละอุณหภูมิกายนอกของประเทศไทย ช่วงเวลากลางคืน
(18.00 – 6.00 น.)

อุณหภูมิ	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
11	4	-	-	-	4	1
12	10	2	-	-	12	3
13	17	3	-	-	20	5
14	29	5	-	-	34	9
15	35	30	3	-	68	17
16	49	17	3	-	69	17
17	42	42	18	-	102	26
18	62	73	12	-	147	37
19	79	78	14	-	171	43
20	111	99	11	-	221	55
21	125	131	14	-	270	68
22	133	176	17	25	351	88
23	145	184	37	80	446	112
24	282	299	114	401	1,096	274
25	571	576	202	1,117	2,466	617
26	652	764	485	1,058	2,959	740
27	427	625	712	743	2,507	627
28	358	399	764	486	2,007	502
29	292	302	780	279	1,653	413
30	223	225	563	125	1,136	284
31	184	145	382	63	774	194
32	128	78	169	14	389	97
33	105	54	65	1	225	56
34	80	45	21	-	146	37

อุณหภูมิ	จำนวนชั่วโมง					
	เชียงใหม่	อุบล	กทม	สงขลา	รวม	เฉลี่ย
35	53	28	6	-	87	22
36	44	11	-	-	55	14
37	42	1	-	-	43	11
38	37	-	-	-	37	9
39	23	-	-	-	23	6
40	17	-	-	-	17	4
41	17	-	-	-	17	4
42	13	-	-	-	13	3
43	3	-	-	-	3	1
รวม	4,392	4,392	4,392	4,392	17,568	4,392





ภาคผนวก ค

ตารางแสดงการคำนวณผลประโยชน์จากการปรับเปลี่ยนสารทำความเย็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1 ผลประหยัดของเครื่องปรับอากาศขนาด 2,638 วัตต์

บริษัท	จำนวนตัว	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)								
		24 ชั่วโมงต่อวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางคืน		
		R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด
A	1,500	3,412	3,706	440,603	2,074	2,253	267,872	1,338	1,453	172,732
B	6,528	3,721	3,975	1,656,379	2,262	2,416	1,007,021	1,459	1,558	649,358
C	432	3,551	3,711	69,152	2,159	2,256	42,042	1,392	1,455	27,110
D	11,655	3,604	3,627	264,193	2,191	2,205	160,621	1,413	1,422	103,573
E*	-	3,700	3,743	-	2,250	2,276	-	1,451	1,467	-
F	6,593	3,460	3,776	2,080,105	2,104	2,295	1,264,632	1,356	1,480	815,473
G	1,162	3,647	3,724	89,345	2,218	2,264	54,319	1,430	1,460	35,026
H	4,184	3,412	3,764	1,474,480	2,074	2,289	896,433	1,338	1,476	578,047
I	25	4,558	4,558	-	2,771	2,771	-	1,787	1,787	-
J	732	3,494	3,617	90,118	2,124	2,199	54,789	1,370	1,418	35,329
K*	-	3,652	3,724	-	2,220	2,264	-	1,432	1,460	-
รวม	32,811			6,164,376			3,747,728			2,416,647

หมายเหตุ: * ในปี พ.ศ.2560 ยังไม่มีการผลิตเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

ตารางที่ ค.2 ผลประหยัดของเครื่องปรับอากาศขนาด 3,517 วัตต์

บริษัท	จำนวนตัว	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)								
		24 ชั่วโมงต่อวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางคืน		
		R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด
A	4,000	4,553	5,162	2,437,396	2,768	3,138	1,481,853	1,785	2,024	955,543
B	21,311	4,833	5,395	11,982,166	2,938	3,280	7,284,744	1,895	2,115	4,697,422
C	1,840	4,777	4,879	188,871	2,904	2,967	114,827	1,873	1,913	74,044
D	33,455	5,046	5,202	5,214,001	3,068	3,162	3,169,933	1,978	2,039	2,044,068
E*	-	4,806	4,830	-	2,922	2,937	-	1,884	1,894	-
F	29,237	4,637	5,143	14,781,442	2,819	3,127	8,986,608	1,818	2,016	5,794,834
G	3,110	4,460	4,846	1,200,610	2,711	2,946	729,929	1,748	1,900	470,680
H	9,277	4,998	5,046	445,813	3,038	3,068	271,039	1,959	1,978	174,774
I	438	5,960	6,159	86,929	3,624	3,744	52,850	2,337	2,414	34,079
J	3,077	4,983	5,271	886,425	3,030	3,205	538,916	1,954	2,067	347,509
K*	-	3,652	5,932	-	3,097	3,606	-	1,997	2,325	-
รวม	105,745			37,223,654			22,630,700			14,592,954

