

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

ปริญญานิพนธ์

ของ

กิตติพงษ์ วิภาวนิชย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2551

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

ปริญญานิพนธ์

ของ

กิตติพงษ์ วิวาฉนิษฐ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

บทคัดย่อ

ของ

กิตติพงษ์ วิภาวนิชย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2551

กิตติพงษ์ วิภาวนิชย์. (2551). การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม.

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร,

อาจารย์ โสภา สุธรวาน.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องเรียนขนาดพื้นที่ 36 ตารางเมตร โดยใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 25,800 บีทียู และพัดลมโคจรใบพัด 16 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง โดยผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิที่ผู้รับการทดลองรู้สึกพึงพอใจต่อสภาพอากาศ ระหว่างการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้ร่วมกับพัดลม โดยเปิดพัดลมที่ความเร็วลมสองระดับด้วยกันคือ เบอร์ 1 (ความเร็วลม 0.87 เมตรต่อวินาที) และ เบอร์ 2 (ความเร็วลม 1.03 เมตรต่อวินาที) ผู้วิจัยทำการทดลองในช่วงเวลากลางวัน กับนิสิตที่นั่งฟังบรรยาย จำนวน 11 คน มีค่าภาระความร้อนของห้องเท่ากับ 5,853.35 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 24-29 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยได้ประยุกต์แบบสอบถามของ ISO 10551: 1995 (E) สเกล, ASHRAE สเกล, เบดฟอร์ดสเกล, คอมฟอร์ทสเกล และ เรฟเฟอเรนซ์สเกล ในการวัดความรู้สึกพึงพอใจต่อสภาพอากาศ

ผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยปรับอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 27 องศาเซลเซียส และเปิดพัดลมที่เบอร์ 1 ที่ระดับความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที พบว่าผู้รับการทดลองรู้สึกพึงพอใจต่อสภาพอากาศ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับ การเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 25.35 ส่วนการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่ามีความสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 450 วัตต์ ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.64 ปี

ENERGY CONSERVATION BY USING SPLIT-TYPE AIR CONDITIONING AND
ELECTRIC FAN

AN ABSTRACT
BY
KITTI PHONG VIPAWANICH

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
January 2008

Kittiphong Vipavawanich. (2008). *Energy Conservation by using Split-type Air Conditioning and Electric Fan*. Thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vougyuttakrai, Mr. Ophat Sukwan.

The purpose of this thesis was to study the energy conservation by using split-type air conditioning and electric fan. This research studied the thermal comfort of the student on the appropriate temperature. The experiment of this study was hold on the class room of 36 square meters, using 25,800 BTU air-condition. This studied try to compare the thermal comfort of the student between using only air-condition and using air-condition with two 16" electric fans the average air flow of 0.87 meter/second and 1.03 meter/second. The load heat transfer coefficient of the student was 5,853.35 kilocalorie/hrs. The experiment was did during the day with the temperature between 24°C-29°C. The thermal comfort questionnaires were applied the ISO 10551: 1995(E), ASHRAE scale, Bedford scale, Comfort scale and Preference scale.

The experiment found that: Turn on the air-condition with two 16" electric fans the temperature of 27°C and the average air flow of 0.87 meter/second, the student still comfortable. To compare with using only air condition the temperature of 24°C. Found that, we can saved the electrical energy about 25.35%. For the economical analysis we can save 450 watts-hour and the break even is 0.64 years.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

ของ
กิตติพงษ์ วิภาวณิชย์

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัย ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร. อุบัติย์ สุวงศ์นกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ โสภาส สุขหวาน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ
(อาจารย์ โสภาส สุขหวาน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ อัมพร บุญธรรมรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาการให้คำปรึกษาแนะนำอย่างดี จาก อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์อัมพร กุญชรรัตน์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบพร้อมทั้งได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ข้อแก้ไขต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประเสริฐศิลป์ อรรถาเมศร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การช่วยเหลืออนุเคราะห์ให้ยืม อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลองวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมหญิง งามพรประเสริฐ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่ให้การช่วยเหลือ ในการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา และเอกสารประกอบการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ นิสิตสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา รุ่น 15 ทุกๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในการวิจัยจนเสร็จสิ้นในครั้งนี้ เป็นอย่างสูง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ ที่ได้ให้การช่วยเหลือและสนับสนุน โดยเฉพาะครอบครัวผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจ และแบ่งเบาภาระกิจต่างๆ ได้ด้วยดี เป็นผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

กิตติพงษ์ วิภาวนิชย์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมุติฐานในการวิจัย.....	6
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
สภาวะสบาย.....	7
การอนุรักษ์พลังงาน.....	27
เครื่องปรับอากาศ.....	32
พัดลมไฟฟ้า.....	46
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	54
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	62
กลุ่มตัวอย่างและอุปกรณ์ในการทดลอง.....	62
ลำดับขั้นตอนการวิจัยและการสร้างเครื่องมือ.....	66
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	73
ค่าพลังงานไฟฟ้า.....	74
สภาวะสบายของผู้ใช้งานภายในห้องปรับอากาศ.....	85
การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์.....	98

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	100
สรุปผลการวิจัย.....	100
อภิปรายผลการวิจัย.....	103
ข้อเสนอแนะ.....	104
บรรณานุกรม.....	106
ภาคผนวก.....	112
ภาคผนวก ก. แบบบันทึกผลการทดลอง และแบบสอบถามความรู้สึก ในสภาวะอากาศ.....	112
ภาคผนวก ข. ภาพประกอบ ห้องทดลอง และอุปกรณ์ในการทดลอง.....	153
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	168

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกล	
ในการทำกิจกรรม.....	14
2 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด).....	16
3 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น).....	17
4 แสดงค่ามาตรฐาน ของดัชนีมวลร่างกาย.....	18
5 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ.....	21
6 ตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศ.....	24
7 ตัวเลือกความรู้สึกสบาย.....	25
8 ตัวเลือกความพอใจและความอยากให้สภาพอากาศเป็น.....	25
9 ขนาดของห้องวัดความร้อน.....	42
10 การระบายอากาศและค่าใช้งานของพัดลมตามมาตรฐาน มอก.572-2528.....	51
11 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามตัวแปร เพศ อายุ	
ดัชนีมวลกาย และค่าความต้านทานเครื่องแต่งกาย.....	73
12 ความต้านทานเครื่องแต่งกาย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และ	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	74
13 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบไม่มีโหลด	
ของการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว และการเปิดใช้งานร่วมกับ	
พัดลมที่ระดับความเร็วลมสวิตช์ควบคุมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87	
และ 1.03 เมตรต่อวินาที) เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละ	
ค่าอุณหภูมิ.....	75
14 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบมีโหลด	
ของการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว และการเปิดใช้งานร่วมกับ	
พัดลมที่ระดับความเร็วลมสวิตช์ควบคุมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87	
และ 1.03 เมตรต่อวินาที) เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละ	
ค่าอุณหภูมิ.....	78

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ และพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างมีโหลดและไม่มีโหลดในห้องทดลอง.....	81
16 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม.....	85
17 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ.....	85
18 ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ.....	86
19 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ.....	87
20 ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส.....	88
21 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร.....	89
22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร.....	90
23 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร เปรียบเทียบกับ ค่าอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส.....	91
24 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้อย่างไร.....	92
25 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศที่มีความรู้สึก กับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่.....	93
26 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศที่มีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่ เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส.....	94
27 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศที่มีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับ สภาพอากาศขณะนี้หรือไม่.....	95
28 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศที่มีความรู้สึกโดยรวม ว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่.....	96
29 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศที่มีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศ ขณะนี้หรือไม่ เปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส.....	97
30 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด.....	113
31 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด.....	114

บัญชีตาราง (ต่อ)

[illegible]

บัญชีตาราง (ต่อ)

[illegible]

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
58 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับ พัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบมีไหลด.....	141
59 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีไหลด.....	142
60 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับ พัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีไหลด.....	143
61 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับ พัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีไหลด.....	144
62 ระดับความเร็วลมของพัดลมไฟฟ้าเฉลี่ยภายในห้องทดลอง ตามจุดที่มีเก้าอี้นั่ง.....	145
63 ระดับความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลองที่วัดได้.....	146
64 ความเร็วลมภายในห้องทดลอง จากการเปิดพัดลมร่วมกับเครื่องปรับอากาศ.....	146
65 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของ อาคาร 12 คณะศึกษาศาสตร์ ย้อนหลัง 12 เดือน.....	147

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 Bioclimatic Chart ของบุคคลที่ทำกิจกรรม 1.2 met และสวมเสื้อผ้า 1.0 clo ในภูมิอากาศเขตร้อน (Olgyay 1963).....	8
3 Psychometric Chart ที่นำมาใช้เป็น Building Bioclimatic Chart (Givoni 1969).....	9
4 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิและความชื้นในกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน.....	10
5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิและความชื้น ในกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนสิงหาคม-ธันวาคม.....	11
6 การถ่ายเทความร้อนของร่างกาย.....	12
7 Body mass index chart.svg.....	19
8 แผนภูมิแสดงขอบเขตสภาวะที่คนรู้สึกสบายจากตัวแปรของสภาพภูมิอากาศ.....	20
9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี PMV และค่าดัชนี PPD ของ Fanger (1970).....	22
10 แบบต่างๆ ของชุดคอยล์เย็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	33
11 โครงสร้างภายในของชุดคอยล์เย็น.....	34
12 ชุดคอนเดนซิงยูนิท.....	36
13 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน.....	37
14 ตารางแบบฟอร์มการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ.....	38
15 ตัวอย่างห้องวัดความร้อนแบบสอเบียบ.....	41
16 ตัวอย่างห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ.....	42
17 ลักษณะโครงสร้างของพัฒลมแบบโคจร.....	48
18 ส่วนประกอบตัวเครื่องของพัฒลมแบบโคจร.....	48
19 ส่วนประกอบของพัฒลมแบบโคจร.....	49
20 วงจรไฟฟ้าของพัฒลมแบบโคจร.....	50
21 มุมการถ่ายของพัฒลมแบบโคจรตามมาตรฐาน มอก. 572-2528.....	50
22 ตู้ทดสอบการถ่ายเทอากาศ ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528.....	52
23 การจัดตำแหน่งอะนาลิไมเตอร์ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528.....	53

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24 ผังห้องที่จะทำการทดลอง แสดงตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ภายในห้อง.....	63
25 ผังห้องแสดงตำแหน่งที่ตั้งพัดลมโคจรและเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง.....	65
26 แสดงลำดับขั้นตอนการวิจัย.....	66
27 ผังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดวัดค่า ความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศ.....	69
28 ผังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดวัดค่า ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น.....	70
29 ผังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการวัดค่าความเร็วลมของพัดลม ตามจุดที่มีเก้าอี้.....	71
30 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที (แบบไม่มีไหลด).....	77
31 แผนภูมิแสดงอัตราร้อยละของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง เปรียบเทียบ ระหว่างการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส กับการ เปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที (แบบไม่มีไหลด).....	77
32 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) แบบมีไหลด	80
33 แผนภูมิแสดงอัตราร้อยละของค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ระหว่างการ เปิดใช้เครื่องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 -29 องศาเซลเซียส กับการ เปิดใช้งานร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) แบบมีไหลด	80
34 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบระหว่างมีไหลดกับไม่มีไหลด.....	82
35 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วม กับพัดลม เบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบระหว่างมีไหลดกับไม่มีไหลด.....	83

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
36 แผนภูมิแสดงอัตราร้อยละของค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จากการเปิดใช้ เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบระหว่างมีไหลด์กับไม่มีไหลด์.....	83
37 แผนภูมิแสดงอัตราร้อยละของค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จากการเปิดใช้ เครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียสร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบ ระหว่างมีไหลด์กับไม่มีไหลด์.....	84
38 แผนภูมิแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบระหว่างเปิดใช้งานที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส กับ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที).....	84
39 แผนภูมิแสดงค่าความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ.....	87
40 แผนภูมิแสดงค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร.....	90
41 แผนภูมิแสดงค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึก กับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่.....	93
42 แผนภูมิแสดงค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับ สภาพอากาศขณะนี้หรือไม่.....	96
43 ห้องเรียน 901 ที่ใช้ในการทดลอง เป็นห้องเรียนอุตสาหกรรมศึกษา.....	154
44 สภาพภายในห้องที่ทำการทดลอง.....	155
45 เครื่องปรับอากาศ (ชุดคอยล์เย็น).....	155
46 เครื่องปรับอากาศ (ชุดคอนเดนซิ่ง).....	156
47 เครื่องปรับอากาศ (สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิ และ ปิด-เปิด).....	156
48 การเติมน้ำยาแอร์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการทดลอง.....	157
49 การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ของชุดคอนเดนซิ่ง.....	158
50 การทำความสะอาดชุดคอนเดนซิ่งยูนิต์.....	158
51 พัดลมไฟฟ้าแบบโคจร ที่จะทำการติดตั้ง.....	159
52 การติดตั้งพัดลมไฟฟ้าแบบโคจร บนฝ้าเพดาน.....	160

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
53 พัดลมไฟฟ้าแบบโคจร ที่ทำการติดตั้งแล้วเสร็จ.....	161
54 ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งบนฝ้าเพดาน เพื่อลดภาระการทำความเย็น.....	162
55 เครื่องวัดเพาเวอร์แคลมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ Digicon รุ่น DW-609	163
56 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แบบมือถือ ยี่ห้อ Digicon รุ่น HT-775-232.....	163
57 เครื่องวัดความเร็วลม ชนิดแบบใบพัด ยี่ห้อ Digicon รุ่น DA-43.....	164
58 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ Digital รุ่น MT-2.....	164
59 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้ากิโลวัตต์แอมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น MF-63 E.....	165
60 เครื่องวัดมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Sunwa รุ่น YX-960TRE.....	165
61 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า วัดแอมป์มิเตอร์ แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Energy Max รุ่น EMS12C.....	166
62 การวัดความเร็วลมหน้าตะแกรงพัดลมโคจร.....	166
63 การวัดความเร็วลม ตามจุดที่นั่งภายในห้องที่ทำการทดลอง.....	167

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ มีความหลากหลายตามความต้องการของมนุษย์ เพื่อสนองต่อความต้องการในด้านต่างๆ ตามรูปแบบการใช้งาน พลังงานไฟฟ้านับเป็นพลังงานระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการดำรงวิถีชีวิตของมนุษย์และมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม เพราะพลังงานไฟฟ้ามีส่วนช่วยสนับสนุนและผลักดันให้การพัฒนาด้านต่างๆ สามารถขยายตัวออกไปอย่างกว้างขวางรวดเร็วและต่อเนื่อง (ศิริ พวงมาลัย. 2548: 1) ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง พลังงานไฟฟ้ามีการผลิตโดยภาครัฐเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนต้องซื้อจากภาคเอกชนและนำเข้าจากต่างประเทศ

ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวม ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนเพื่อการจำหน่ายไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือ กฟผ. ณ สิ้นเดือนธันวาคม ปี 2549 ระบบผลิตไฟฟ้ามีกำลังผลิตรวมทั้งสิ้น 27,107.21 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี 2548 ร้อยละ 2.48 โดยเป็นกำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าของ กฟผ. 15,794.57 เมกะวัตต์ หรือร้อยละ 58.27 และจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนภายในประเทศ และผู้ผลิตไฟฟ้าในประเทศเพื่อนบ้านรวมอีก 11,312.64 เมกะวัตต์ หรือร้อยละ 41.73 โดยความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ มีค่าเท่ากับ 21,064.00 เมกะวัตต์ เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2549 เวลา 13.30 น. เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 526.50 เมกะวัตต์ หรือร้อยละ 2.56 โดยภาพรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ภาคอุตสาหกรรม ยังคงมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48.84 ของการใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศ ส่วนที่เหลือเป็น การใช้ไฟฟ้าในภาคธุรกิจ ร้อยละ 24.77 ภาคที่อยู่อาศัย ร้อยละ 21.04 และในภาคอื่นๆ ร้อยละ 5.35 เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2548 การใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.77 และ 6.76 ตามลำดับ โดยขยายตัวในอัตราที่ชะลอลงตามสภาวะเศรษฐกิจ ส่วนภาคที่อยู่อาศัยมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา ร้อยละ 5.61 และการใช้ไฟฟ้าในภาคอื่นๆ เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.41 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2550) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี

การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากและต่อเนื่องโดยเฉพาะในภาคที่อยู่อาศัยและภาคธุรกิจ กว่าร้อยละ 50 เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากในปัจจุบันอาคารเกือบทุกแห่งถูกออกแบบให้ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ และเครื่องปรับอากาศยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้

พลังงานมากที่สุดในบรรดาเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ความต้องการใช้เครื่องปรับอากาศภายในประเทศเพิ่มขึ้นปีละ 400,000 เครื่อง ถ้าเฉลี่ยความต้องการไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศต้องการใช้ประมาณ 1,500 วัตต์ต่อชั่วโมงต่อเครื่อง หากทุกเครื่องเปิดใช้พร้อมกันหมดในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความต้องการการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวถึงปีละ 600 เมกะวัตต์ หรือเทียบได้กับโรงไฟฟ้าแม่เมาะขนาด 300 เมกะวัตต์ 2 โรง ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าถึง 15,000 ล้านบาท ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจึงมีส่วนช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในภาพรวมได้ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน : 2531)

เครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นที่บ้านพักอาศัย ที่ทำงาน โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงาน หรือแม้แต่ในรถยนต์และรถโดยสารปรับอากาศก็จะช่วยให้การเดินทางของคนมีความสบายมากขึ้น เพราะไม่ต้องหงุดหงิด อารมณ์เสียในขณะที่รถติดและอากาศร้อนจัด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของให้สูงขึ้น นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศยังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลายๆ ประเภท เช่น ในโรงงานทอผ้าการควบคุมอุณหภูมิที่มีผลต่อเส้นด้ายที่นำมาทอผ้า ในโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้เป็นอย่างดีแล้ว การควบคุมความสะอาดของอากาศยังเป็นสิ่งสำคัญมาก (สมศักดิ์ สุเมตยกุล. 2545: 13) เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศที่มีอากาศร้อนชื้นเกือบตลอดปี การใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นให้เกิดความรู้สึกสบายแก่ผู้อาศัยในบ้านพักที่อยู่ในเมืองใหญ่ๆ หรือตามชานเมืองจึงได้รับความนิยมมาก แต่เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจึงมีส่วนช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในภาพรวมได้ปริมาณมาก

ปัจจุบันทางภาครัฐได้มีการรณรงค์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างจริงจัง โดยใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลง ส่งเสริมให้เกิดการประหยัดพลังงานและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ รัฐบาลได้กำหนดนโยบายและแนวทางการอนุรักษ์พลังงานครั้งแรก ลงในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2525-2529) และต่อเนื่องมาจนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ.2540-2541) และเพื่อให้การกำกับดูแลและอนุรักษ์พลังงานดำเนินการอย่างเป็นระบบ คณะกรรมการพลังงานแห่งชาติได้ดำเนินการยกย่องปรับปรุงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ขึ้น และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2535 และได้มีการกำหนดมาตรการบังคับเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานของประเทศอย่างต่อเนื่อง (สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ม.ป.ป.) ในกฎหมายแบ่งเป็น 9 หมวด 61มาตรา ประกอบไปด้วยมาตรการสำหรับการอนุรักษ์พลังงาน

ในโรงงาน อาคาร และเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้เพื่อกิจการอนุรักษ์พลังงาน มาตรการสำหรับส่งเสริมและช่วยเหลือก็เป็นเรื่องของการสนับสนุนเงินลงทุนเพื่อให้มีการอนุรักษ์พลังงาน กำหนดให้ผู้ที่อยู่ภายใต้กฎเสียดัชนีพิเศษเป็นต้น (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ. 2537)

วิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมีอยู่มากมายหลายวิธี เช่น การลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆในระบบปรับอากาศ การจัดระบบและระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอากาศจากภายนอกให้เข้ามาภายในห้องปรับอากาศในปริมาณที่เหมาะสม การควบคุมความเร็วของรอบเครื่องอัดสารทำความเย็น และวิธีอื่นๆ เป็นต้น

จากที่กล่าวมา ผู้วิจัยคิดที่จะศึกษาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมุ่งประเด็นไปยังเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ โดยได้แนวคิดจากเอกสารรณรงค์การอนุรักษ์พลังงาน “ประหยัดไฟ ก้าว 2 ต่อ” ของสำนักนโยบายและแผนพลังงาน ที่ว่าถ้าเราตั้งอุณหภูมิที่ระดับร่างกายรู้สึกสบาย โดยไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 10 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2547: 14) แต่การที่จะปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นอาจทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกร้อนและไม่สบายตัว ดังนั้นหากมีการใช้พัดลมมาช่วยในการเคลื่อนไหวของอากาศตามทฤษฎีของ สุนทร บุญญาธิการ (2542: 35) ที่ว่ามนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อให้ผู้ใช้งานยังรู้สึกว่าอากาศเย็นสบายพอเหมาะโดยการตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศให้สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลมเพื่อช่วยพัดกระจายความเย็นให้เร็วขึ้นเกิดการหมุนเวียนของอากาศและการนำพาความร้อนของร่างกาย เนื่องจากพัดลมเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ทำการปรับค่าอุณหภูมิลงทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จากหลักการดังกล่าวจะทำให้สามารถลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง และยังเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้อีกหนึ่งทางเลือก

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลม
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในช่วงอุณหภูมิ กับความเร็วลม ที่อยู่ในสภาวะสบาย จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า จากการใช้งานของเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม ในระดับอุณหภูมิสบาย และลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศลง

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องเรียนขนาดพื้นที่ 36 ตารางเมตร โดยใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 25,800 บีทียู และพัดลมโคจรใบพัด 16 นิ้ว จำนวน 2 เครื่อง โดยผู้วิจัยศึกษาเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิที่ผู้รับการทดลองรู้สึกพึงพอใจต่อสภาพอากาศ ระหว่างการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้ร่วมกับพัดลม โดยเปิดพัดลมที่ความเร็วลมสองระดับด้วยกันคือ เบอร์ 1 (ความเร็วลม 0.87 เมตรต่อวินาที) และ เบอร์ 2 (ความเร็วลม 1.03 เมตรต่อวินาที)

1. สถานที่ทดลอง

ห้องเรียนในคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาคาร 12 ห้อง 901 ขนาดห้อง 36 ตารางเมตร ค่าภาระความร้อนของห้องเท่ากับ 5,853.35 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง หรือ 23,226.4 บีทียูต่อชั่วโมง

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาโท ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 11 คน ค่าสัมประสิทธิ์เลี้ยวเฉลี่ย 0.5985 clo

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1 เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนแบบแขวนเพดาน ขนาด 25,800 บีทียู
- 3.2 พัดลมโคจรขนาด 400 มิลลิเมตร (16")
- 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความเร็วลมสัมพัทธ์ (Thermometer)

3.4 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Watt Hours Meter)

3.5 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

4. ตัวแปรที่ศึกษาค้นคว้า

4.1 ตัวแปรต้น

4.1.1 ระดับอุณหภูมิปรับตั้งที่เครื่องปรับอากาศ

4.1.2 ระดับความเร็วลม

4.2 ตัวแปรตาม

4.2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

4.2.2 อุณหภูมิสบายของผู้ใช้งานภายในห้องปรับอากาศ

5. ช่วงเวลาในการทดลอง

ทดลองในเวลากลางวัน ช่วงระหว่างเวลา 8.00-17.00 น. ช่วงระหว่าง เดือน เมษายน ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2550 ดังรายละเอียดดังนี้

5.1 เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส ครั้งละ 3 ชั่วโมง

5.2 เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมที่ระดับอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส โดยแยกตามระดับความเร็วลม ครั้งละ 3 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **เครื่องปรับอากาศ** หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สร้างอุณหภูมิความเย็น ชนิดแยกส่วน แบบแขวนเพดาน ขนาด 25,800 บีทียู

2. **พัดลม** หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่พัดให้ลมเย็นด้วยพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย ใบพัด มอเตอร์ไฟฟ้า และสวิตช์ควบคุมความเร็วลม ในงานวิจัยนี้ให้หมายถึงพัดลมไฟฟ้าแบบโคจร ชนิดติดเพดาน ขนาดใบพัด 400 มิลลิเมตร (16")

3. **อุณหภูมิ** หมายถึง ระดับความเย็น-ร้อน ที่วัดได้โดยเทอร์โมมิเตอร์ ภายในห้องที่ทำการทดลอง หน่วยเป็น องศาเซลเซียส, องศาฟาห์เรนไฮต์ และองศาเคลวิน

4. **ความชื้นสัมพัทธ์** หมายถึง ระดับความชื้นในอากาศ ที่วัดได้โดยเทอร์โมมิเตอร์ ภายในห้องที่ทำการทดลอง หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

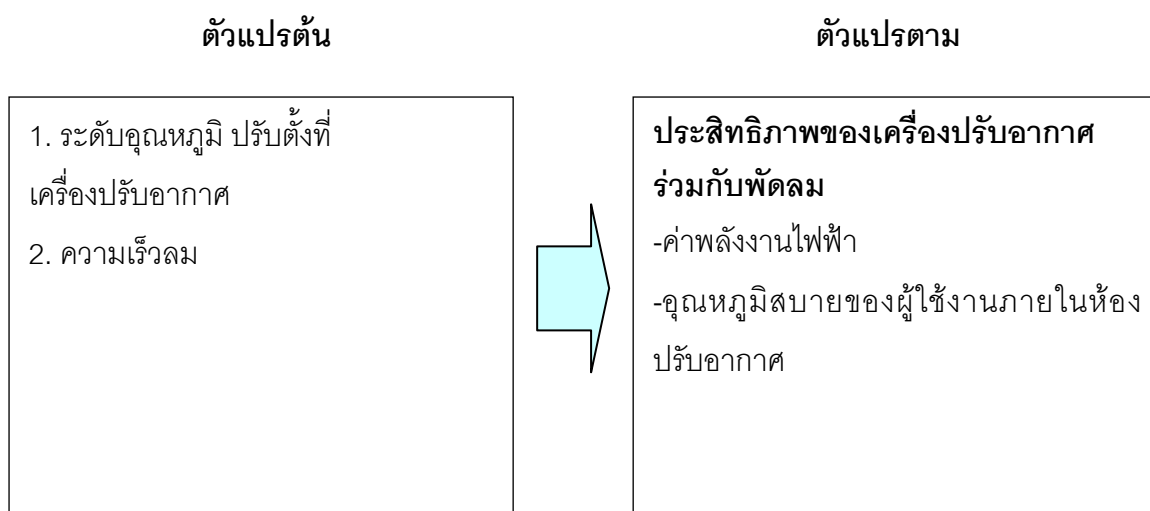
5. การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า หมายถึง การผลิตและใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

6. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง เกณฑ์กำหนดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

6.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องวัดไฟฟ้า วัดต์เออร์มิเตอร์ เพื่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และพัดลม

6.2 สภาวะสบาย หมายถึง สภาวะอากาศที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้นๆ โดยรู้สึกไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป หรืออุณหภูมิที่เป็นกลาง โดยใช้แบบสอบถามของ ISO 10551: 1995(E) สเกล, ASHRAE สเกล, เบดฟอร์ดสเกล, คอมฟอร์ทสเกล และ เรฟเฟอเรนซ์สเกล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

การใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยการปรับค่าอุณหภูมิให้สูงขึ้นร่วมกับการใช้พัดลมในระดับอุณหภูมิที่รู้สึกสบาย สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. สภาวะสบาย
2. การอนุรักษ์พลังงาน
3. เครื่องปรับอากาศ
4. พัดลมไฟฟ้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สภาวะสบาย (Thermal Comfort)

ในการศึกษาเรื่องสภาวะสบายนั้น มีนักวิจัยหลายท่านให้ความหมายใกล้เคียงกัน หรืออาจสรุปได้ว่า สภาวะสบายหมายถึง สภาวะอากาศที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้นๆ โดยรู้สึกไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป หรืออุณหภูมิที่เป็นกลาง (Neutral Temperature) ทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิด ทฤษฎี และหลักการต่างๆ ดังนี้

1.1 ความหมายของสภาวะสบาย

คำว่า “Thermal Comfort” มีความหมายที่กำหนดโดย ASHRAE Standard 55-1981 ว่า “...that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment” เมื่อใช้เป็นภาษาไทยว่า “สภาวะสบาย” ก็ควรจะนิยามว่าสภาวะสบายทางจิตใจที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้นๆ อย่างไรก็ตามความรู้สึกพอใจในสภาพอากาศใดๆ ต้องถือว่าเป็นเรื่องส่วนบุคคล ซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ทั้งทางกายภาพ และทางจิตใจ (กิจชัย จิตระขจรวานิช. 2544: 176)

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะสบาย

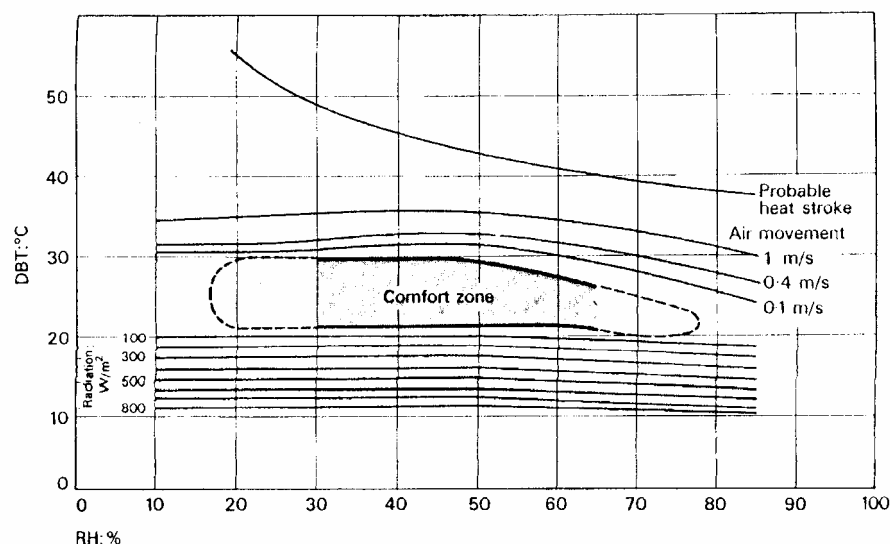
ปัจจัยที่มีผลต่อความรู้สึกสบายในการศึกษาทางกายภาพ มีอยู่ 6 ประการ ดังนี้

- 1) อุณหภูมิในอากาศ Air Temperature
- 2) อุณหภูมิจากรังสีความร้อน Mean Radiant Temperature
- 3) ความชื้นสัมพัทธ์ Relative Humidity
- 4) ความเร็วลม Air Velocity
- 5) กิจกรรมของบุคคล Activity or Metabolic Rate
- 6) เสื้อผ้าของบุคคล Clothing Thermal Resistance (กิจชัย จิตระขจรวานิช. 2544: 176)

1.3 ช่วงของสภาวะสบาย

ช่วงของสภาวะสบาย (Comfort Zone) เป็นความพยายามของการค้นคว้าวิจัยในเรื่องสภาวะสบายที่ได้สรุปออกมาเป็นช่วงอากาศหนึ่งๆ ซึ่งคนส่วนมากพอใจและยอมรับสภาพอากาศนั้นได้ บทสรุปแรกว่า ช่วงสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิระหว่าง 21-28 องศาเซลเซียส (ในเขตร้อนจะเลื่อนออกไปเป็น 24-30 องศาเซลเซียส) และมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 30-70 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นช่วงของสภาวะสบาย (กิจชัย จิตรขจรวานิช. 2544: 177)

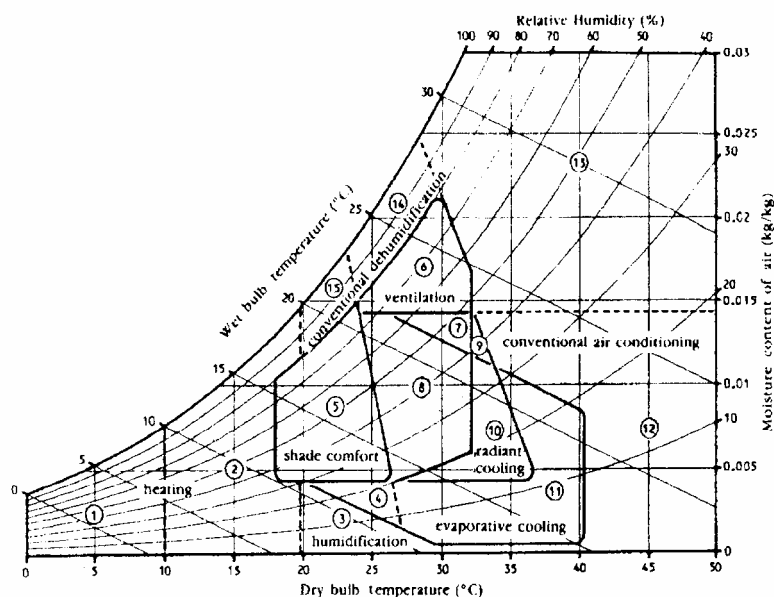
กิจชัย จิตรขจรวานิช อ้างถึง วิคเตอร์ (Victor Olgyay.1963) ได้เสนอช่วงของสภาวะสบายออกมาเป็นแผนภูมิ ซึ่งแสดงใน ภาพประกอบที่ 2 แผนภูมินี้สามารถรวมปัจจัยต่างๆ ทางกายภาพให้แสดงอยู่ในภาพเดียวได้ แผนภูมินี้เรียกว่า “Bioclimatic Chart” ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาสภาวะสบายของบุคคลที่กำลังทำกิจกรรม (อาทิ นั่งทำงานด้านเอกสาร) และสวมเสื้อผ้าที่มีค่า 1.0 แคลอรี (อาทิ ชุดทำงาน เสื้อแขนสั้น กางเกงขายาว สวมถุงเท้าและรองเท้า) ต่อมา จิโวนี (Givoni. 1969) ได้พัฒนาแผนภูมิจากภาพประกอบ 2 เป็นภาพประกอบ 3 โดยอาศัย Psychometric Chart เป็นตารางพื้นฐานให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงอาคารเพื่อให้เกิดสภาวะสบายและเรียกแผนภูมินี้ว่า “Building Bioclimatic Chart” ซึ่งประกอบด้วย 15 พื้นที่ แต่ละพื้นที่จะบ่งชี้ว่าสภาพอากาศในปัจจุบันเป็นเช่นไร และควรจะปรับปรุงอาคารอย่างไร เพื่อจะได้เป็นสภาวะสบาย



ภาพประกอบ 2 Bioclimatic Chart ของบุคคลที่ทำกิจกรรม 1.2 met และสวมเสื้อผ้า 1.0 clo

ในภูมิอากาศเขตร้อน (Olgyay 1963)

ที่มา : กิจชัย จิตรขจรวานิช. 2544: 178



ภาพประกอบ 3 Psychrometric Chart ที่นำมาใช้เป็น Building Bioclimatic Chart (Givoni 1969)

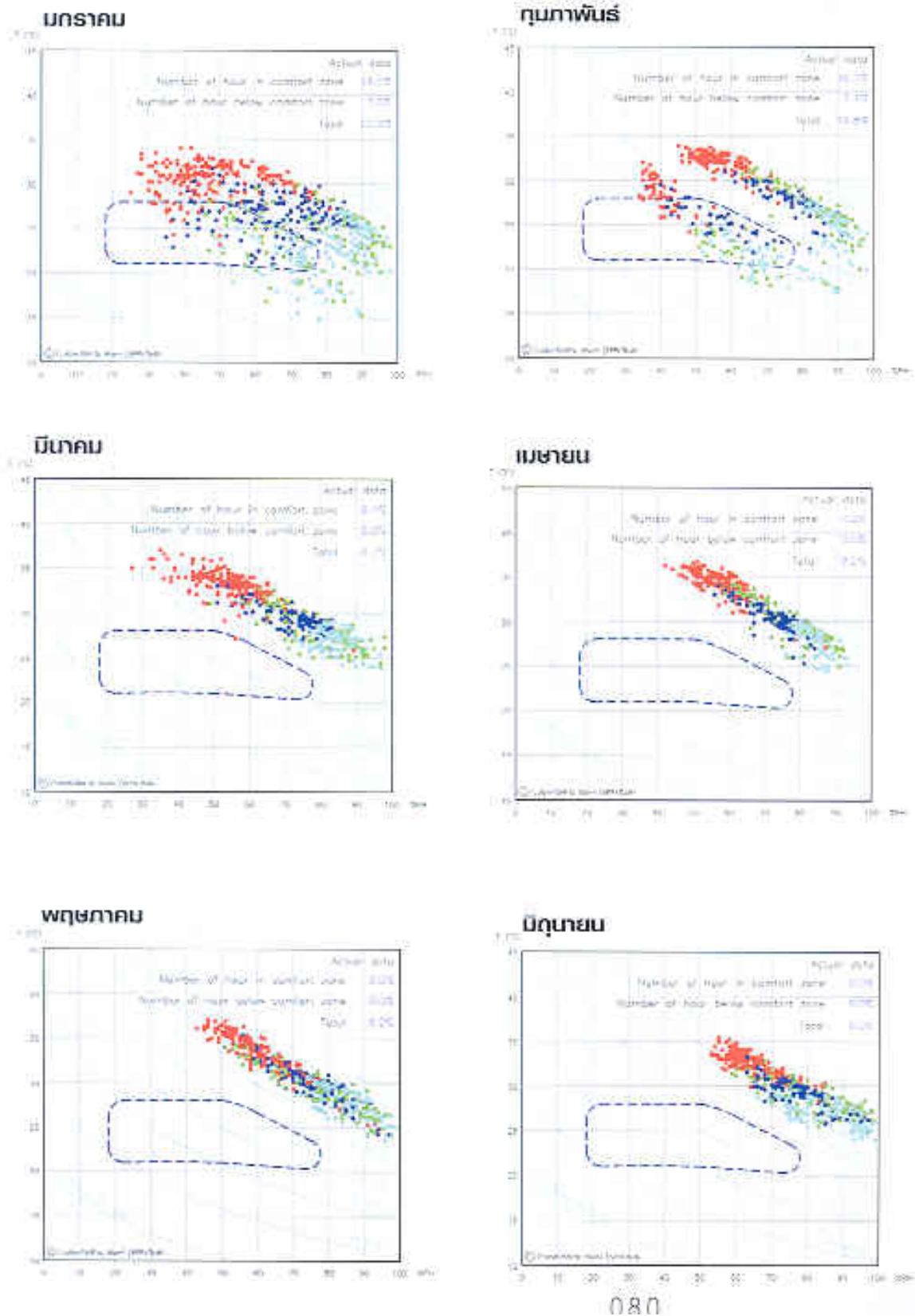
ที่มา : กิจชัย จิตรขจรวานิช. 2544: 178

1.4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นกับสภาวะสบาย

องค์ประกอบของอากาศที่มีผลกระทบต่อความสบายของมนุษย์สำคัญได้แก่อุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature), การแผ่รังสีความร้อน (Radiation), การเคลื่อนตัวของอากาศ (Air movement), และความชื้นในอากาศ (Humidity) ส่วนที่อยู่ภายในกำบังหรือตัวอาคารจะได้รับการพิจารณาทำการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์สบายในฤดูกาลต่างๆ สำหรับองค์ที่มีส่วนประกอบอื่นๆ อากาศที่กำลังสบาย ขึ้นอยู่กับความเคยชินในแต่ละภูมิภาคประเทศ ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของลม ฯลฯ

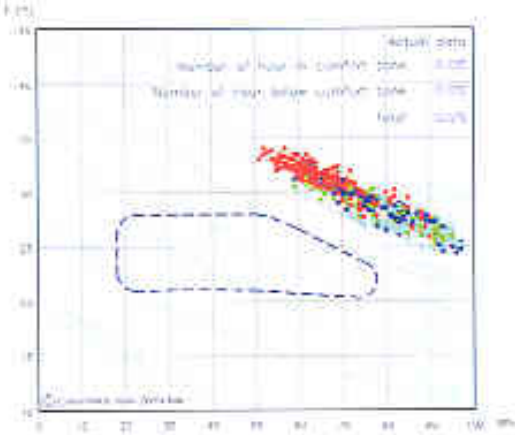
อย่างเช่นที่ประเทศอังกฤษ อุณหภูมิที่ระดับ 15-20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์กำลังสบาย ประเทศเยอรมนี อุณหภูมิที่ระดับ 16-24 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเกณฑ์กำลังสบาย ประเทศสหรัฐอเมริกา เขตหนาวที่ระดับ 21-27 องศาเซลเซียส เขตร้อนที่ระดับ 23-29 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 37-70 เปอร์เซ็นต์ กำลังสบาย (สุนทร บุญญาธิการ. 2542: 43-55)

จากงานวิจัยของ สุนทร บุญญาธิการ(2542: 43-55) ได้ศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร รายชั่วโมง ทั้ง 12 เดือน จะเห็นได้ว่าอากาศที่กำลังสบายจะอยู่ในช่วงของเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ที่อุณหภูมิ 23-28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพประกอบ 4-5

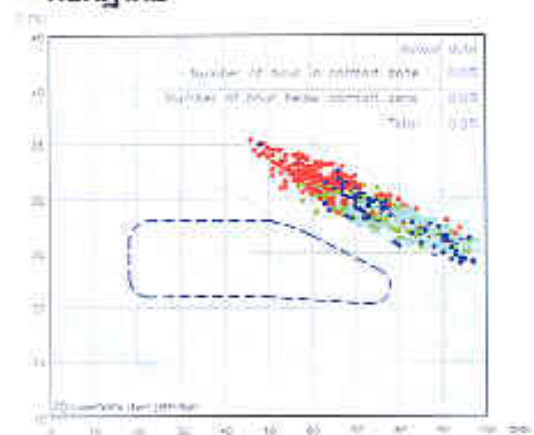


ภาพประกอบ 4 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิและความชื้นในกรุงเทพมหานครระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน
ที่มา : สุนทร บุญญธิการ. 2542: 52-53

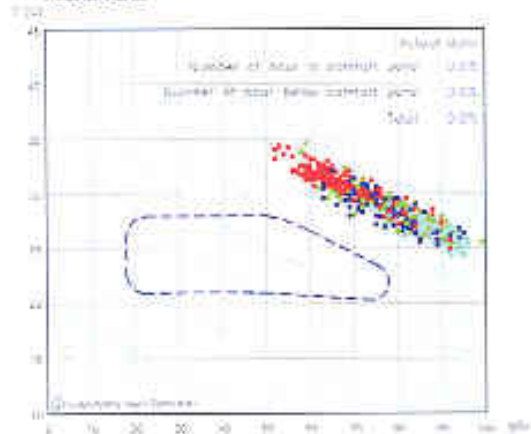
สิงหาคม



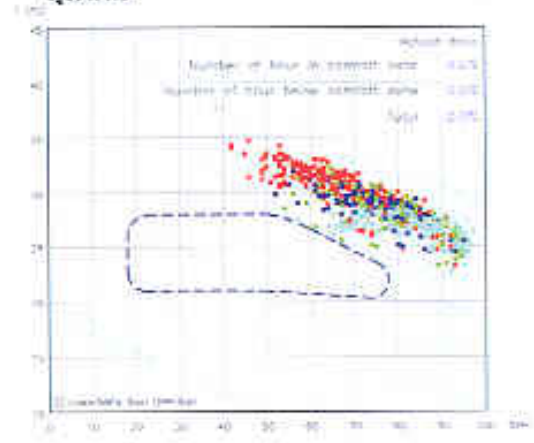
กรกฎาคม



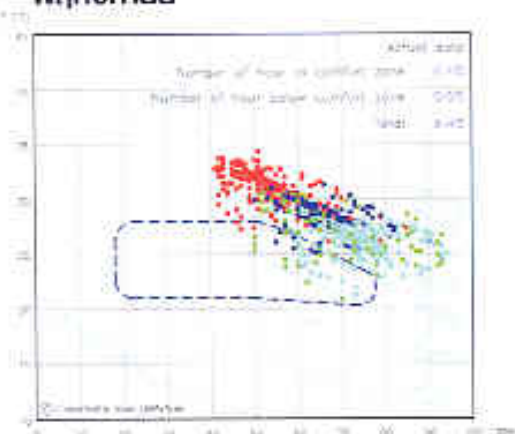
กันยายน



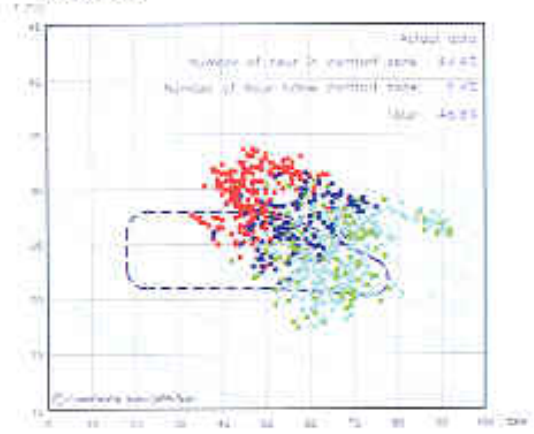
ตุลาคม



พฤศจิกายน



ธันวาคม



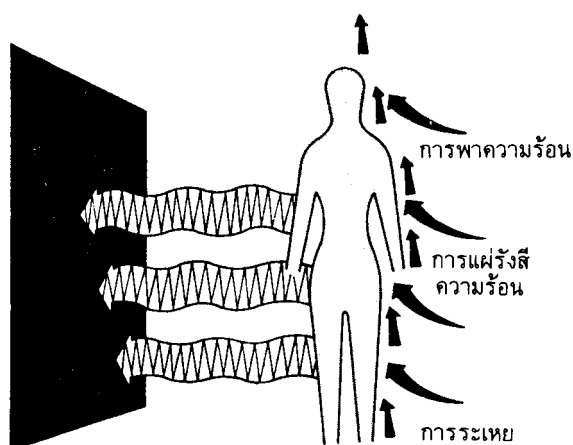
ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิและความชื้น ในกรุงเทพมหานครระหว่างเดือนสิงหาคม-ธันวาคม
ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ. 2542: 52-53

1.5 ความสุขสบายของร่างกาย

อุณหภูมิปกติของร่างกายคนเราคือ 37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิบางครั้งเรียกว่าอุณหภูมิใต้ผิว (Subsurface) ซึ่งตรงข้ามกับอุณหภูมิผิว การทำความเข้าใจในการที่ร่างกายคงไว้ซึ่งอุณหภูมินี้ จะช่วยให้เข้าใจถึงกระบวนการปรับอากาศเพื่อให้ร่างกายได้รับความสุขสมบูรณ์ ร่างกายสร้างความร้อน อาหารที่เรารับประทานเข้าไปประกอบด้วยความร้อนในรูปของแคลอรี ปริมาณความร้อน 1 แคลอรีซึ่งใช้แสดงค่าความร้อนของอาหารคือปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจำนวน 1 กรัม ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิม 1 องศาเซลเซียส ปริมาณความร้อน 252 แคลอรี = 1 บีทียู 1 แคลอรี คือปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำหนัก 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนจากเดิม 1 องศาเซลเซียส

เมื่อแคลอรีเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานและถูกสะสมไว้ใช้ในอนาคต และเพื่อให้มีความสุขสบาย ความร้อนที่สร้างขึ้นจะต้องถ่ายเทออกจากร่างกาย เนื่องจากร่างกายสร้างความร้อนมากกว่าที่ต้องการ ความร้อนจึงจำเป็นต้องถูกถ่ายเทออกจากร่างกายอย่างสม่ำเสมอโดยกระบวนการธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ กระบวนการเหล่านี้คือ

1.5.1 การพาความร้อน ในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายโดยกระบวนการพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ 2 อย่าง คือ 1) ความร้อนไหลจากพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าตัวอย่างเช่น ความร้อนจากร่างกายสู่อากาศรอบตัวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของผิวหนัง, 2) อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น (Heat rises) สังเกตได้จากควันบุหรี่ซึ่งจะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงเสมอ เมื่อปรากฏการณ์ทั้งสองประยุต์เข้ากับกระบวนการถ่ายเทความร้อนของร่างกายก็จะเกิดสิ่งต่างๆ เหล่านี้คือ ร่างกายถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศรอบๆ ตัว ซึ่งร้อนน้อยกว่าอากาศรอบตัวเริ่มอุ่นขึ้นและลอยตัวสูงขึ้น เมื่ออากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้น อากาศที่เย็นกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่วงจรของการพาความร้อนก็สมบูรณ์



ภาพประกอบ 6 การถ่ายเทความร้อนของร่างกาย

ที่มา : สมศักดิ์ สุโมตยกุล 2545: 263

1.5.2 การแผ่รังสีความร้อน คือ กระบวนการซึ่งความร้อนเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดไปสู่วัตถุ โดยอาศัยรังสีความร้อน เช่น การที่ดวงอาทิตย์ส่งถ่ายความร้อนมายังผิวโลก การแผ่รังสีไม่ต้องการการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายความร้อน

1.5.3 การระเหย เป็นกระบวนการที่น้ำกลายเป็นไอ เมื่อน้ำระเหยจากผิวที่ร้อนจะดูดซับความร้อนเพื่อการเปลี่ยนสถานะทำให้น้ำที่เหลือมีอุณหภูมิต่ำลง กระบวนการเช่นนี้จะเกิดอย่างสม่ำเสมอ บนผิวหนังของร่างกาย (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2545: 263)

1.6 สภาวะที่มีผลต่อความร้อนของร่างกาย

องค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการที่มีผลต่อความร้อนของร่างกาย คือ

1.6.1 อุณหภูมิ ในขณะที่อากาศโดยรอบมีอุณหภูมิต่ำลง การถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายโดยการแผ่รังสีจะเกิดเร็วขึ้น และถ้าอากาศโดยรอบมีอุณหภูมิสูงขึ้น การแผ่รังสีจะถูกลดอัตราความเร็วให้ช้าลง อากาศเย็นจะทำให้อัตราการระเหยเป็นไปได้เร็วขึ้น และถ้าอากาศร้อนอุณหภูมิใกล้ผิวสูงขึ้นอัตราการระเหยจะลดลง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นต้องขึ้นอยู่กับจำนวนความชื้นสัมพัทธ์ที่มีอยู่ในอากาศและความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศอีกด้วย

1.6.2 ความชื้น น้ำที่แฝงอยู่ในอากาศวัดได้ในรูปของความชื้นสัมพัทธ์ ตัวอย่างเช่น ถ้าในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าในอากาศมีน้ำอยู่ครึ่งหนึ่งของตัวเองเท่าที่จะสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ในอุณหภูมิ ณ จุดนั้น ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้ร่างกายถ่ายเทความร้อนโดยการระเหยได้ดี ที่เป็นเช่นนี้เพราะอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะแห้งพร้อมที่จะรับไอน้ำได้อีกมาก อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีผลตรงข้ามคือ ทำให้กระบวนการระเหยลดลงเป็นการลดอัตราความร้อนที่สามารถถ่ายเทโดยการระเหย ภาวะที่เหมาะสมสำหรับร่างกายมนุษย์ ก็คือ 22.2-26.6 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 45-50 เปอร์เซ็นต์

1.6.3 การเคลื่อนที่ของอากาศ องค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนของร่างกายก็คือ การเคลื่อนที่ของอากาศรอบๆ ตัว เมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศเร็วขึ้นจะทำให้เกิดผลดังนี้ 1) กระบวนการระเหยซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นในอากาศบริเวณใกล้ร่างกายถูกนำออกไปในอัตราที่เร็วขึ้น, 2) กระบวนการพาความร้อนเร็วขึ้น เนื่องจากชั้นของอากาศรอบตัวถูกนำออกไปเร็วขึ้น, 3) กระบวนการแผ่รังสีความร้อนมีความโน้มถ่วงขึ้น เนื่องจากความร้อนใกล้ผิวถูกถ่ายเทในอัตราที่เร็วขึ้น ให้ความร้อนแผ่จากร่างกายในอัตราที่เร็วขึ้น เมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศช้าลง กระบวนการระเหย การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนก็ร่างกายถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศรอบๆ ตัว ซึ่งร้อนน้อยกว่า อากาศรอบตัวเริ่มอุ่นขึ้นและลอยตัวสูงขึ้น เมื่ออากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้น อากาศที่เย็นกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่วงจรของการพาความร้อนก็สมบูรณ์ (สมศักดิ์ สุโมทยกุล. 2545: 265)

1.7 การเผาผลาญพลังงาน

การเผาผลาญพลังงานของร่างกาย (Metabolic) ขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมที่กระทำ ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีค่าไม่เท่ากัน มีหน่วยวัดเป็น met ($1 \text{ met} = 50 \text{ kCal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$) เมื่อทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานแตกต่างกันจะทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานในร่างกายไม่เท่ากัน พลังงานที่ร่างกายใช้ไปนั้นก่อให้เกิดความร้อนภายในร่างกาย และต้องมีการถ่ายเทพลังงานนั้นออกไป เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายให้เหมาะสม ประมาณ 37-38 องศาเซลเซียส (วรารมณ กัญจนวิโรจน์. 2542: 13)

ตาราง 1 อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายและประสิทธิภาพเชิงกลในการทำกิจกรรม

กิจกรรม	อัตราการเผาผลาญพลังงาน $M/A_{Du} \text{ kCal / hr.m}^2$	ประสิทธิภาพเชิงกล η	ความเร็วลมสัมพัทธ์ขณะอากาศนิ่ง m/s
พักผ่อน			
นอนหลับ	35	0	0
เอกเขนก	40	0	0
นั่ง, เงียบๆ	50	0	0
ยืนสบายๆ	60	0	0
เดิน			
ทางราบ km. /hr.			
3.2	100	0	0.9
4.0	120	0	1.1
4.8	130	0	1.3
เดินทางลาด			
%ความลาด km. /hr.			
5 1.6	120	0.07	0.6
5 3.2	150	0.10	0.9
15 1.6	145	0.15	0.4
15 3.2	230	0.19	0.9
งานในสำนักงาน			
พิมพ์ดีด(ไฟฟ้า)	45-50	0	0.05

ตาราง 1 (ต่อ)

กิจกรรม	อัตราการเผา ผลาญพลังงาน M/A_{DU} kCal / hr.m ²	ประสิทธิภาพ เชิงกล η	ความเร็วลม สัมพัทธ์ขณะ อากาศนิ่ง m/s
พิมพ์ดีด(ธรรมดา)	55-60	0	0.05
งานสำนักงานทั่วไป	50-60	0	0-0.1
พนักงานขาย	100	0-0.1	0.2-0.5
ครู	80	0	0
ซ่อมนาฬิกา	55	0	0
ชั้นเขียนพิน			
รถยนต์(การจราจรเบาบาง)	50	0	0
รถยนต์ (การจราจรติดขัด)	100	0	0
รถบรรทุก	160	0-0.1	0.05
บินเวลากลางคืน	60	0	0
งานหนัก			
แบกของหนัก 50 กก.	200	0.2	0.5
เข็นรถเข็น (57 กก.ที่ 4.5 กม./ชม.)	125	0.2	1.4
งานบ้าน			
ทำอาหาร	80-100	0	0
ยีนล้างจาน	80	0	0-0.2
ซักผ้าด้วยมือและรีดผ้า	100-150	0-0.1	0-0.2
ซื้อของ	80	0	0.2-1
กิจกรรมนันทนาการ			
เดินช้า	120-220	0	0.2-2
เทนนิส	230	0-0.1	0.5-2
สควอช	360	0-0.1	0.5-2
บาสเก็ตบอล	380	0-0.1	1-3
ยิมนาสติก	150-200	0-0.1	0.5-2

ที่มา: Fanger, P.O. 1970: 24-26

1.8 ค่าความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า

ความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า (Thermal Resistance of Clothing) เป็นกระบวนการนำความร้อนผ่านเสื้อผ้าเป็นเครื่องขัดขวาง คือ ต้องรวมการส่งผ่านความร้อนผ่านช่องว่างอากาศ การนำความร้อนผ่านวัตถุที่เป็นของแข็ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าไปตามความเปียกของเสื้อผ้า คุณสมบัติในด้านกัมมันตรังสีของเสื้อผ้า และความสามารถในการส่งผ่านอากาศของเนื้อผ้า ดังนั้นด้วยเหตุแห่งความยุ่งยากในการรวมปัจจัยทั้งหมด ทำให้เกิดการพัฒนามาเป็นคุณสมบัติของชุดแต่งกาย ที่รวมความต้านทานความร้อนทั้งหมด โดยการวัดจากผิวกายสู่ผิวนอกของเสื้อผ้า แต่ไม่รวมค่าความต้านทานความร้อนภายนอก ค่า $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{ KM}$

จากการวัดค่าความต้านทานความร้อนของชุดสูทเต็มยศและชุดชั้นใน โดยค่าความต้านทานความร้อน I_{cl} ของชุดแต่งกายบางชุด มีแสดงในตาราง 2 มีหน่วยเป็น $\text{m}^2 \text{ K/W}$ และ clo ซึ่งเสื้อผ้าแบบแยกชิ้นจะแสดงในตาราง 3 และค่ารวมของความต้านทานความร้อนเฉลี่ย สามารถคำนวณได้ดังนี้ $I_{cl} = 0.82 \sum I_{clo}$ (วรารักษ์ กาญจนวิโรจน์. 2542: 13)

ตาราง 2 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (ชุด)

รายละเอียดชุดแต่งกาย	I_{cl} (clo)	I_t^c (clo)	f_{cl}	i_{cl}
กางเกงขาสั้น เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.36	1.02	1.10	0.34
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	0.57	1.20	1.15	0.36
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.61	1.21	1.20	0.41
เหมือนข้างบน และสวมเสื้อแจ็คเก็ต	0.96	1.54	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อเชิ้ตแขนยาว เสื้อกันหนาวแขนยาวและเสื้อยืด	1.01	1.56	1.28	
ชุดนอนเสื้อแขนยาว กางเกงขายาว เสื้อคลุม และสวมรองเท้าแตะ	0.96	1.50	1.32	0.37
กระโปรงสั้น เสื้อแขนสั้น ชุดชั้นใน และรองเท้าโปร่ง	0.54	1.10	1.26	
กระโปรงสั้น เสื้อแขนยาว สลิปเต็มตัว และชุดชั้นใน	0.67	1.22	1.29	
กระโปรงยาว เสื้อแขนยาว แจ็คเก็ต และชุดชั้นใน	1.10	1.59	1.46	
ชุดหมี่แขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.72	1.30	1.23	
กางเกงขายาว เสื้อแขนยาว เสื้อยืดคอกลม	0.89	1.46	1.27	0.35

ที่มา: ASHRAE Handbook of Fundamentals. 1997: 8

ตาราง 3 ค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย (แยกชิ้น)

รายละเอียดเครื่องแต่งกาย	I_{clo} / clo	รายละเอียดเครื่องแต่งกาย	I_{clo} / clo
ชุดชั้นใน		ชุดเดรสและกระโปรง	
กางเกงในชาย	0.04	กระโปรง(บาง)	0.14
กางเกงในหญิง	0.03	กระโปรง(หนา)	0.23
เสื้อชั้นใน	0.01	เสื้อแขนยาว(บาง)	0.33
เสื้อยืดคอกลม	0.08	เสื้อแขนยาว(หนา)	0.47
สลีปแบบเต็มตัว	0.16	เสื้อแขนสั้น(บาง)	0.29
สลีปแบบครึ่งตัว	0.14	เสื้อแขนกุด คอคว้าน(บาง)	0.23
รองเท้า และถุงเท้า		เสื้อแขนกุด คอคว้าน(หนา)	0.27
ถุงเท้ากีฬาเส้นแค่ว่าดุ่ม	0.02	เสื้อขนสัตว์(Sweaters)	
ถุงเท้าเส้นแค่ว่าหน้าแข้ง	0.03	ไม่มีแขน(บาง)	0.13
ถุงเท้าแค่ว่า(หนา)	0.06	ไม่มีแขน(หนา)	0.22
ถุงนอน	0.02	แขนยาว(บาง)	0.25
รองเท้าสานโปร่ง	0.02	แขนยาว(หนา)	0.36
รองเท้าแตะ	0.03	เสื้อสูทและเสื้อกั๊ก	
รองเท้าบูต	0.10	เสื้อสูทชั้นเดียว(บาง)	0.36
เสื้อเชิ้ต		เสื้อสูทชั้นเดียว(หนา)	0.44
ไม่มีแขน, คอคว้าน	0.12	เสื้อสูทมีซับใน(บาง)	0.42
เดรสเชิ้ตแขนสั้น	0.19	เสื้อสูทมีซับใน(หนา)	0.45
เดรสเชิ้ตแขนยาว	0.25	เสื้อกั๊กไม่มีแขน(บาง)	0.10
เสื้อถักแบบกีฬาแขนสั้น	0.17	ชุดนอนและชุดคลุม	
เสื้อเชิ้ตแขนยาว	0.34	เสื้อคลุมสั้นไม่มีแขน(บาง)	0.18
กางเกง		เสื้อคลุมยาวไม่มีแขน(บาง)	0.20
กางเกงขาสั้นแบบสั้น	0.06	เสื้อคลุมแขนสั้น แบบโรงพยาบาล	0.31
กางเกงขาสั้นแค่ว่า	0.08	ชุดนอนแขนยาว(หนา)	0.46
กางเกงขายาว(บาง)	0.15	ชุดนอนแขนสั้น(บาง)	0.42
กางเกงขายาว(หนา)	0.24	ชุดคลุมแขนยาว(หนา)	0.69
กางเกงทรงหลวม	0.30	ชุดคลุมแขนสั้น(หนา)	0.48
ชุดหมี	0.49		

ที่มา: ASHRAE Handbook of Fundamentals 1997: 9

1.9 ดัชนีมวลร่างกาย

ค่าดัชนีมวลกาย เป็นดัชนีอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนสูง และน้ำหนักตัว มาเป็นตัวช่วยบ่งชี้สภาวะร่างกายของแต่ละคน ดีกว่าการอาศัยน้ำหนักตัวอย่างเดียวเพราะคนที่มีน้ำหนักตัวเท่ากันเช่นที่ 70 กิโลกรัม สำหรับผู้ที่สูงประมาณ 175-180 เซนติเมตร ถือว่าปกติหุ่นกำลังดี แต่กับผู้ที่สูงประมาณ 150-160 เซนติเมตร ก็จะต้องอ้วนแล้ว ตัวดัชนีจะช่วยบ่งบอกให้ทราบว่าเรามีสภาพที่อ้วนมากเกินไป (ตัวเลขดัชนีสูงกว่าค่ามาตรฐาน ยิ่งสูงมากก็ยิ่งอ้วนมาก) หรืออยู่ในเกณฑ์ปกติ แสดงว่ามีความสมดุลที่ดีระหว่างการทานอาหารและการออกกำลังกายจึงได้ดัชนีในเกณฑ์มาตรฐาน หรืออยู่ในสภาพที่ผอมหรือผอมมากเกินไป (ค่าดัชนีจะต่ำกว่าค่ามาตรฐานยิ่งต่ำมากแสดงว่ายิ่งผอมมาก) ดัชนีมวลกายเป็นสูตรที่ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงกับน้ำหนักตัวและสามารถบอกระดับความอ้วนได้ดัชนีมวลกายคำนวณได้ง่ายๆ โดยเอาน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูงยกกำลังสอง (เมตร) ยิ่งค่าดัชนีมวลกายสูงขึ้นเท่าไร ก็หมายความว่า ความอ้วนจะมีเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น ดังตาราง 4 (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2550: <http://th.wikipedia.org/wiki>)

ตาราง 4 แสดงค่ามาตรฐาน ของดัชนีมวลกาย

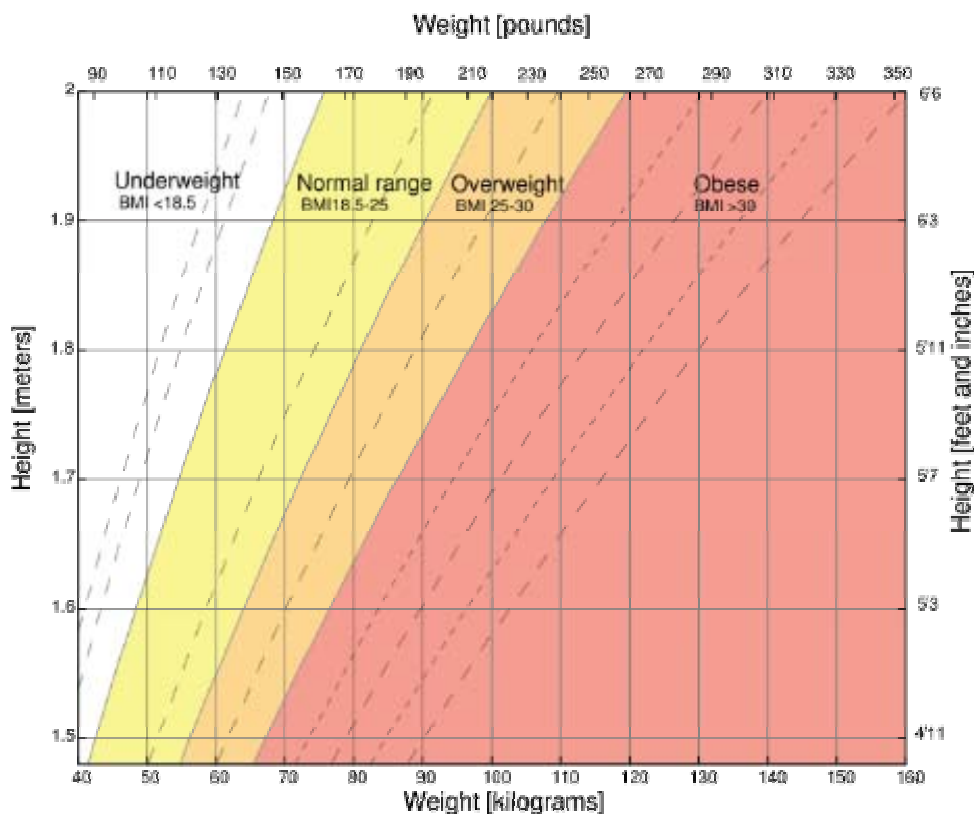
ภาวะ	ค่าดัชนีความหนาที่คำนวณได้
ผอม	<18.5
ปกติ	18.5-25
อ้วน	25-30
อ้วนมาก	> 30

จากตารางเป็นการแสดงให้เห็นว่าถ้ามีค่าดัชนีมวลกายต่ำกว่า 18.5 ร่างกายจะผอมเกินไป แต่ถ้ามีค่าดัชนีมวลกายสูงกว่า 30 ก็แสดงให้เห็นว่า ร่างกายอ้วนเกินไป

การประเมินค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index หรือ BMI)

ค่าดัชนีมวลกาย เป็นอัตราส่วนของส่วนสูงและน้ำหนัก ซึ่งมีช่วงของน้ำหนักและเกี่ยวข้องกับการมีสุขภาพดี

$$\text{ดัชนีมวลกาย} = \frac{\text{น้ำหนัก (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง (เมตร)} \times \text{ส่วนสูง (เมตร)}}$$



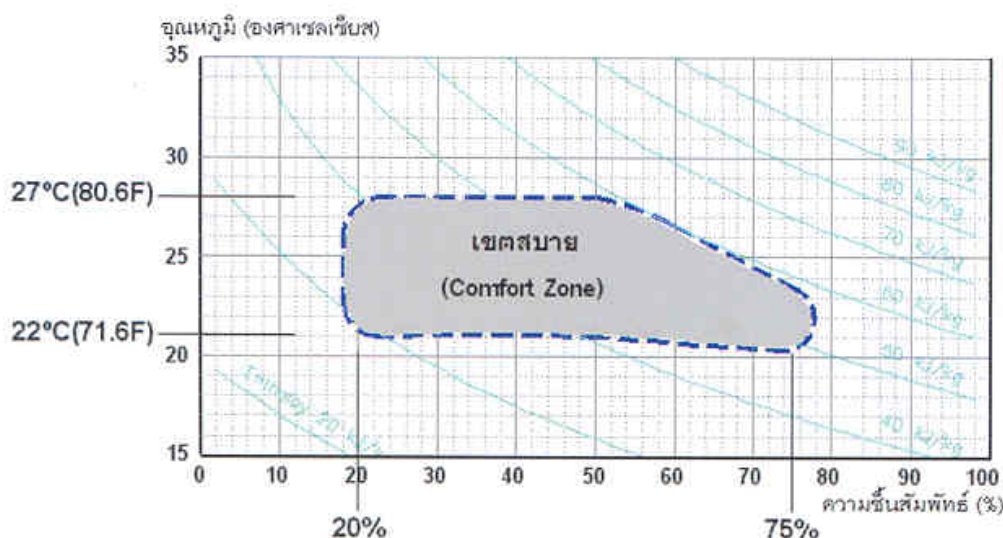
ภาพประกอบ 7 ภาพ : Body mass index chart.svg

ที่มา : วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี: <http://th.wikipedia.org/wiki>

1.10 แนวทางในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศที่นำเสนอโดย สุนทร บุญญธิการ (2542: 34) เริ่มต้นด้วยการสร้างแผนภูมิของเขตสบาย โดยอาศัยแผนภูมิไบโอไคลเมติก (Bioclimatic Chart) ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อแสดงให้เห็นขอบเขตของสภาวะที่คนเรา รู้สึกสบาย โดยมีข้อจำกัดให้เขตสบายของคนที่แสดงด้วยเส้นประในแผนภูมิ จากการศึกษาพบว่าคนเราจะรู้สึกสบายเมื่อ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์ เขตดังกล่าวกำหนดขึ้นโดยมีเงื่อนไขดังนี้

- ความเร็วลมค่อนข้างสงบ (ประมาณ 0-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0-50 ฟุตต่อนาที)
- อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน
- การแต่งกายเป็นแบบลำลอง โดยการสวมเสื้อผ้าสบายๆ จำนวนเสื้อผ้าน้อยชิ้น
- บุคคลอยู่ในอิริยาบถปกติสบายๆ เช่น นั่งอ่านหนังสือ นั่งเล่นเป็นต้น



ภาพประกอบ 8 แผนภูมิแสดงขอบเขตสภาวะที่คนรู้สึกสบายจากตัวแปรของสภาพภูมิอากาศ

ที่มา : สุนทร บุญญธิการ. 2542: 34

1.11 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

การเคลื่อนไหวของอากาศ มีผลต่อสมดุลย์ทางความร้อนของร่างกายและความรู้สึกสบายโดยมีผลกับอัตราการนำ-การพาความร้อน ระหว่างผิวกายกับอากาศ และมีผลต่อการทำความเย็นของร่างกายจากการเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำ โดยพบว่าเมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริง ความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศนี้เป็นเพราะอัตราการระบายอากาศความร้อนออกจากผิวกาย แปรผันตามความเร็วลมของกระแสลม กล่าวคือ ถ้ากระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นร่างกายจะระบายความร้อนได้เร็วขึ้น จึงทำให้มีความรู้สึกเมื่อมีลมพัดผ่านผิวกายนี้ (ในที่นี้เรียกว่าความรู้สึกเย็นลง) เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย (Regression Analysis) พบว่า

$$\text{ความรู้สึกเย็นลง (}^{\circ}\text{C)} = 0.381 v + 0.016 rh^3$$

V = ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

Rh = ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) (สุนทร บุญญธิการ. 2541: 35)

จากสมการสรุปคร่าวๆ ได้ว่า มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.3 เมตรต่อวินาที แต่ความเร็วของกระแสลมนี้ก็จะถูกจำกัดด้วยผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ตามตาราง 5

ตาราง 5 ผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

ความเร็วลม	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-0.25 เมตรต่อวินาที	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึก นำสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
0.25-0.5 เมตรต่อวินาที	ต่ำลง 1.11-1.67 องศาเซลเซียส	สบาย
0.5-1.0 เมตรต่อวินาที	ต่ำลง 2.22-2.78 องศาเซลเซียส	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ว่าการ เคลื่อนไหวของอากาศ
1.0-1.5 เมตรต่อวินาที	ต่ำลง 2.78-3.89 องศาเซลเซียส	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 1.5 เมตรต่อวินาที	ต่ำลงมากกว่า 3.89 องศาเซลเซียส	ถ้าจะให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และ ถูกสุขลักษณะ จะต้องมีการแก้ไข

ที่มา : สุนทร บุญญธิการ. 2541: 35

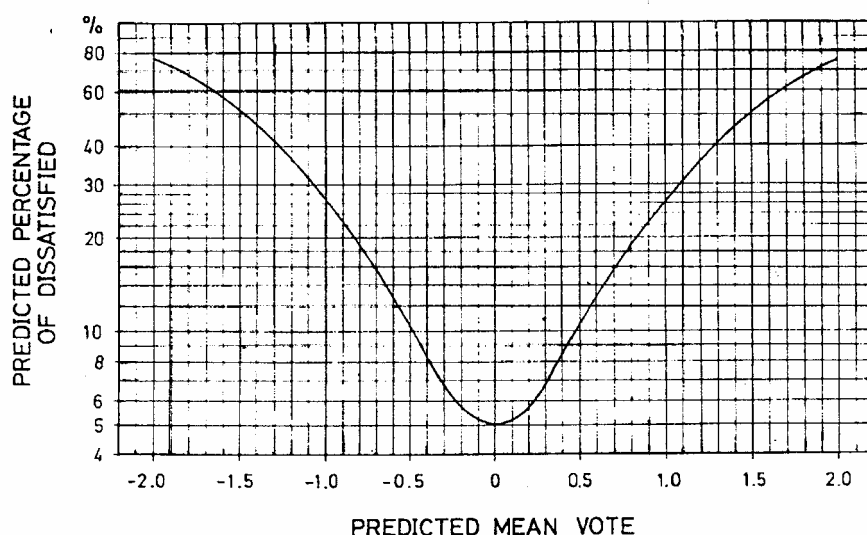
แต่อย่างไรก็ตามยังมีการถ่ายเทความร้อนในอีกด้านหนึ่ง คือ การนำ-พาความร้อน ระหว่างอากาศกับผิวหนังที่ติดทางในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ-พาความร้อน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศจะมากหรือน้อยกว่าอุณหภูมิผิวหนัง (90-95 องศาฟาห์เรนไฮต์) ความร้อนจะเข้าสู่ร่างกายโดยการนำ-พาความร้อนเมื่ออุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 90 องศาฟาห์เรนไฮต์ แต่ความร้อนจะเข้าสู่ร่างกายเมื่ออุณหภูมิอากาศสูงกว่าอุณหภูมิผิวหนัง (วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์. 2542: 18-24)

1.12 การศึกษาขอบเขตของสภาวะสบาย

การศึกษาของเขตสภาวะสบายที่ได้จากงานวิจัยโดยใช้ดัชนีสภาวะสบายเป็นตัวกำหนด และดัชนีสภาวะอากาศที่สำคัญ คือ PMV (Predicted Mean Vote) และ PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) (Fanger: 1970) ค่า PMV คือค่าสมมุติทางคณิตศาสตร์ ที่ได้มาจากการเฉลี่ยค่าคำตอบความรู้สึกในสภาพอากาศเพื่ออธิบายสภาวะอากาศของคนกลุ่มหนึ่ง การประเมินค่าคำตอบความรู้สึกในสภาพอากาศจะใช้แบบสอบถามเป็นวิธีศึกษา โดยให้คำตอบเป็นแบบตัวเลือก 7 ตัว แบ่งระบบตัวเลขเป็น -3, -2, -1, 0, +1, +2 และ +3 อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า PMV ที่เป็น

สมการเชิงคณิตศาสตร์ที่รวมปัจจัยทั้งหกเข้าเป็นหน่วยเดียว มีลักษณะที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ส่วนค่า PPD คือ ค่าเชิงปริมาณเป็นอัตราร้อยละของจำนวนคนในกลุ่มที่รู้สึกไม่สบายในสภาพอากาศ และคนกลุ่มนี้มีแนวโน้มว่าจะบ่นไม่พอใจในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

ดังนั้นดัชนี PMV และดัชนี PPD จึงเป็นตัวบ่งชี้สภาวะอากาศในสภาพแวดล้อม และมีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาสภาวะสบายได้ ค่าดัชนี PMV จะมีค่าอยู่ระหว่าง -3 ถึง +3 แต่มีข้อเสนอแนะว่าควรจะใช้เพียงค่าระหว่าง -2 ถึง +2 เท่านั้นเพื่อความถูกต้อง และค่านี้ได้ถูกใช้คำนวณเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ดัชนี PMV และ ดัชนี PPD สมการนี้มีความยุ่งยากซับซ้อนเช่นกัน โดยใช้คณิตศาสตร์แบบ Logarithm คำนวณหาค่าดัชนี PPD และยังกำหนดไว้ว่า $PMV = 0$ จะมีค่า $PPD = 5$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบ่นแสดงไม่พอใจในสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แม้ในสภาพอากาศที่น่าสบายที่สุด เพราะฉะนั้นการสร้างสภาวะสบายจึงควรจะมีจุดมุ่งหมายให้เกิดความไม่พอใจน้อยที่สุด การกำหนดขอบเขตของสภาวะสบายด้วยดัชนี PMV และ PPD มิได้ระบุถึงอุณหภูมิที่แน่นอนไว้เพราะอุณหภูมิในสภาวะสบายอาจจะมีช่วงกว้างเท่าไรก็ได้ แต่จะต้องมีจำนวนผู้ที่ไม่รู้สึกไม่สบายในสภาพอากาศน้อย หากค่า PPD ไม่เกิน 7.5 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่า $PMV = \pm 0.35$ และหากเลื่อนค่า PPD มากขึ้นเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่า $PMV = \pm 0.5$ ตามมาตรฐานสภาวะสบายสากล (ISO 7730 1994) ซึ่งในที่นี้จะทำให้มีผู้ที่รู้สึกสบายในสภาพอากาศประมาณร้อยละ 90



ภาพประกอบ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี PMV และค่าดัชนี PPD ของ Fanger (1970)

ที่มา : กิจชัย จิตขจรวานิช. 2547: 11

1.13 วิธีการวิจัยสภาวะสบาย

วิธีการศึกษาวิจัยสภาวะสบายมีอยู่ 2 วิธี คือ การทดลองในห้องปรับอากาศ และการศึกษาภาคสนาม การวิจัยแบบการทดลองได้เป็นรากฐานของการศึกษาสภาวะสบายมานาน โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกา และยุโรป ทั้งยังได้ใช้ผลที่ได้จากการทดลองมากำหนดเป็นวิธีการศึกษาและค่ามาตรฐานสภาวะสบายสากลในเวลาต่อมา ข้อดีของการทดลองที่ใช้ห้องปรับอากาศ คือ มีความสามารถในการควบคุมสภาพอากาศได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับความต้องการในการทดลองของงานวิจัย สภาพแวดล้อมในห้องปรับอากาศส่วนมากจะถูกควบคุมให้เป็นสภาพเสถียร แต่ก็สามารถปรับให้เป็นสภาพอากาศแบบพลวัตได้ วิธีการศึกษาในห้องทดลองมีหลักปฏิบัติ คือ ปรับอากาศตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ โดยพิจารณาปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิในอากาศ ความชื้น รังสีความร้อน และความเร็วลม เมื่อได้ตามที่ต้องการแล้ว ก็ให้กลุ่มตัวอย่างที่มาทดลองในห้องปรับอากาศนี้ แต่งกายตามเครื่องแบบมาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อควบคุมค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้าให้ได้ตามมาตรฐาน และให้กลุ่มตัวอย่างนั่งเล่นหรืออ่านหนังสือ หรือทำกิจกรรมเบาๆ เพื่อกำหนดค่าการเผาผลาญอาหารในร่างกายให้ได้มาตรฐานเช่นกัน กลุ่มตัวอย่างจะต้องรายงานความรู้สึกในสภาพอากาศโดยใช้แบบสอบถามที่ให้ไว้เป็นระยะๆ ตามที่เวลากำหนด การวิจัยสภาวะสบายอีกวิธีการหนึ่ง คือ การศึกษาภาคสนาม เป็นวิธีการสำรวจความรู้สึกในสภาพอากาศของคนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมในชีวิตประจำวัน โดยใช้แบบสอบถามความรู้สึกในสภาพอากาศหรือความรู้สึกสบายในขณะเดียวกันก็ตรวจวัดปัจจัยต่างๆ ของสภาพอากาศนั้นๆ ด้วย จุดมุ่งหมายของการวิจัยวิธีนี้ก็เพื่อให้ได้ลักษณะความเป็นอยู่ในสภาพแวดล้อมจริงของมนุษย์ ทั้งยังให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกใส่เสื้อผ้าให้เหมาะสมกับตนเองตามชีวิตประจำวัน ใช้การควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยตนเอง รวมทั้งท่าทางและกิจกรรมต่างๆ ก็ไม่มีการบังคับ ดังนั้นการศึกษาภาคสนามจึงให้ผลได้ตามสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่ทำการตรวจวัดโดยเฉพาะ รวมทั้งได้พิจารณาปัจจัยอื่นๆ ไปพร้อมกันด้วย เช่น วัฒนธรรมการแต่งกาย สภาพภูมิอากาศท้องถิ่น ฤดูกาล และอิทธิพลทางจิตใจต่อความรู้สึก ด้วยเหตุนี้กระบวนการวิเคราะห์ก็ต้องทำด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และจะต้องใช้สมการสภาวะสบายบนพื้นฐานเชิงสถิติ

สำหรับแบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองวิธีการวิจัย จะประกอบไปด้วยคำถามถึงความรู้สึกในสภาพอากาศ ความรู้สึกสบาย หรือความพอใจสภาพอากาศ คำถามเหล่านี้ได้ให้คำตอบเป็นแบบตัวเลือกโดยใช้ระบบตัวเลข ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ทางสถิติต่อไปได้ คำถามที่เกี่ยวกับความรู้สึกในสภาพอากาศ จะมีแบบตัวเลือก 7 ตัว อยู่สองแบบคือ แบบ ASHRAE Scale (ASHRAE Standard 55-66 1966) และแบบ Bedford Scale (Bedford 1936)

ตาราง 6 ตัวเลือกความรู้สึกในสภาพอากาศ

ASHRAE Scale	ระบบตัวเลข	Bedford Scale
ร้อนมาก	+3	ร้อนมากเกินไป
ร้อน	+2	ร้อนเกินไป
ร้อนเล็กน้อย	+1	รู้สึกสบายแบบอุ่นๆ
กลาง	0	รู้สึกสบาย
เย็นเล็กน้อย	-1	รู้สึกสบายแบบเย็นๆ
เย็น	-2	เย็นเกินไป
หนาว	-3	เย็นมากเกินไป

ที่มา : กิจชัย จิตขจรวานิช. 2547: 14

คำตอบในตัวเลือกแบบ Bedford Scale เป็นการรวมความรู้สึกในสภาพอากาศและความรู้สึกสบายเข้าด้วยกัน ส่วนคำตอบตัวเลือกในแบบ ASHRAE Scale จะอ้างถึงความรู้สึกในสภาพอากาศเพียงอย่างเดียวอย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยหลายชิ้นพบว่า ในทางปฏิบัติคำตอบตัวเลือกแบบสอบถามทั้ง 2 แบบให้ผลการวิจัยที่คล้ายกันมาก และผลที่ได้จากทั้ง 2 แบบ สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ส่วนคำถามที่เกี่ยวข้องกับสภาวะสบาย จะถามโดยตรงถึงความรู้สึกสบายและระดับของความสบายในสภาพอากาศ คำตอบจะเป็นตัวเลือก 6 ตัว เป็นแบบสมมาตร แต่ไม่มีค่ากลาง โดยใช้แบบ Comfort Scale (Brager et al 1994) นอกจากนี้ยังมีคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในสภาพอากาศและความปรารถนาที่จะให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเพื่อให้รู้สึกสบายขึ้น โดยคำตอบตัวเลือก 3 ตัวแบบ Preference Scale (McIntyre 1980) ต่อมาได้ปรับปรุงเป็นแบบ 7 ตัวเลือก ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบกับคำตอบความรู้สึกในสภาพอากาศได้

การศึกษาวิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามที่เป็นความรู้สึกส่วนตัว มาวิเคราะห์ร่วมกับสภาพอากาศโดยใช้วิธีทางสถิติ ซึ่งจะได้ผลออกมาเป็นสภาวะสบายของกลุ่มที่ทำการศึกษา ผลสรุปที่สำคัญที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ได้แก่ บริบทของสภาพแวดล้อม การควบคุมสภาพอากาศในลักษณะต่างๆ อุณหภูมิและช่วงของสภาวะสบาย และการตอบสนองเพื่อให้รู้สึกสบาย (กิจชัย จิตขจรวานิช. 2547: 10-15)

ตาราง 7 ตัวเลือกความรู้สึกสบาย

Comfort Scale	ระบบตัวเลข
รู้สึกไม่สบายมาก	+3
รู้สึกไม่สบายปานกลาง	+2
รู้สึกไม่สบายเล็กน้อย	+1
รู้สึกสบายเล็กน้อย	-1
รู้สึกสบายปานกลาง	-2
รู้สึกสบายมาก	-3

ที่มา : กิจชัย จิตขจรวานิช. 2547: 14

ตาราง 8 ตัวเลือกความพอใจและความอยากให้สภาพอากาศเป็น...

Preference Scale แบบ 3 ตัวเลือก	ระบบตัวเลข	Preference Scale แบบ 7 ตัวเลือก
	+3	ร้อนขึ้นมาก
	+2	ร้อนขึ้น
ร้อนขึ้น	+1	ร้อนขึ้นเล็กน้อย
ไม่เปลี่ยนแปลง	0	ไม่เปลี่ยนแปลง
เย็นลง	-1	เย็นลงเล็กน้อย
	-2	เย็นลง
	-3	เย็นลงมาก

ที่มา : กิจชัย จิตขจรวานิช. 2547: 15

แบบสอบถามความรู้สึกต่อสภาพอากาศของ International Standard ISO 10551: 1995(E)

1. ท่านมีความรู้สึกว่าคุณณิขณะนี้ร้อนหรือหนาวอย่างไร

หนาว เย็น เย็นเล็กน้อย ปกติ/ไม่ร้อนไม่หนาว อุ่นเล็กน้อย อุ่น ร้อน

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2. ท่านมีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้อย่างไร

สบาย ค่อนข้างสบาย ไม่สบายเล็กน้อย ไม่สบาย ไม่สบายมาก

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

3. โดยรวมท่านรู้สึกว่าคุณณิขณะนี้ควรจะเป็นอย่างไร

เย็นลงมาก เย็นลง เย็นลงเล็กน้อย ไม่เปลี่ยนแปลง อุ่นขึ้นเล็กน้อย อุ่นขึ้นมาก ร้อนขึ้น

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

4. โดยรวมท่านยอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่

ยอมรับ ไม่ยอมรับ

☐ ☐

5. ท่านคิดว่าสภาพแวดล้อมขณะนี้เป็นอย่างไ

พอดี ลำบากเล็กน้อย ลำบาก ลำบากมาก ไม่สามารถทนได้

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

ในการศึกษาเรื่อง สภาวะสบายนั้น อาจให้ความหมายได้ว่า สภาวะสบายหมายถึง สภาวะอากาศที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้นๆ โดยรู้สึกไม่หนาวหรือร้อนจนเกินไป หรือ อุณหภูมิที่เป็นกลาง (Neutral Temperature) ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบ คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน ความเร็วลม เสื้อผ้าที่สวมใส่ และอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย สำหรับในการทดลองวัดค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศครั้งนี้ จะใช้แบบสอบถาม ในแบบของ International Standard (ISO 10551: 1995(E)) นอกจากนี้ยังมีคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในสภาพอากาศและความปรารถนาที่จะให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเพื่อให้รู้สึกสบายขึ้น แบบ Preference Scale (McIntyre. 1980) โดยประยุกต์รวมกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ในการทดลองครั้งนี้

2. การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

การอนุรักษ์พลังงาน หมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด จุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยมีมาตั้งแต่ปี 2516 ซึ่งขณะนั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่ประสบปัญหาทางด้านน้ำมันเชื้อเพลิง จึงได้มีกำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศขึ้นมา อาทิเช่นการปิดปั้มน้ำมัน ในเวลากลางคืน ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในทางสาธารณะลงร้อยละ 50 เป็นต้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้ถูกยกเลิกไป จวบจนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์พลังงานของโลกครั้งที่ 2 จึงเป็นจุดที่ก่อให้เกิดแนวคิดที่จะต้องออกกฎหมายเพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงานใช้บังคับกันอย่างจริงจังในหลายๆ ประเทศ (จรวย บุญยุบล และคนอื่นๆ. 2529: 125)

2.1 การประหยัดพลังงานและมาตรการในการประหยัดพลังงาน

เนื่องจากพลังงานมีไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ การประหยัดพลังงานจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่จะต้องกระทำทั้งในระดับครัวเรือน ธุรกิจ รัฐบาล และในแง่ของประเทศชาติเป็นส่วนรวม นโยบายนี้บ่งชี้ว่ามีความสำคัญยิ่ง นโยบายหนึ่งของประเทศผู้ใช้พลังงานก็คือ นโยบายประหยัดพลังงาน หรืออาจให้ความหมายอย่างกว้างๆ ของคำว่า การประหยัดพลังงาน หมายถึง การลดลงในปริมาณการบริโภคพลังงานทั้งหมดในอัตราใดอัตราหนึ่งที่ต้องการ คือ, 1) การเลือกใช้แหล่งพลังงานต้นกำเนิดอย่างเหมาะสม และการประเมินอัตราการหมดสิ้นของพลังงานเหล่านี้เพื่อที่จะได้หาทางประหยัดและไม่ก่อให้เกิดการขาดแคลนอันจะนำไปสู่ผลเสียทางเศรษฐกิจและสังคมตามมา, 2) การลดการสูญเสียของพลังงานที่ไม่จำเป็น, 3) การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและการจัดการ อันจะนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน และ 4) การหันไปใช้พลังงานรูปแบบอื่นที่มีความหมายเหมาะสมมากกว่า หรือการเปลี่ยนแปลงแบบแผนการบริโภค เพื่อที่จะนำไปสู่การลดลงในอัตราการบริโภคพลังงาน การประหยัดพลังงานเป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัญหาการจัดการทรัพยากรอย่างเหมาะสมของระบบเศรษฐกิจ แต่ทรัพยากรชนิดอื่นๆ ของระบบเศรษฐกิจก็ขาดแคลนหรือมีไม่เพียงพอ กับความต้องการเช่นกัน การประหยัดพลังงานจึงควรต้องมีการพิจารณาควบคู่ไปกับการประหยัดทรัพยากรอื่นๆ โดยทั่วไปแล้ว มาตรการในการประหยัดพลังงานย่อมก่อให้เกิดผลได้ เช่นเดียวกับที่ก่อให้เกิดผลเสีย ซึ่งทั้งผลได้และผลเสียนี้อาจเป็นทั้งในเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคม (จรวย บุญยุบล และคนอื่นๆ. 2529: 126-129)

2.2 ความสำคัญของการประหยัดพลังงาน

การลดการบริโภคพลังงานในฐานะที่เป็นสินค้าบริโภคจะมีความเป็นไปได้ไม่มากเมื่อคำนึงถึงความเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าไปสู่การเพิ่มขึ้นในการบริโภคพลังงานอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การเลือกใช้พลังงานที่เหมาะสม การลดการสูญเสียพลังงานที่ไม่จำเป็นลงและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน การประหยัดพลังงานโดยวิธีการต่างๆ เหล่านี้

สามารถที่จะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากมาต่อมาตรฐานความเป็นอยู่ คุณภาพชีวิตและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดรายจ่ายเกี่ยวกับพลังงานลงและทำให้ระบบการทำความร้อนหรือความเย็นภายในบ้านดีขึ้นกว่าเดิม ในการคมนาคมขนส่ง การประหยัดพลังงานช่วยลดการบริโภคพลังงานลดลง หรือทำให้การคมนาคมขนส่งในระยะทางที่มากขึ้นได้ด้วยต้นทุนที่เท่าเดิม ในแง่ของอุตสาหกรรม การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ เมื่อพิจารณาในระดับประเทศชาติ การประหยัดพลังงานจะช่วยให้ฐานะดุลการค้าและดุลการชำระเงินของประเทศนั้นดีขึ้นโดยการลดการนำเข้าพลังงาน หรือโดยการทำให้มีทรัพยากรเหลือใช้เพื่อนำมาผลิตสินค้าเพื่อการส่งออกได้มากขึ้น หรือโดยการทำให้มีการสำรองพลังงานเอาไว้ใช้ในอนาคต (จรรยา บุญยุบล และคนอื่นๆ. 2529: 130)

2.3 การประหยัดพลังงานในอาคาร

การประหยัดพลังงานในอาคาร หมายถึง การประหยัดพลังงานในอาคารอยู่อาศัยและอาคารพาณิชย์ โดยเน้นหนักอาคารใหญ่ที่มีการใช้พลังงานจำนวนมาก เช่น อพาร์ทเมนต์ คอนโดมิเนียม โรงแรม โรงพยาบาล ห้องสมุด อาคารทางการศึกษา อาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า คอรัล พิจารณาสำหรับการประหยัดพลังงานในอาคาร ได้แก่ การออกแบบอาคาร สถาปนิก และวิศวกรผู้ออกแบบอาคารในปัจจุบัน จำเป็นจะต้องคำนึงถึงเรื่องการประหยัดพลังงานในด้านต่างๆ โดยให้มีการสูญเสียพลังงานไปน้อยที่สุดโดยควรพิจารณาประสิทธิภาพของอาคาร เช่น รูปร่างภายนอกอาคาร ระบบทำความร้อนหรือทำความเย็น ระบบน้ำร้อนใช้ภายในอาคาร การให้แสงสว่าง และระบบการจ่ายไฟฟ้าในอาคาร และการจัดการพลังงาน หมายถึงการควบคุมการใช้พลังงานให้ใช้แต่เพียงพอดี และในช่วงเวลาที่จำเป็น ในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบจัดการพลังงานโดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการใช้พลังงานในอาคาร ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ ดังตัวอย่างอาคารศูนย์การค้าโลกในสหรัฐอเมริกา เมื่อใช้คอมพิวเตอร์เข้าไปจัดการการใช้พลังงานและควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุดแล้ว สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ (จรรยา บุญยุบล และคนอื่นๆ. 2529: 24-30)

2.4 พระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน

ปัจจุบันได้มีกฎหมายเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้ใช้พลังงานทั้งภาคอุตสาหกรรม และภาคอาคารธุรกิจ กำหนดให้มีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ชื่อกฎหมายฉบับนี้คือ “พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535”

ในกฎหมายแบ่งเนื้อหาออกเป็น 9 หมวด 61 มาตรา ประกอบไปด้วยมาตรการสำหรับการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน อาคาร และเครื่องจักรอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้เพื่อกิจการอนุรักษ์พลังงาน มาตรการสำหรับส่งเสริมและช่วยเหลือก็เป็นเรื่องของการสนับสนุนเงินลงทุนเพื่อให้มีการอนุรักษ์พลังงาน กำหนดให้ผู้ที่อยู่ภายใต้กฎหมายฉบับนี้เสียค่าธรรมเนียมพิเศษหากไม่ทำการอนุรักษ์พลังงาน ตามระยะเวลาที่กำหนด ให้กำหนดอำนาจของพนักงานเจ้าหน้าที่เข้าไปดูแลโดยเจตนาของกฎหมาย

แล้ว การไม่อนุรักษ์พลังงานไม่ใช่การกระทำความผิดร้ายแรงหรือเป็นอาชญากร มีแต่รัฐจะเข้าไปช่วยเหลือให้ผู้ที่อยู่ภายใต้กฎหมายลดค่าใช้จ่ายพลังงานลง

โดยเจตนารมณ์ของกฎหมายฉบับนี้ต้องการให้ผู้ที่ใช้พลังงานรายใหญ่มีการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งก็คือโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ (ประกอบด้วยอาคารสำนักงาน, โรงแรม, โรงพยาบาล, ศูนย์การค้า และโรงเรียน) ทั้ง 2 ส่วนนี้มีการใช้พลังงานรวมกันมากกว่าร้อยละ 50 ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ จึงสมควรที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานกันอย่างจริงจัง

การศึกษาสภาพการใช้งานของโรงงานและอาคาร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็คือ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (หน่วยงานระดับปฏิบัติการตามกฎหมาย) และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ (หน่วยงานที่ดูแลนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน) ได้ออกเป็นพระราชกฤษฎีกาไว้ดังต่อไปนี้

1) โรงงานหรืออาคารที่ได้รับอนุมัติจากการไฟฟ้าให้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 kW หรือ ได้รับอนุมัติจากการไฟฟ้าติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวกันหรือหลายชุดรวมกันตั้งแต่ 1,175 kVA (ในเขตการไฟฟ้านครหลวงอนุมัติให้ใช้ไฟฟ้าในรูปของกำลังไฟฟ้า (kW) สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอนุมัติการใช้ไฟฟ้าตามขนาดของหม้อแปลง (kVA)

2) โรงงานหรืออาคารที่ใช้ไฟฟ้าหรือใช้พลังงานสิ้นเปลือง (ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ) และหรือใช้ความร้อนจากไอน้ำจากผู้ผลิตรายอื่น ในรอบปีที่ผ่านมารวมกันเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

หากโรงงานหรืออาคารใดที่มีการใช้พลังงานตามข้อ 1 หรือ ข้อ 2 ก็จะเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมแล้วแต่กรณี ซึ่งก็ต้องมีหน้าที่อนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายนี้ ในขั้นแรกนี้ทางราชการเห็นควรที่จะออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารเป็นอาคารควบคุมและกฎกระทรวงเกี่ยวกับอาคารควบคุมมาบังคับใช้ก่อน เนื่องจากมีความพร้อมทั้งบุคลากรและจำนวนอาคารมีไม่มากนัก ปัจจุบันพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมได้ผ่านการเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ เมื่อพระราชกฤษฎีกามีผลการบังคับแล้ว อาคารควบคุมก็มีหน้าที่ที่ต้องอนุรักษ์พลังงานในที่นี้ก็หมายถึงเจ้าของอาคารควบคุมจะต้องมีหน้าที่ปฏิบัติตามกฎหมายฉบับนี้

กฎกระทรวงฉบับแรก เป็นเรื่องกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม โดยจะบังคับใช้กับ “อาคารเก่า” ซึ่งหมายถึงอาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้าง หรือยังไม่ได้ก่อสร้าง แต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้กับหน่วยงานที่ดูแลการก่อสร้างอาคาร ก่อนกฎกระทรวงนี้มีผลบังคับใช้ และ “อาคารใหม่” หมายถึง อาคารที่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่กฎกระทรวงนี้มีผลบังคับใช้

สำหรับมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมที่จะประกาศออกมาใช้นั้น จะมีการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารที่มีการปรับอากาศ ค่าการถ่ายเท

ความร้อนรวมของหลังอาคาร ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง และการปรับอากาศก็จะมุ่งไปที่อุปกรณ์ทำความเย็นของอุปกรณ์ทำความเย็น ค่าที่กำหนดเหล่านี้อาคารควบคุมสามารถปฏิบัติได้อยู่แล้ว

นอกจากนี้ยังมีกำหนดวิธีการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร หาค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง และค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของอุปกรณ์ปรับอากาศ โดยจะออกเป็นประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ตามมา

กฎกระทรวงฉบับที่สอง เป็นการกำหนดแบบและระยะเวลาการส่งข้อมูลของอาคารควบคุม ข้อมูลการใช้พลังงานและข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน และกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีบันทึกข้อมูลต่างๆ ไป ของอาคารควบคุม และการใช้พลังงานการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน

ในกฎกระทรวงที่จะประกาศใช้นี้ กำหนดให้เจ้าของอาคารควบคุมส่งข้อมูลเป็นรายเดือน แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานทุก 6 เดือน คือ ในเดือนกรกฎาคม และมกราคมของทุกปี ข้อมูลที่ต้องส่งให้นั้นก็ประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วไปของอาคารควบคุม เช่น ที่อยู่ จำนวนห้องหรือเตียงสำหรับโรงแรมหรือโรงพยาบาล การใช้ประโยชน์พื้นที่ใช้งานจริงในแต่ละเดือน เป็นต้น ข้อมูลของการใช้พลังงานต่างๆ ได้ออกแบบฟอร์มให้กรอกไว้แล้ว และข้อมูลที่ส่งให้ผู้นับผิดชอบด้านพลังงานต้องเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานต้องเป็นผู้ลงนามความถูกต้องของข้อมูลก่อนที่จะส่งมา

สำหรับหลักเกณฑ์และวิธีการบันทึกข้อมูลนั้นก็กำหนดให้เจ้าของอาคารควบคุมบันทึกข้อมูลเป็นรายเดือนในเรื่องของข้อมูลทั่วไป ลักษณะอาคาร การใช้พลังงาน การติดตั้งเครื่องจักรต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้งานในอาคาร โดยเก็บบันทึกข้อมูลเหล่านั้นไว้ที่อาคารเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อใช้ในการตรวจสอบของกรมพัฒนาฯ

กฎกระทรวงฉบับที่สาม กำหนดหลักเกณฑ์วิธีการและระยะเวลาการส่งเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม และกำหนดหลักเกณฑ์วิธีการและระยะเวลาดำเนินการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติงานตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

สำหรับกฎกระทรวงฉบับนี้ต้องการให้เจ้าของอาคารควบคุมมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง หลังจากที่ได้ออกกฎกระทรวงฉบับแรกไปแล้ว โดยกำหนดให้มีเป้าหมายที่จะอนุรักษ์พลังงานได้ รวมทั้งมีแผนสำหรับการอนุรักษ์พลังงานตามเป้าหมายนั้น เช่น อาคารแห่งหนึ่งหลังจากได้มีการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมแล้ว ปรากฏว่าสูงกว่าค่ามาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้คือ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร เจ้าของอาคารควบคุมนั้นก็จะต้องดำเนินการปรับปรุงโดยมีแผนว่าจะปรับปรุงอย่างไร ด้วยวิธีการใดที่จะได้ให้ค่าถ่ายเทความร้อนเท่ากับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือดีกว่ามาตรฐาน เป็นต้น เมื่อเจ้าของอาคารได้ดำเนินการตามแผนงานนั้นแล้วก็ต้องมีการตรวจสอบและวิเคราะห์ว่าเป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้หรือไม่ ในการปรับปรุงดังกล่าวเจ้าของอาคารควบคุมสามารถขอความช่วยเหลือทางการเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานได้

สำหรับกฎกระทรวงที่จะออกมาใช้กับโรงงานควบคุมหลังจากที่ได้ออกพระราชกฤษฎีกา กำหนดโรงงานควบคุมมาแล้ว ก็จะต้องออกกฎกระทรวง 3 ฉบับเช่นเดียวกับที่ใช้บังคับอาคารควบคุม ฉบับแรกก็จะเป็นมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน ซึ่งจะกำหนดมาตรฐาน 3 เรื่องด้วยกัน คือ ค่าอัตราส่วนอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ เตาเผา กำหนดระดับอุณหภูมิของผิวเตา ด้านนอก (เพดานและผนังเตา) และอุณหภูมิผิวภายนอกของท่อส่งความร้อน กำหนดค่าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างของ อาคารในโรงงานควบคุม และสมรรถนะของ Chiller ในระบบปรับอากาศ สำหรับกฎกระทรวงฉบับที่ 2 และ 3 ก็จะเหมือนกับกฎกระทรวงที่ใช้กับอาคารควบคุม (ตรึงใจ บุรณสมภพ. 2539: 161-168)

ในการอนุรักษ์พลังงาน ปัจจุบันมีหน่วยงานที่รับหน้าที่จากภาครัฐในการดูแลและให้ความรู้ในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานหลายหน่วยงานโดยเฉพาะกระทรวงพลังงานเป็นหน่วยงานหลักในการดูแลเรื่องนี้ จะเห็นได้ว่าการอนุรักษ์พลังงานนั้นมีความสำคัญระดับชาติ จุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยมีมาตั้งแต่ปี 2516 ขณะนั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก ประเทศไทยประสบปัญหาด้านน้ำมันเชื้อเพลิง ทางภาครัฐจึงกำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศขึ้นมา มีกฎหมายรองรับนั้นคือ “พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535” และกฎกระทรวง นโยบายและแนวทางการแก้ไขปัญหาพลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยปัจจุบันประเทศไทยก็ยังประสบปัญหาดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานหลัก เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเป็นการอนุรักษ์พลังงานอีกหนึ่งแนวทาง

3. เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioners)

เครื่องปรับอากาศที่ใช้ตามบ้านพักอาศัย อาคารสถานที่ หรืออาคารสำนักงานต่างๆ จะแบ่งตามลักษณะโครงสร้างและการติดตั้ง โดยแบ่งออกได้เป็น 4 แบบใหญ่ๆ คือ แบบทำน้ำเย็น (Chiller) แบบเป็นชุด (Package Unit) แบบติดหน้าต่าง (Window type) และแบบแยกส่วน (Split type) ซึ่งแบบสุดท้ายจะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และง่ายต่อการติดตั้ง ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองระหว่างเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากตามบ้านพักอาศัย และสำนักงานในปัจจุบันเพราะเสียงเงียบกว่าและการติดตั้งสะดวกกว่าเนื่องจากไม่ต้องรื้อหน้าต่าง ออกเช่นเดียวกับแบบติดหน้าต่างเพียงแต่เจาะผนังเป็นรูสำหรับร้อยท่อชักชั้น ท่อลิควิด และสายไฟ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะแบ่งระบบวงจรน้ำยาของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ชุดคอยล์เย็นหรือชุดอีวาพอเรเตอร์ และชุดคอนเดนซึ่งยูนิตโครงสร้างภายในของชุดคอยล์เย็น ไม่ว่าจะเป็นแบบตั้งพื้น แบบแขวนเพดาน หรือติดผนัง จะมีโครงสร้างหลักใหญ่ๆ เหมือนกัน

3.1.1 ชุดคอยล์เย็น เป็นส่วนที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องปรับอากาศ แบ่งลักษณะการติดตั้งได้เป็น 3 แบบ คือ แบบติดผนัง แบบตั้งพื้น และแบบแขวนเพดาน ดังแสดงในภาพประกอบ 10



(1) แบบติดผนัง

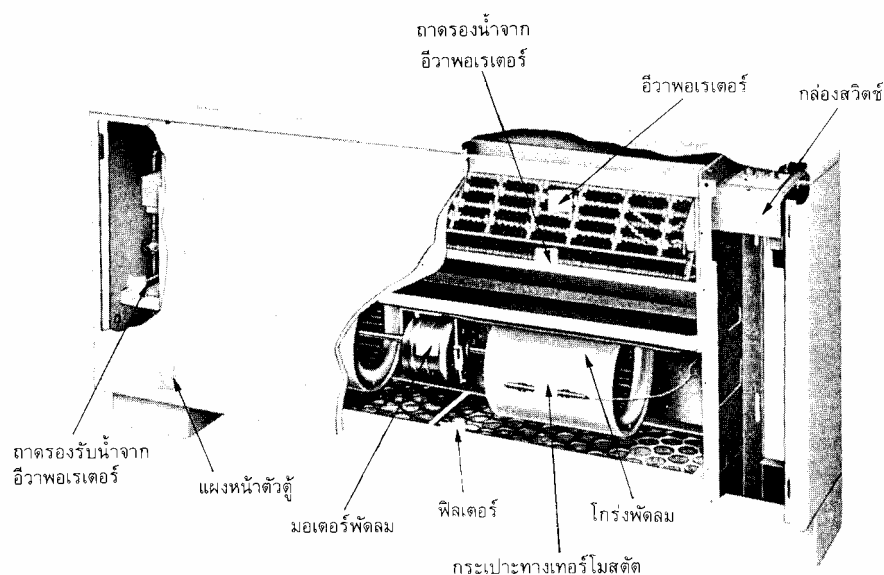


(2) แบบตั้งพื้น



(3) แบบแขวนเพดาน

ภาพประกอบ 10 แบบต่างๆ ของชุดคอยล์เย็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
ที่มา : สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน: <http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/book/fan.htm>



ภาพประกอบ 11 โครงสร้างภายในของชุดคอยล์เย็น

ที่มา : สมศักดิ์ สุเมตยกุล 2545: 317

จากภาพประกอบ 11 โครงสร้างภายในของชุดคอยล์เย็นประกอบด้วย

3.1.1.1 คอยล์เย็นหรืออีวาพอเรเตอร์คอยล์ เป็นขดท่อทองแดงและมีครีบอลูมิเนียมช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับปริมาณความร้อนจากอากาศในห้อง ขณะที่น้ำยา R-22 ภายในระบบตรงบริเวณระเหยเปลี่ยนเป็นสถานะแก๊ส จะดูดซับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยา เข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบคอยล์เย็นลดต่ำลง

3.1.1.2 เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ส่วนใหญ่ชุดควบคุมการไหลของน้ำยาสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มักจะใช้เทอร์โมสแตติกเอ็กซ์แพนชันวาล์ว ซึ่งเป็นแบบที่มีหลักในการควบคุมการไหลของน้ำยาได้ดี

3.1.1.3 ท่อลิควิด เป็นท่อที่ไปต่อเข้ากับชุดคอนเดนซิงยูนิต ให้น้ำยาเหลวที่กลั่นตัวเรียบร้อยแล้วจากคอนเดนเซอร์ ส่งผ่านท่อนี้ไปยังเอ็กซ์แพนชันวาล์ว

3.1.1.4 ท่อชักชั้น เป็นอีกท่อหนึ่งที่ไปต่อเข้ากับชุดคอนเดนซิงยูนิตตรงทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ให้น้ำยาในสถานะแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำจากคอยล์เย็น ถูกดูดผ่านท่อชักชั้นเข้ายังคอมเพรสเซอร์

3.1.1.5 มอเตอร์พัดลม สำหรับชุดคอยล์เย็นแบบตั้งพื้น แขนงเพดาน หรือซ่อนในฝ้า มอเตอร์พัดลมจะเป็นแบบ 2 แกน หมุนใบพัดหัวท้าย เพื่อดูดอากาศจากภายในห้องมาเป่าผ่านคอยล์เย็น กลับเข้าไปหมุนเวียนภายในห้อง

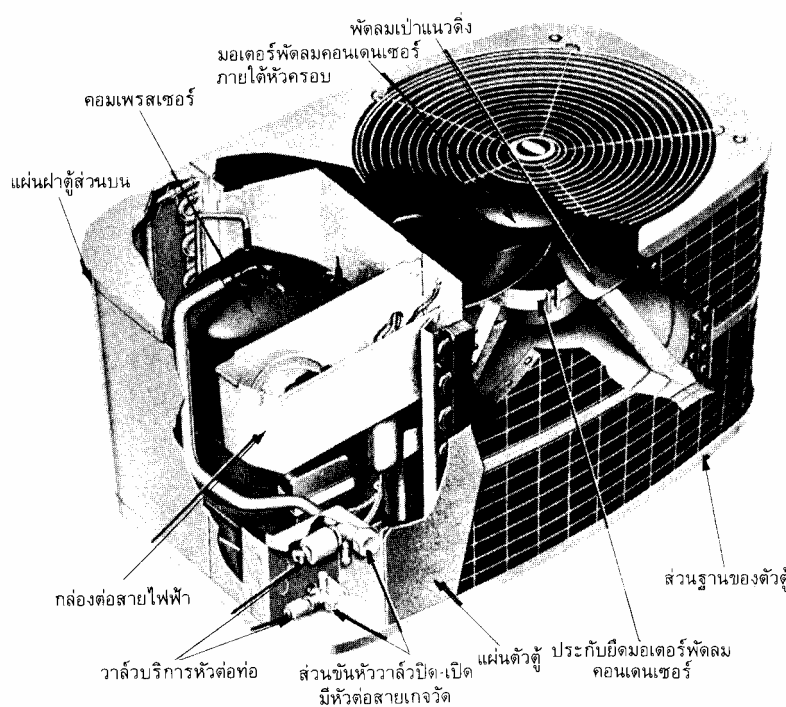
3.1.1.6 ใบพัด ใบพัดที่ใช้สำหรับดูดเป่าอากาศหมุนเวียนกระจายความเย็นภายในห้อง จะเป็นใบพัดแบบกรงกระรอกหรือแบบเซอร์คโค เช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่สำหรับชุดคอยล์เย็นแบบติดผนังรุ่นใหม่ ๆ เนื่องจากการออกแบบต้องการให้มีความบางมาก ๆ ดังนั้นใบพัดจึงต้องมีขนาดเล็ก แต่เพื่อให้ได้ปริมาณลมที่ดูดผ่านคอยล์เย็นเท่าเดิม จึงออกแบบให้ ใบพัดยาวขึ้น เรียกใบพัดแบบนี้ว่า แบบครอสโฟลว์ (Cross-flow Fan)

3.1.1.7 ถาดรองน้ำหยด จะติดตั้งอยู่ด้านล่างของชุดคอยล์เย็น เมื่อไอน้ำในอากาศในห้องปรับอากาศกระทบความเย็น จะกลั่นตัวเป็นน้ำรอบ ๆ คอยล์เย็น เมื่อน้ำเหล่านี้มีมากขึ้นจะไหลลงสู่ถาดรองน้ำหยดและท่อน้ำทิ้งออกทิ้งภายนอกทางรูท่อน้ำทิ้งอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการลดความชื้นของอากาศภายในห้องให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

3.1.1.8 ฟิลเตอร์กรองอากาศ ติดตั้งอยู่ที่ทิศทางลมกลับ สำหรับกรองฝุ่นละอองของอากาศภายในห้องไม่ให้เข้าไปอุดตันในครีบบของคอยล์เย็น

นอกจากนี้ในส่วนของชุดคอยล์เย็นยังมีอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าติดอยู่ทางด้านบน หรือ ด้านหน้าของเครื่อง ประกอบด้วยสวิตช์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็น 3 สปีดคือ H-M-L (High-Medium-Low) ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์พัดลมให้อยู่ในตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดตามความต้องการ และสวิตช์อีกตัวหนึ่งคือสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัท ผู้ใช้สามารถปรับตั้งอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ โดยการปรับที่สวิตช์เทอร์โมสตัทนี้

3.1.2 ชุดคอนเดนซิงยูนิต เป็นส่วนติดตั้งอยู่นอกห้องปรับอากาศ ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อให้ น้ำยาในสถานะแก๊สกลั่นตัวกลับเป็นน้ำยาเหลวอีกครั้งหนึ่ง รูปแบบของคอนเดนซิงยูนิต จะออกแบบแตกต่างกันไปตามแต่ละบริษัทผู้ผลิต อย่างไรก็ตามโครงสร้างอุปกรณ์หลักใหญ่ของชุดคอนเดนซิงยูนิตไม่ว่าจะมีรูปแบบเช่นใดก็จะเหมือนกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต

ที่มา : สมศักดิ์ สุเมตยกุล 2545: 319

อุปกรณ์หลักของชุดคอนเดนซิ่งยูนิตประกอบด้วยดังนี้

3.1.2.1 มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้จะเป็นแบบเฮอร์เมติก ซึ่งมีส่วนของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัวเรือนเดียวกัน เชื่อมปิดมิดชิด ส่วนคอมเพรสเซอร์จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบลูกสูบและแบบโรตารี เหมือนกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

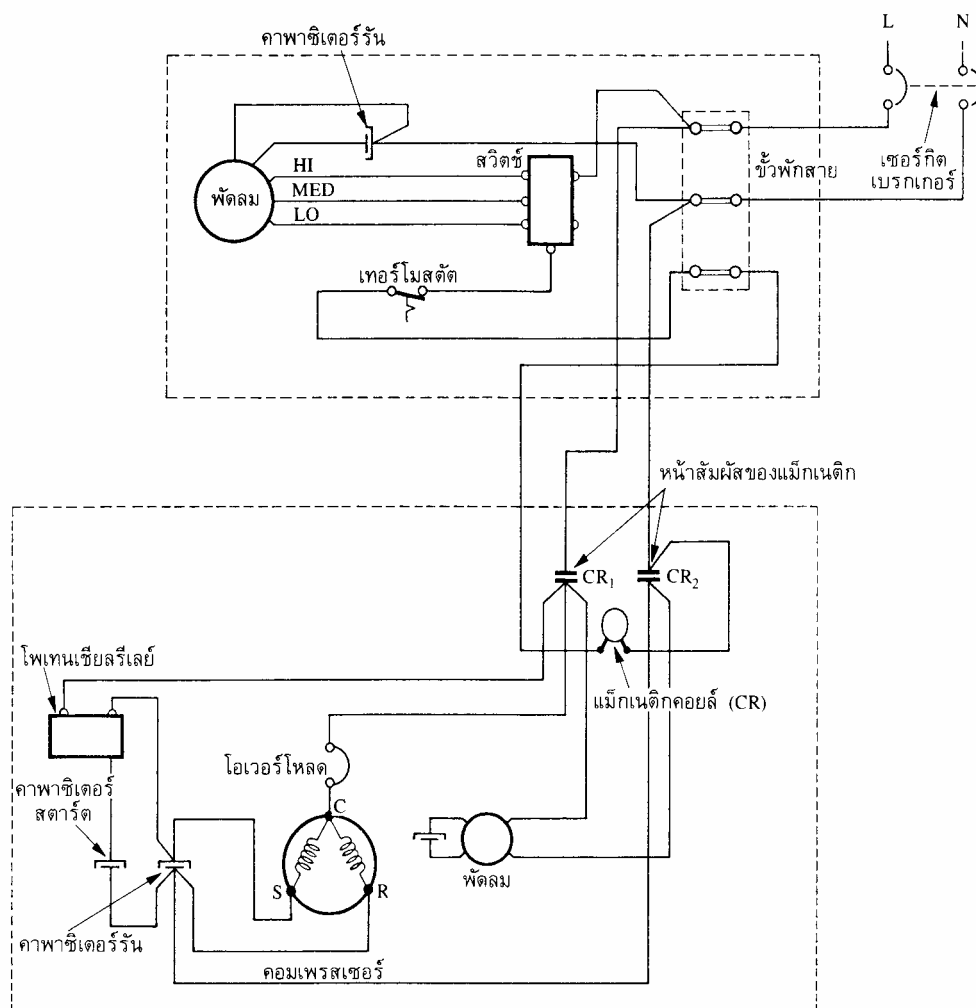
3.1.2.2 คอนเดนเซอร์ เป็นชุดท่อทองแดงและมีครีบทองแดงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนออกจากร้าน้ำยาในสถานะแก๊สกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลว

3.1.2.3 มอเตอร์พัดลม จะช่วยในการระบายความร้อนออกจากร้าน้ำยาในคอนเดนเซอร์ จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีมอเตอร์พัดลมแยกออกจากกันเป็น 2 ตัวคือ อยู่ในชุดคอยล์เย็น 1 ตัว และอยู่ในชุดคอนเดนซิ่งยูนิตอีก 1 ตัว

3.1.2.4 ไบพัดลม ไบพัดลมสำหรับระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์จะเป็นไบพัดแบบธรรมชาติเช่นเดียวกับไบพัดระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

3.1.2.5 วาล์วบริการ ในชุดคอนเดนซิ่งยูนิตจะมีวาล์วบริการอยู่ 2 ตัวคือ วาล์วบริการทางท่อลิควิดและวาล์วบริการทางท่อซัคชั่น

3.1.3 กล้องอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ภายในบรรจุแม่เหล็กคอนแทกเตอร์ โอเวอร์โหลด รีเลย์ (ส่วนใหญ่เป็นชนิดโพเทนเชียลรีเลย์) คาปาซิเตอร์สตาร์ท คาปาซิเตอร์รัน ติดอยู่ภายในชุดคอนเดนซิ่งยูนิต (สมศักดิ์ สุเมตยกุล. 2545: 305-325)



ภาพประกอบ 13 วงจรไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ที่มา : สมศักดิ์ สุเมตยกุล 2545: 320

3.2 การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

การปรับอากาศคือการทำให้สภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิพอเหมาะ และควบคุมความชื้นให้ผู้ที่อยู่ในห้องมีความรู้สึกสบาย การปรับสภาวะอากาศในประเทศไทยเป็นการทำให้อากาศภายในห้องเย็นกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้อง ดังนั้นความร้อนจากภายนอกห้องจึงพยายามถ่ายเทผ่านพื้น ฝาผนัง และเพดานเข้ามาในห้องปรับอากาศอยู่ตลอดเวลา จึงต้องใช้เครื่องปรับอากาศดึงความร้อนออกไป

การกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศที่จะใช้ติดตั้ง นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กเกินไป ห้องปรับอากาศจะไม่เย็นเท่าที่ต้องการ และเครื่องจะต้องทำงานหนักมาก ในทางตรงข้ามถ้าติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป เช่น ถ้าห้องที่ต้องการเครื่องปรับอากาศขนาด 3 ตัน แต่นำเครื่องขนาด 5 ตัน ไปติดตั้งก็จะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องลดลงอย่างรวดเร็วและเย็นจัดเกินไป แม้ว่าจะมีเทอร์โมสแตตคอยควบคุมอุณหภูมิ ให้ง่ายต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์เมื่ออุณหภูมิของอากาศในห้องลดลงจนถึงจุดที่ปรับตั้งไว้ แต่เนื่องจากขนาดของเครื่องใหญ่เกินไป เป็นเหตุให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์เดินๆ หยุดๆ ในระยะเวลากระชั้นชิด (Short cycling) ซึ่งจะทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์นั้นมีอายุการใช้งานสั้นลงกว่าที่ควร

การคำนวณหาค่าคูลิ่งโหลด (Cooling load calculation) จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศ ให้มีขนาดพอเหมาะต่อการใช้งาน โดยอาศัยหลักการในการคำนวณดังนี้

- 1) ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสี ผ่านกระจกหน้าต่างเข้าในห้องโดยตรง
- 2) การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านผนังด้านนอกและหลังคา
- 3) การถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านผนังภายใน ฝ้าเพดาน และพื้นห้อง
- 4) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องปรับอากาศ เช่น ความร้อนจากตัวคน ดวงไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้า และเครื่องจักร เป็นต้น
- 5) ความร้อนจากการนำอากาศภายนอกห้อง เข้ามาในห้องเพื่อการระบายอากาศ (Ventilation)
- 6) ความร้อนอื่นๆ

แบบฟอร์มการคำนวณ

รายการ			จำนวน	แฟกเตอร์ (ตัวคูณ) อุณหภูมิห้อง °C					Btu/h (จำนวน x แฟกเตอร์)	kcal/h
				32	35	38	41	43		
1. พื้นที่ห้อง			m ²	24	32	52	76	100		
2. ปริมาตรห้อง			m ³	20						
3. หน้าต่างที่แสงแดดส่อง (เลือกเฉพาะด้านที่ ได้รับความร้อน สูงสุดเพียง ด้านเดียว)	เหนือ	ใต้	m ²							
	ใต้/ออก	เหนือ/ออก		460	480	540	600	660		
	ตกเฉียงใต้	ตกเฉียงเหนือ	m ³	840	880	920	980	1,040		
	ตก	ตก	m ²	1,140	1,200	1,260	1,320	1,380		
	ตกเฉียงเหนือ/ ออกเฉียงเหนือ/	ออกเฉียงเหนือ/	m ²	620	660	700	760	820		
4. หน้าต่างทุกบานไม่รวมในข้อที่ 3			m ²	120	160	220	280	340		
5. ผนังภายนอกห้องด้านที่ถูกแสงแดดส่อง			m ²	120	144	180	200	228		
6. ผนังด้านนอกทั้งหมดไม่รวมในข้อที่ 5			m ²	68	100	148	180	220		
7. ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ			m ²	32	44	68	84	100		
8. ฝ้าเพดานหรือหลังคา (ใช้บรรทัดเดียว)			m ²	24	32	52	76	100		
เพดาน	ไม่มีฉนวน		m ²	88	108	140	160	180		
	ฉนวน 2 นิ้วหรือมากกว่า		m ²	32	32	44	44	56		
	หลังคาไม่มีฉนวน		m ²	184	212	236	264	288		
9. จำนวนคนที่อยู่ในห้อง				600						
10. หลอดไฟและเครื่องไฟฟ้าในห้อง			วัตต์	3						
ความร้อนทั้งหมด				Btu/h					kcal/h	

ภาพประกอบ 14 ตารางแบบฟอร์มการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : สมศักดิ์ สุโมตยกุล 2545: 302

วิธีการคำนวณ ให้ใช้ข้อมูลที่ได้รับแล้วทำการคำนวณโดยใช้แบบฟอร์มการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศต่อไปนี้

1) พื้นที่ห้อง

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามา ตามขนาดของพื้นที่ห้องเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่แตกต่างระหว่างในห้องปรับอากาศกับอากาศภายนอกห้อง

ปริมาณความร้อน = พื้นที่ห้อง x แฟกเตอร์

2) ปริมาตรห้อง

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ที่เกิดจากการถ่ายเทอากาศภายในห้อง

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{ปริมาตรห้อง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

3) หน้าต่างที่แดดส่อง(เลือกเฉพาะด้านที่ได้รับความร้อนสูงสุดเพียงด้านเดียว)

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

4) หน้าต่างทุกบานที่เหลือ (ไม่รวมในข้อที่ 3)

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

5) ผนังภายนอกห้องที่แดดส่อง (ทิศตะวันตก)

เป็นการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังห้องด้านที่ถูกแดดส่อง

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

6) ผนังภายนอกทั้งหมด (ไม่รวมข้อที่ 5)

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

7) ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

8) ฝ้าเพดานหรือหลังคา

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

9) จำนวนคนที่อยู่ในห้อง

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{จำนวน} \times \text{แฟกเตอร์}$$

10) ดวงไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้า

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{จำนวน} \times \text{แฟกเตอร์}$$

11) ปริมาณความร้อนทั้งหมดรวม

$$= \text{ผลรวมของ ข้อ 1-10}$$

ในทางปฏิบัติให้เลือกเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าที่คำนวณได้เล็กน้อย ข้อสังเกต

-ถ้าใช้พัดลมดูดอากาศ ให้เพิ่มค่าขนาดเครื่องปรับอากาศขึ้นอีก 10-15 เปอร์เซ็นต์
ของตัวปริมาณความร้อนที่คำนวณได้

-ค่าปริมาณความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า

$$\text{เตารีดไฟฟ้า เตารีด 1,000 วัตต์} = (866.68 \text{ กิโลแคลอรี / ชั่วโมง}) \times 3,440 \text{ บีทียู / ชั่วโมง}$$

$$\text{หลอดไฟฟ้า 1,000 วัตต์} = (1,008 \text{ กิโลแคลอรี / ชั่วโมง}) \times 4,000 \text{ บีทียู / ชั่วโมง}$$

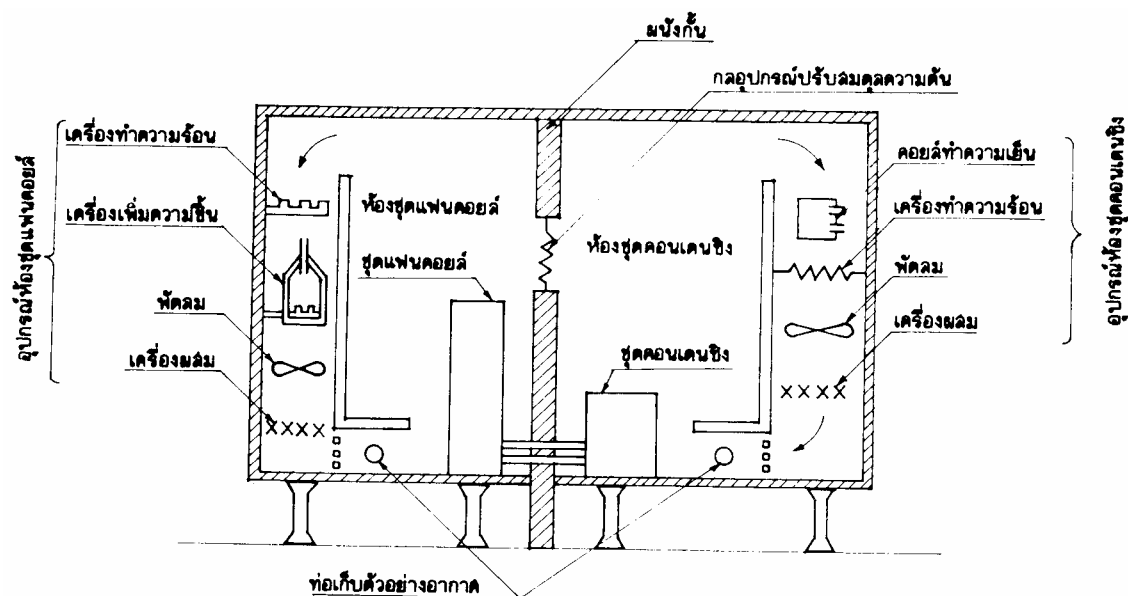
$$* \text{ปริมาณความร้อน } 10,000 \text{ บีทียู / ชั่วโมง} = 2,520 \text{ กิโลแคลอรี / ชั่วโมง (สมศักดิ์ สุโมทยกุล.}$$

3.3 การทดสอบขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิ พิกัดกำลังไฟฟ้า และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่อง

ตามมาตรฐาน มอก.1155-2536 ของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้องแบบแยกส่วน ระบายความร้อนด้วยอากาศ กำหนดหลักการทดสอบเพื่อเป็นการวัดขีดความสามารถทำความเย็นโดยตรงในห้องวัดความร้อน ซึ่งจะผลิตความร้อนตามที่กำหนด เครื่องปรับอากาศที่ถูกทดสอบจะต้องถูกติดตั้งตามแบบของผู้ทำ (ถ้ามี) โดยเครื่องปรับอากาศจะทำความเย็นจนก่อให้เกิดความสมดุลขึ้นแล้วเทียบค่าความร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้นเป็นค่าความเย็นสูงสุดที่เครื่องปรับอากาศทำได้

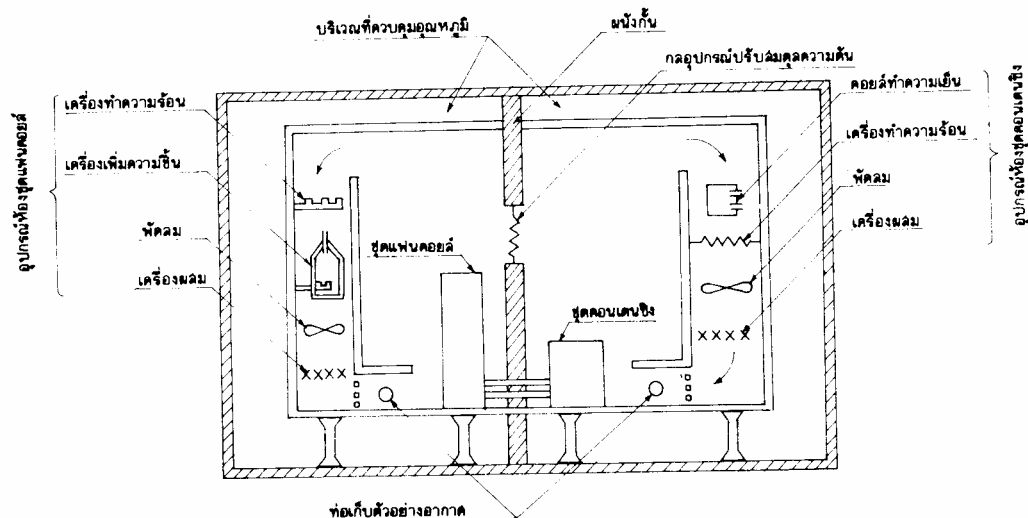
3.3.1 ห้องวัดความร้อน

ห้องวัดความร้อนตามมาตรฐานนี้อาจเป็นห้องวัดความร้อนแบบสอบเทียบ (Calibrated room type calorimeter) หรือห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศ (Balanced ambient room-type calorimeter) โดยทั้งนี้ต้องมีอุปกรณ์พร้อมเครื่องวัดครบถ้วนตามที่กำหนด ดังภาพประกอบ 15 และ 16



ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างห้องวัดความร้อนแบบสอบเทียบ

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1155-2536: 14



ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1155-2536: 15

ห้องวัดความร้อนต้องมีขนาดเพียงพอที่จะทดสอบเครื่องปรับอากาศต่างๆ โดยให้อากาศไหลเข้าและส่งออกจากรองปรับอากาศได้สะดวก ตามตาราง 10

ตาราง 9 ขนาดของห้องวัดความร้อน

ขีดความสามารถทำความเย็นที่ กำหนดสูงสุดของเครื่อง (วัตต์)	ความกว้าง ต่ำสุด (เซนติเมตร)	ความสูง ต่ำสุด (เซนติเมตร)	ความลึก ต่ำสุด (เซนติเมตร)
3000	2400	2100	1800
6000	2400	2100	2400
9000	2700	2400	3000
12000	3000	2400	3700

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1155-2536: 15

เครื่องปรับอากาศประจำห้องวัดความร้อน ต้องมีอุปกรณ์ส่งลมให้กระจายสม่ำเสมอทั่วห้องทดสอบ และไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศทดสอบ

3.3.2 การเตรียมการทดสอบ

การเดินท่อสารทำความเย็น เมื่อติดตั้งคอนเดนซิงและอุปกรณ์ชุดแฟนคอยล์ตรงตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ให้เดินท่อสารทำความเย็นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ผู้กำหนด และมีความยาวเบ็ดเสร็จไม่ต่ำกว่า 7.5 เมตร โดยส่วนของท่อสารทำความเย็นที่อยู่ภายนอกห้องชุดแฟนคอยล์ต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร และผู้ทดสอบต้องปฏิบัติตามที่กำหนดเกี่ยวกับการหุ้มฉนวนและข้อระวังต่างๆ

การบรรจุสารทำความเย็นเข้าเครื่อง ต้องชั่งสารทำความเย็นให้มีปริมาณที่ถูกต้องตามที่กำหนด และต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น อุปกรณ์กรองและดูดความชื้นสารทำความเย็นเหลว

3.3.3 วิธีทดสอบ

ให้เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มที่โดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เมื่อห้องทดสอบอยู่ในภาวะสมดุล ให้ควบคุมภาวะสมดุลนั้นต่อไปอีก 1 ชั่วโมง โดยบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นทุกๆ 10 นาที เพื่อตรวจสอบความสมดุล แล้ววัดค่าต่างๆ ทุก 10 นาที รวม 7 ชุด แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการคำนวณ ชัดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องคำนวณจากค่าต่างๆ ที่วัดได้ภายในห้องชุดแฟนคอยล์ เมื่อเปรียบเทียบกับชัดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องคำนวณจากค่าต่างๆ ที่วัดได้ภายในห้องชุดคอนเดนซิง จะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 4 ของค่าที่คำนวณจากค่าต่างๆ ที่วัดได้ภายในห้องชุดแฟนคอยล์ จึงถือว่าการทดสอบนั้นใช้ได้

3.3.4 วิธีคำนวณ

3.3.4.1 วิธีคำนวณหาชัดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง

1) ชัดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องจากส่วนภายในห้องชุดแฟนคอยล์

$$qt_{ci} = \sum E_r + (hw_1 - hw_2) W_r + q_p + q_r$$

เมื่อ qt_{ci} คือ ชัดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง ภายในห้องชุดแฟนคอยล์ เป็นวัตต์

$\sum E_r$ คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในห้องชุดแฟนคอยล์ เป็นวัตต์

hw_1 คือ เอนทัลปี (Enthalpy) ของน้ำหรือของไอน้ำซึ่งใช้ในการเพิ่มความชื้น เป็นจูลต่อกิโลกรัม ถ้าไม่มีการเติมน้ำเพื่อรักษาระดับของน้ำในเครื่องเพิ่มความชื้นระหว่างการทดสอบให้ถือว่า hw_1 คือ ค่าที่หาได้โดยใช้อุณหภูมิของน้ำในเครื่องเพิ่มความชื้น

hw_2 คือ เอนทัลปี (Enthalpy) ของน้ำควบแน่นที่ไหลออกจากห้อง เป็นจูลต่อกิโลกรัม (เนื่องจากมีความยุ่งยากในการที่จะวัดอุณหภูมิของน้ำควบแน่น ที่ไหลออกจากชุดแฟนคอยล์ จึงให้ถือว่าอุณหภูมิของน้ำควบแน่น เท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศใกล้กับอีแวพอเรเตอร์ของชุดแฟนคอยล์)

Wr คือ อัตราน้ำที่ควบแน่นในห้องชุดแฟนคอยล์ (วัดทางอ้อมโดยถือเอาปริมาณน้ำที่เติมให้เครื่องเพิ่มความชื้น) เป็นกิโลกรัมต่อวินาที

qp คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดแฟนคอยล์เย็น ผ่านผนังกันห้องชุดแฟนคอยล์และห้องชุดคอนเดนซิง เป็นวัตต์ (หาได้จากการสอบเทียบ (Calibrating test) สำหรับห้องวัดความร้อนแบบสอบเทียบ หรือหาได้จากการคำนวณสำหรับห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ)

qr คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดแฟนคอยล์ผ่านพื้น ผนัง (ไม่รวมผนังกันห้องภายใน) และเพดาน เป็นวัตต์

2) ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง จากส่วนภายในห้องชุดคอนเดนซิง

$$qtco = qp - \sum Ec - E + (hw3 - hw2) Whr + qp + qa$$

เมื่อ qtco คือ ชีตความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่อง ภายในห้องชุดคอนเดนซิง เป็นวัตต์

qp คือ ความร้อนที่ผ่านออกทางอีแวพอเรเตอร์ประจำห้องชุดคอนเดนซิง เป็นวัตต์

$\sum Ec$ คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด ที่ใช้กับอุปกรณ์ปรับภาวะในห้องชุดคอนเดนซิง เป็นวัตต์

E คือ กำลังไฟฟ้รวมที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศทดสอบ เป็นวัตต์

hw3 คือ เอนทัลปี (Enthalpy) ของน้ำควบแน่นที่อีแวพอเรเตอร์ประจำห้องชุดคอนเดนซิง (วัดอุณหภูมิน้ำโดยตรงใกล้ทางไหลออกจากห้อง) เป็นจูลต่อกิโลกรัม

Whr คือ อัตราน้ำที่ควบแน่นบนคอยล์ทำความเย็นประจำห้องชุดคอนเดนซิง เป็นกิโลกรัมต่อวินาที

qp คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอนเดนซิง ผ่านผนังกันห้องชุดแฟนคอยล์และห้องชุดคอนเดนซิง เป็นวัตต์ (หาได้จากการสอบเทียบ (Calibrating test) สำหรับห้องวัดความร้อนแบบสอบเทียบ หรือหาได้จากการคำนวณสำหรับห้องวัดความร้อนแบบปรับให้สมดุลกับบรรยากาศโดยรอบ q'p จะเท่ากับ qp ถ้าหากว่าพื้นที่ของผนังกันห้องด้านชุดแฟนคอยล์เท่ากับพื้นที่ของผนังกันห้องด้านชุดคอนเดนซิง)

qr คือ อัตราความร้อนที่รั่วไหลเข้าสู่ห้องชุดคอนเดนซิงผ่านพื้น ผนัง (ไม่รวมผนังกันห้องภายใน) และเพดาน เป็นวัตต์

หมายเหตุ ในกรณีที่อุณหภูมิของน้ำที่อีแวพอเรเตอร์ประจำห้องชุดคอนเดนซิงสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำอีแวพอเรเตอร์ของเครื่องปรับอากาศทดสอบ ค่าของ $hw3 - hw2$ ต้องเป็นบวก และในกรณีที่

อุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องชุดคอนเดนซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในห้องชุดคอนเดนซึ่งค่าของ q_a ต้องเป็นบวก

3) ขีดความสามารถลดความชื้นสุทธิ

$$qlci = 2.46 \times 10^6 \text{ Wr}$$

เมื่อ $qlci$ คือ ขีดความสามารถลดความชื้นสุทธิ เป็นวัตต์

4) ขีดความสามารถลดความร้อนสัมผัสสุทธิเป็นวัตต์

$$qsci = qtc_i - qlci$$

เมื่อ $qsci$ คือ ขีดความสามารถลดความร้อนสัมผัสสุทธิ เป็นวัตต์

3.3.4.2 วิธีคำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

$$EER = \frac{qtc_i}{E}$$

หมายเหตุ

1 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง = 1.163 วัตต์

1 บีทียูต่อชั่วโมง = 0.293 1 วัตต์

1 วัตต์ = 3.412 บีทียูต่อชั่วโมง

1 วัตต์ = 0.859 8 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง

3.4 การหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

การหาค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER) หรือค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP) ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER หรือ Energy Efficiency Ratio) หมายถึง ค่าอัตราส่วนความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ที่มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง ต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ โดยคำนวณหาค่าดังกล่าวได้ดังนี้

$$EER = \frac{\text{พลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ (วัตต์/ ชั่วโมง)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)}}$$

ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP หรือ Coefficient of Performance) หมายถึง ค่าอัตราส่วน พลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ โดยคำนวณหาค่าดังกล่าวได้ดังนี้

$$\text{COP} = \frac{\text{พลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศ (วัตต์)}}$$

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน แบ่งตามลักษณะ โครงสร้างและการติดตั้ง โดยแบ่งออกได้เป็น 4 แบบใหญ่ๆ คือ แบบทำน้ำเย็น (Chiller) แบบเป็นชุด (Package Unit) แบบติดหน้าต่าง (Window type) และแบบแยกส่วน (Split type) ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนเพดาน ยี่ห้อเซ็นทรัลแอร์ รุ่น CCS-25 ขนาด 25,800 บีทียู ติดตั้งภายในห้องเรียน 901 ของอาคารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขนาดห้องทดลอง กว้าง 4 เมตร ลึก 9 เมตร สูง 3.4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ใช้สอย 36 ตารางเมตร

4. พัดลมไฟฟ้า (Electric Fan)

พัดลมไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้า ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่พัดให้ลมเย็นด้วยพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย ใบพัด มอเตอร์ไฟฟ้า และสวิตช์ควบคุมความเร็วลม

4.1 หลักการทำงานของพัดลม

พัดลมไฟฟ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการทำงานโดยใช้มอเตอร์ซึ่งมีส่วนหนึ่งเคลื่อนที่ๆ ต่อ ประกอบกับใบพัดทำให้อากาศบริเวณใกล้ใบพัดเคลื่อนตัว เป็นผลให้มีการระบายอากาศ จัดได้ว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประจำบ้านที่มีความจำเป็นในแถบภูมิภาคที่มีอากาศร้อน และราคาไม่สูงมากนัก พัดลม ออกแบบขึ้นมาเพื่อจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ ทำให้ใบพัดหมุน อากาศจะถ่ายเทในบริเวณใกล้เคียงกับใบพัด ส่วนประกอบโครงสร้างทั่วไปของพัดลมจะประกอบด้วย ใบพัดลม มอเตอร์พัดลม ตะแกรงพัดลม โครงของพัดลม สวิตช์ควบคุมระดับความเร็ว และอุปกรณ์ทำให้พัดลมส่าย ดังรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ใบพัดลม (Blades) ใบพัดลมทุกชนิดจะทำหน้าที่ดูดและเป่าอากาศ จะดูดอากาศเข้าทางด้านหลังและเป่าอากาศออกทางด้านหน้า แต่ก็มีพัดลมบางชนิดที่หมุนกลับทิศทางได้ทำให้ดูดและเป่าอากาศในทางเดียวกันในช่วงระยะต่างเวลา เช่น หมุนไปทางขวามือดูดอากาศ เมื่อกลับทิศทางหมุนไปทางซ้ายจะเป่าอากาศ ใบพัดลมจะทำด้วยโลหะหรือพลาสติก ต่อยึดกับแกนของมอเตอร์

4.1.2 มอเตอร์พัดลม (Fan motor) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด แกนโรเตอร์ของมอเตอร์จะยึดต่อกับใบพัด ถ้ามอเตอร์ไม่ทำงานคือโรเตอร์ไม่หมุน ใบพัดลมก็จะไม่ดูด-เป่าอากาศ

มอเตอร์พัดลมจะเป็นมอเตอร์แบบเชดเดดโพล (Shaded pole motor) หรือมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Motor) ซึ่งจะได้แยกกล่าวไว้ในพัดลมแต่ละแบบต่อไป

4.1.3 ตะแกรงพัดลม (Fan guard) พัดลมเกือบทุกชนิดจะมีตะแกรงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ตะแกรงพัดลมมีไว้สำหรับป้องกันอันตรายให้กับผู้ใช้พัดลมหรือป้องกันวัตถุ-สิ่งของ ไม่ให้ไปสัมผัสกับใบพัดลม

4.1.4 โครงของพัดลม (Housing) โครงของพัดลมจะยึดมอเตอร์กับอุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของมอเตอร์ โครงพัดลมจะมีในพัดลมทุกแบบ

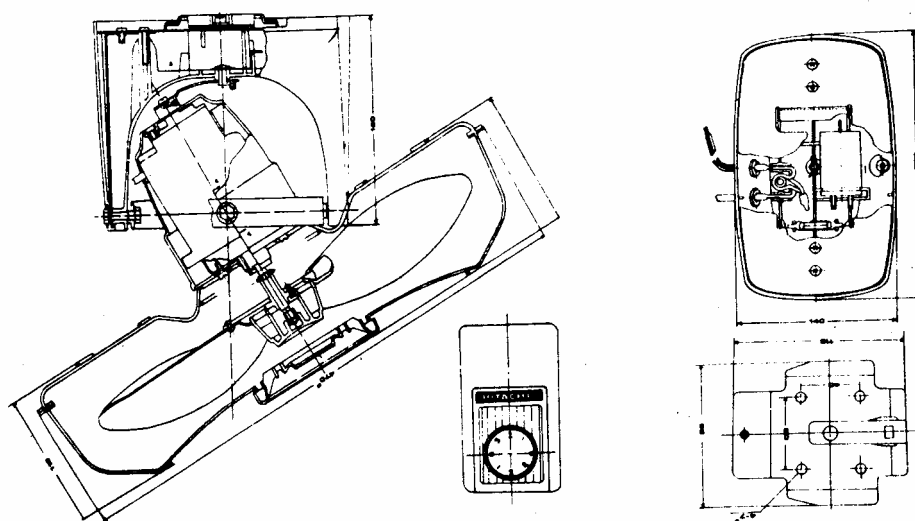
4.1.5 สวิตช์ควบคุมระดับความเร็ว (Speed control switch) เป็นสวิตช์ที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลมและช่วยลดปรับระดับความเร็วเพื่อให้มอเตอร์พัดลมมีความเร็วตามที่ต้องการ สวิตช์ควบคุมระดับความเร็วจะมีทั้งแบบหมุน (Rotary switch) และแบบปุ่มกด (Push switch) แต่มีพัดลมบางแบบที่ใช้ความเร็วคงที่ตลอดจึงมีเฉพาะสวิตช์ตัดต่อกระแสไฟฟ้าอย่างเดียว

4.1.6 อุปกรณ์ทำให้พัดลมส่าย (Oscillate mechanism) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้พัดลมส่ายที่ใช้ในพัดลม บางแบบจะเป็นแบบปุ่มบิดอยู่ด้านหน้าใกล้กับสวิตช์ควบคุมระดับความเร็ว บางแบบจะเป็นปุ่มกดอยู่ด้านหลังพัดลม ถ้าพัดลมแบบที่อยู่กับที่ไม่ส่ายก็จะมีไม่มีอุปกรณ์ชนิดนี้

พัดลมที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมที่จะใช้งาน แบ่งได้ 4 แบบคือ พัดลมแบบตั้งโต๊ะ พัดลมแบบตั้งพื้น พัดลมแบบติดเพดาน และพัดลมแบบติดตั้งช่องหน้าต่าง (สุวรรณบุญทิพย์. 2543 : 300-301) ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ เป็นการทดลองระหว่างเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมไฟฟ้า โดยเลือกทดลองกับพัดลมชนิดติดเพดานแบบโคจร หรือตามมาตรฐาน มอก. เรียกว่าพัดลมไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสายรอบตัว ซึ่งเป็นชนิดที่ติดตั้งง่ายเหมาะสำหรับห้องเรียนหรือห้องที่ต้องการติดตั้งพัดลมแบบถาวร และสามารถกระจายลมได้อย่างทั่วถึง

4.2 พัดลมไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสายรอบตัว

พัดลมไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสายรอบตัว (A.C. Electric double-oscillating type fans) (ในที่นี้จะเรียกว่าพัดลมโคจร) หรือพัดลมโคจรจัดได้ว่าเป็นพัดลมติดเพดานแบบหนึ่ง ซึ่งจะต้องทำการติดตั้งบนเพดานเหมือนกับพัดลมติดเพดานธรรมดา แต่สำหรับการส่งแรงลมของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะที่แตกต่างจากพัดลมเพดานแบบธรรมดา คือพัดลมโคจรจะให้แรงลมที่เป็นรัศมีวงกลม โดยแรงลมที่ออกไปก็ยังสามารถปรับให้แคบหรือกว้างได้โดยการปรับสกรูยึดที่ด้านท้ายของพัดลม (ณรงค์ ขอนตะวัน และคณะ. 2534?: 230)



ภาพประกอบ 17 ลักษณะโครงสร้างของพัดลมแบบโคจร

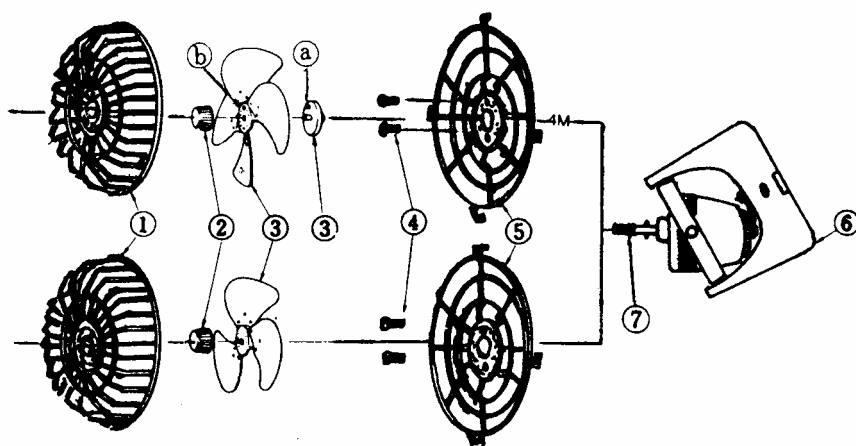
ที่มา : ณรงค์ ขอนตะวัน และคณะ. 2534?: 230

4.2.1 ส่วนประกอบของพัดลมแบบโคจร

ส่วนประกอบของตัวพัดลมแบบโคจร จะประกอบไปด้วย 6 ส่วน คือ ตะแกรงหน้า ตัว ล็อคใบพัดลม ตัวบังคับใบพัดลม สกรู ตะแกรงหลัง และตัวมอเตอร์ ตามภาพประกอบ 18

- ① Front guard
- ② Fan cap
- ③ Blade
- ③' Fan boss
- ④ Guard set-screw
- ⑤ Rear guard
- ⑥ Motor and Base

- ① ตะแกรงหน้า
- ② ตัวล็อคใบพัดลม
- ③ ใบพัดลม
- ③' ตัวบังคับใบพัดลม
- ④ สกรู
- ⑤ ตะแกรงหลัง
- ⑥ ตัวมอเตอร์



ภาพประกอบ 18 ส่วนประกอบตัวเครื่องของพัดลมแบบโคจร

ที่มา : ณรงค์ ขอนตะวัน และคณะ. 2534?: 231

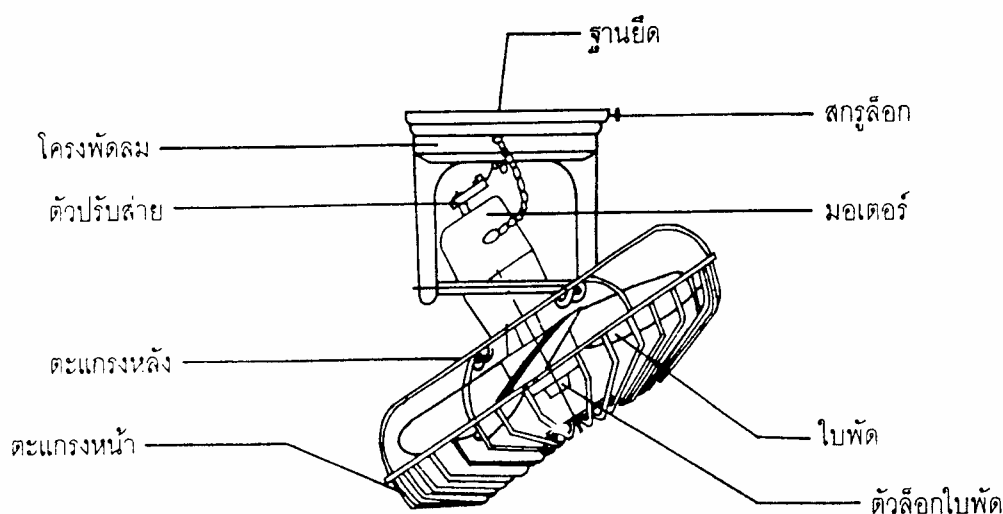
4.2.1.1 ตะแกรงพัดลมหน้า-หลัง (Fan guard) ส่วนประกอบนี้จะทำหน้าที่ป้องกันอันตรายให้กับใบพัดลมและผู้ใช้

4.2.1.2 ใบพัดลม (Blades) ใบพัดลมของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะเหมือนกับพัดลมแบบตั้งโต๊ะ หรือแบบตั้งพื้น โดยจะมีฝาปิดด้านหน้าของใบพัดลมเช่นเดียวกัน

4.2.1.3 โครงของพัดลม (Housing) ส่วนประกอบส่วนนี้จะเป็นส่วนที่หุ้มมอเตอร์และยึดตะแกรงของพัดลม

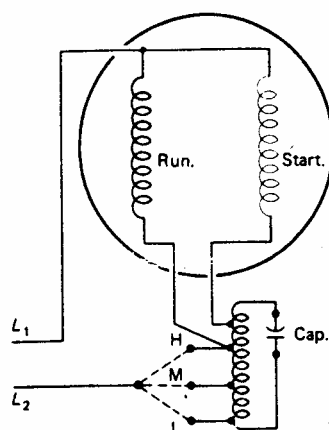
4.2.1.4 มอเตอร์พัดลม (Fan motor) มอเตอร์ของพัดลมชนิดนี้จะเป็นมอเตอร์แบบแคปรีน โดยจะมีคาปาซิเตอร์ต่อร่วมอยู่ในวงจรด้วย

4.2.1.5 สวิตช์ควบคุมระดับความเร็ว (Speed control switch) สวิตช์ดังกล่าวนี้จะเป็นสวิตช์ชนิดเดียวกันกับสวิตช์ของพัดลมเพดาน ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของพัดลมได้ 3-4 ระดับความเร็ว



ภาพประกอบ 19 ส่วนประกอบของพัดลมแบบโคจร

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ 2543: 304

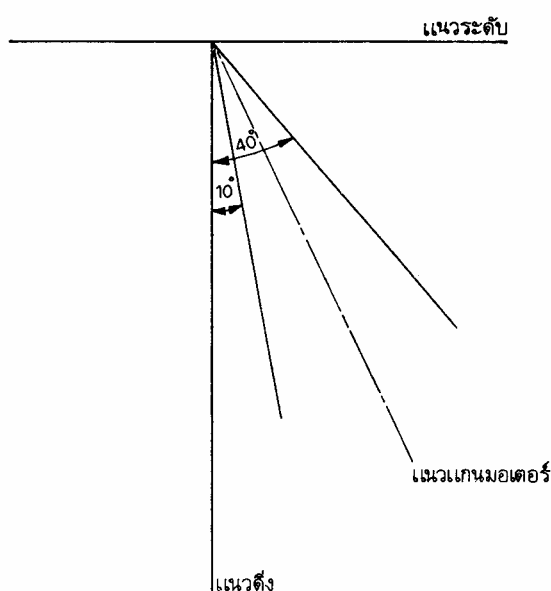


ภาพประกอบ 20 วงจรไฟฟ้าของพัดลมแบบโคจร

ที่มา : ณรงค์ ขอนตะวัน และคณะ. 2534?: 232

4.2.2 ระบบการสายของพัดลมโคจร

ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528 กำหนดจำนวนรอบของการสายที่อัตราเร็วเต็มที่ ต้องไม่น้อยกว่า 4 รอบต่อนาที และต้องไม่เกิน 12 รอบต่อนาที และไม่ว่าระบบกลไกการเคลื่อนที่เชิงมุมจะเป็นระบบใด แกนของมอเตอร์ต้องทำมุมกับแนวตั้งไม่น้อยกว่า 10 องศา และไม่เกิน 40 องศาตามภาพประกอบ 21 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 572-2528. 2529: 9)



ภาพประกอบ 21 มุมการสายของพัดลมแบบโคจรตามมาตรฐาน มอก. 572-2528

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2528: 10

4.2.3 อัตราการระบายอากาศและค่าใช้งาน

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.572-2528 พัดลมไฟฟ้า กระแสสลับชนิดสายรอบตัว หรือพัดลมโคจร ต้องมีค่าการระบายอากาศและค่าการใช้งานที่อัตราเร็วสุด ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง 10 ในกรณีที่ระบุค่าอัตราการระบายอากาศและค่าใช้งาน ค่าที่วัดได้ที่อัตราเร็วสุดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของค่าที่ระบุไว้

ตาราง 10 การระบายอากาศและค่าใช้งานของพัดลมตามมาตรฐาน มอก.572-2528

ขนาดพัดลม (มิลลิเมตร)	อัตราการระบายอากาศ (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)	ค่าใช้งาน (ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อวัตต์)
300	30	0.75
350	44	0.83
400	60	0.90

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.572-2528: 11

4.2.4 การทดสอบการถ่ายเทอากาศและค่าใช้งาน

ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528 กำหนดการทดสอบการถ่ายเทอากาศและค่าใช้งานดังนี้

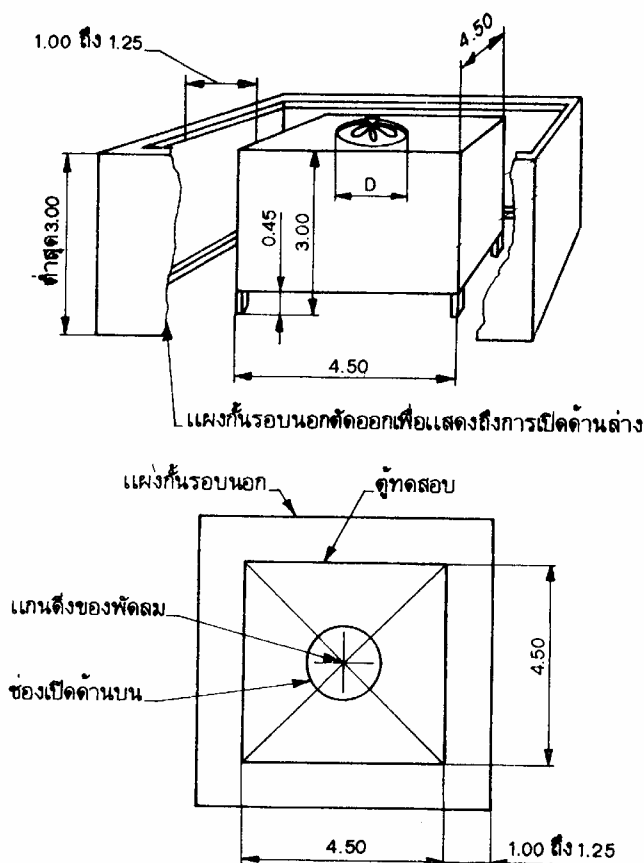
4.2.4.1 ให้ทดสอบในตู้ทดสอบกว้าง 4.5 เมตร ยาว 4.5 เมตร และสูง 3 เมตร โดยด้านบนของตู้ทดสอบต้องปิดหมด เว้นแต่ศูนย์กลางซึ่งใช้วัสดุหนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และเปิดออกเป็นรูวงกลมที่โตกว่าวงในไม่เกินร้อยละ 20 และไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ผังด้านล่างให้เว้นช่องไว้สูง 0.45 เมตร ดังภาพประกอบที่ 21

4.2.4.2 ภายในตู้ต้องไม่มีสิ่งขวางกั้นใดๆ อยู่เลย ผู้ทดสอบและเครื่องวัดไฟฟ้า ต้องอยู่ในพื้นที่ระหว่างตู้ทดสอบกับแผงกั้นรอบนอก ในตู้ต้องไม่ใช้อุปกรณ์ทำความเย็นหรือความร้อนในการทดสอบ

4.2.4.3 ตู้ทดสอบและแผงกั้นรอบนอกต้องอยู่ในห้องที่ปราศจากการถ่ายเทของอากาศในขณะทดสอบ

4.2.4.4 ต้องแขวนพัดลมให้ระนาบใบพัดสูงจากพื้นห้อง 3 เมตร และอยู่ในระนาบเดียวกันกับช่องเปิดด้านบนของตู้ทดสอบ

4.2.4.5 เพดานและสิ่งอื่นๆ ที่จะขัดขวางต่อการถ่ายเทอากาศ ต้องอยู่สูงจากช่องเปิดด้านบนของตู้ทดสอบ ไม่น้อยกว่า 1 เมตร คือต้องสูงไม่น้อยกว่า 4 เมตร จากพื้นห้องที่จุดนี้

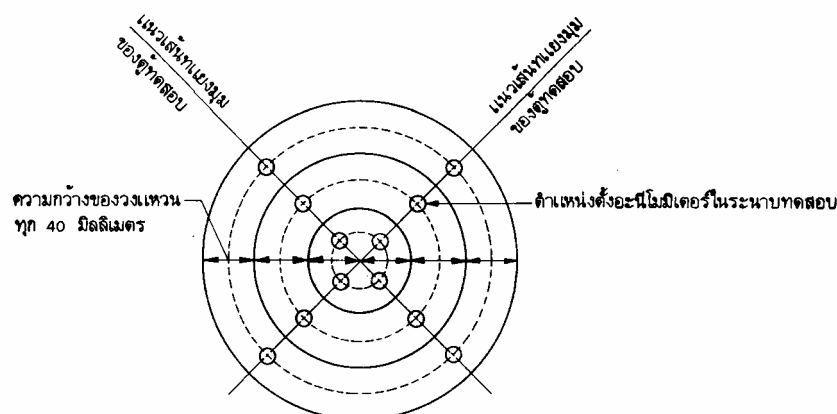


ภาพประกอบ 22 ตู้ทดสอบการถ่ายเทอากาศ ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2528: 21

4.2.4.6 เครื่องมือ ให้ใช้อะนีโมมิเตอร์ชนิดใบพัดหมุนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลมที่ลากผ่านปลายสุดของใบพัดอะนีโมมิเตอร์ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร อะนีโมมิเตอร์นี้ควรทดสอบเทียบความเที่ยงตรงเสมอๆ

4.2.4.7 การจัดเครื่องมือ ให้จัดตำแหน่งอะนีโมมิเตอร์ ดังภาพประกอบ 23 โดยให้เปลี่ยนที่ได้ตามเส้นทแยงมุมของตู้ทดสอบ การเปลี่ยนที่ต้องอยู่ในระนาบทดสอบที่อยู่ต่ำกว่าระนาบใบพัด และส่วนประกอบของอะนีโมมิเตอร์ที่เกิดขวางการไหลของอากาศต้องน้อยสุดเท่าที่จะทำได้



ภาพประกอบ 23 การจัดตำแหน่งอะนีมิเตอร์ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2528: 23

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะเห็นว่าพัดลมไฟฟ้ามีหลายรูปแบบ แต่ละแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้งาน พัดลมเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนไหวยของอากาศเป็นผลให้มีการระบายอากาศ จัดได้ว่าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าประจำบ้านที่มีความจำเป็นในแถบภูมิภาคที่มีอากาศร้อน และราคาไม่สูงมากนัก พัดลมออกแบบขึ้นมาเพื่อจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ ทำให้ใบพัดหมุน อากาศก็จะถ่ายเทในบริเวณใกล้เคียงกับใบพัด ส่วนอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจะน้อยมากหากเปรียบเทียบกับอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ว่าถ้าเราเปิดใช้พัดลมร่วมกับการเปิดเครื่องปรับอากาศ ก็จะทำให้ความเย็นจากเครื่องปรับอากาศเกิดการหมุนเวียนมาสัมผัสผิวกายเร็วขึ้นทำให้รู้สึกเย็นสบาย เมื่อทำการปรับระดับอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น ก็จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้พัดลมไฟฟ้าแบบโคจรขนาด 400 มิลลิเมตร (16") ยี่ห้อฮาดารี รุ่น HB-C16M3(S) กำลังไฟฟ้า 74 W แรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz กระแสไฟฟ้า 0.34 A ค่าประสิทธิภาพการระบายลม 1.0 m³/min/w มาตรฐาน มอก.934-2533 สามารถหาซื้อได้ง่ายตามห้างสรรพสินค้าและร้านขายเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป เนื่องจากบริเวณห้องที่ทำการทดลองเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 4x9x3.4 เมตร หรือ 122.4 ลูกบาศก์เมตร รัศมีการกระจายลมของพัดลมโคจรจะแผ่รัศมีเป็นวงกลม ตามมาตรฐานการทดสอบค่าถ่ายเทอากาศ มอก.572-2528 ให้ค่ารัศมีประมาณ 2.25 เมตร หรือเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เมตร ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้พัดลมในการทดลอง 2 ตัว เพื่อให้สัมพันธ์กับขนาดห้องทดลอง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน และสภาวะสบาย ที่ได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อประกอบในงานวิจัยครั้งนี้

วรารักษ์ กาญจนวิโรจน์ (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การศึกษาการเพิ่มของขอบเขตสภาวะน่าสบายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบาย และการกำหนดขอบเขตความสบายอันเนื่องมาจากตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในสภาวะแวดล้อมของเขตร้อนชื้น จากการศึกษาพบว่า ในการตรวจสอบสภาวะน่าสบายของคนที่อยู่ในสถานที่ไม่ปรับอากาศที่แต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่มีค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับค่าเฉลี่ยของคนไทย หรือ 0.5 แคลอรี ได้อุณหภูมิสบาย คือ 28.06 องศาเซลเซียส เมื่อมีการแผ่รังสีความร้อนน้อย ความเร็วลมต่ำ ในขณะที่อุณหภูมิสบายของคนที่อยู่ในที่ปรับอากาศ ในกิจกรรมการพักผ่อนจะอยู่ที่ประมาณ 24.7 องศาเซลเซียส ในเงื่อนไขเดียวกัน และจากการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรหุ่น ทำให้ได้สมการทำนายความรู้สึกร้อนหนาว เมื่ออยู่ในสภาพปรับอากาศ $Y = -3.013 + 0.416 \cdot clo + 0.147 \cdot DB + 0.006 \cdot Rh + 0.085 \cdot MRT - 0.695 \cdot wind$ เมื่ออยู่ในสภาพไม่ปรับอากาศ $Y = -3.851 + 0.416 \cdot clo + 0.147 \cdot DB + 0.006 \cdot Rh + 0.085 \cdot MRT - 0.695 \cdot wind$ สรุปได้ว่ามีความแตกต่างของอุณหภูมิสบายในสถานที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยแตกต่างกันถึง 3.3 องศาเซลเซียส แต่ทั้งนี้ อุณหภูมิสบายก็ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นด้วยเช่น ความเคยชินในสภาพอากาศก็เป็นสาเหตุหนึ่ง และพบว่า ความเร็วลมภายนอกถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่มีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวได้ การวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เป็นที่พักผ่อน ซึ่งสามารถใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความเร็วลมและปัจจัยอื่นเป็นไปตามธรรมชาติ

กิจชัย จิตขจรวานิช (2544: 175-181) ได้ศึกษาเรื่อง “แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย” โดยให้แนวคิดสรุปว่า การศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย (Thermal Comfort) นั้นก็เพื่อที่จะค้นหาสภาวะสบายที่คนส่วนใหญ่มีความรู้สึกพอใจกับสภาพอากาศนั้นๆ ไม่หนาวหรือไม่ร้อนจนเกินไป นั่นก็คืออุณหภูมิที่เป็นกลาง (Neutral Temperature) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักและปัจจัยแรกที่น่ามาพิจารณา แต่เดิมนั้นสภาวะสบายจะถูกจำกัดอยู่ในช่วงของสภาพอากาศหนึ่งๆ (Comfort Zone) ซึ่งเห็นได้จากทั้ง Bioclimatic Chart โดย Olayay (1963) และ Building Bioclimatic Chart โดย Givoni (1969) ทั้ง 2 แผนภูมินี้เป็นผลที่ได้มาจากการค้นคว้าวิจัยในห้องทดลองที่มีสภาพอากาศที่นิ่ง (Steady-State) ซึ่งแตกต่างไปจากสภาพอากาศที่เป็นจริงในสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Transient Condition) แนวคิดใหม่ในการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย จึงควรที่เพิ่มเติมเนื้อหาทางด้านระบบพลวัตของสิ่งแวดล้อมรวมทั้งการยอมรับสภาวะทางจิตใจของบุคคลในสังคมนั้นๆ

ชนะกิจ สุขศรีสมบุญ (2546: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “ศักยภาพการประหยัดพลังงานในพัดลม” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของพัดลมไฟฟ้าที่ใช้ในที่อยู่อาศัย และศักยภาพความคุ้มค่าเมื่อเลือกใช้พัดลมประสิทธิภาพสูง ในการศึกษาได้ทดสอบพัดลมตัวอย่างที่วางจำหน่ายในท้องตลาดชนิดที่ไม่ได้เบอร์ 5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพัดลมไฟฟ้า โดยการตรวจวัดความเร็วลม และกำลังไฟฟ้าที่พัดลมใช้ เพื่อนำมาหาค่าใช้งาน (ลบ.ม./นาท./วัตต์) พัดลมที่นำมาทดสอบมีจำนวน 20 เครื่อง โดยแบ่งเป็นพัดลมขนาด 12, 14, 16 และ 18 นิ้ว จำนวน 11, 1, 6 และ 2 เครื่องตามลำดับ จากการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าพบว่าการใช้กำลังไฟฟ้าของพัดลมที่ทดสอบทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 26.10-80.60 วัตต์ ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 61-188 kWh/เครื่อง/ปี และมีค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้าประมาณ 172-532 บาท/เครื่อง/ปี ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดพัดลมและระดับอัตราเร็วที่เลือกใช้ เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้งานที่ได้จากการทดสอบกับค่าใช้งานที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรมพบว่า พัดลมขนาด 12 นิ้ว ผ่านเกณฑ์จำนวน 9 เครื่อง พัดลมขนาด 14 นิ้ว ผ่านเกณฑ์จำนวน 1 เครื่อง พัดลมขนาด 16 นิ้ว ผ่านเกณฑ์จำนวน 1 เครื่อง สำหรับพัดลมขนาด 18 นิ้ว ไม่มีค่าระบุในมาตรฐานอุตสาหกรรม จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้กำลังไฟฟ้าของพัดลมได้แก่ ขนาดพัดลม (size) ระดับอัตราเร็ว (speed level) ราคา (price) ความเร็วรอบ (RPM) และอัตราการระบายอากาศ (air delivery) ได้สมการสหสัมพันธ์ดังนี้

$$Power = -16.43735 + 1.