หมายเหตุ: * ในปี พ.ศ.2560 ยังไม่มีการผลิตเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

ตารางที่ ค.3 ผลประหยัดของเครื่องปรับอากาศขนาด 5,276 วัตต์

บริษัท	จำนวนตัว	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)								
		24 ชั่วโมงต่อวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางคืน		
		R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด
A	2,500	6,724	7,362	1,595,657	4,088	4,476	970,105	2,636	2,886	625,553
B	14,595	7,173	7,232	858,482	4,361	4,397	521,927	2,812	2,835	336,554
C	1,298	7,180	7,381	261,981	4,365	4,488	159,275	2,815	2,894	102,706
D	11,849	7,353	7,586	2,761,964	4,470	4,612	1,679,179	2,882	2,974	1,082,785
E*	-	7,304	7,469	-	4,441	4,541	-	2,864	2,928	-
F	14,277	7,160	7,731	8,151,196	4,353	4,700	4,955,646	2,807	3,031	3,195,549
G	510	7,002	7,228	115,514	4,257	4,395	70,228	2,745	2,834	45,285
H	3,778	7,208	7,288	302,591	4,382	4,431	183,965	2,826	2,857	118,626
I	1,170	8,917	9,140	261,072	5,421	5,557	158,723	3,496	3,583	102,349
J	1,342	7,290	7,408	157,906	4,432	4,504	96,002	2,858	2,904	61,905
K*	-	7,208	7,780	-	4,382	4,730	-	2,826	3,050	-
รวม	51,319			14,466,362			8,795,050			5,671,312

หมายเหตุ: * ในปี พ.ศ.2560 ยังไม่มีการผลิตเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

ตารางที่ ค.4 ผลประหยัดของเครื่องปรับอากาศขนาด 7,034 วัตต์

บริษัท	จำนวนตัว	การใช้พลังงาน (kWh/ปี)								
		24 ชั่วโมงต่อวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางวัน			12 ชั่วโมงต่อวัน กลางคืน		
		R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด	R32	R22	ผลประหยัด
A	2,000	9,207	10,144	1,874,891	5,597	6,167	1,139,869	3,609	3,977	735,022
B	11,568	9,831	10,206	4,340,540	5,977	6,205	2,638,899	3,854	4,001	1,701,641
C	1,705	9,342	9,804	787,151	5,680	5,960	478,560	3,662	3,843	308,590
D	10,521	9,851	10,392	5,682,541	5,989	6,318	3,454,789	3,862	4,074	2,227,752
E*	-	9,371	9,617	-	5,697	5,847	-	3,674	3,770	-
F	7,263	9,227	10,333	8,033,626	5,610	6,282	4,884,168	3,617	4,051	3,149,458
G	482	9,217	9,493	132,978	5,604	5,771	80,846	3,613	3,722	52,132
H	2,827	9,371	9,493	345,202	5,697	5,771	209,871	3,674	3,722	135,331
I	2,702	11,738	12,181	1,197,999	7,136	7,406	728,342	4,602	4,775	469,657
J	700	9,688	9,934	172,366	5,890	6,040	104,793	3,798	3,895	67,574
K*	-	10,044	10,292	-	6,106	6,257	-	3,937	4,035	-
รวม	39,768			22,567,293			13,720,137			8,847,156

หมายเหตุ: * ในปี พ.ศ.2560 ยังไม่มีการผลิตเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็น HFC-32

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรรณิภา เจียมศิริโรจน์ เกิดเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2534 สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ และระดับปริญญาตรีจากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2559





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY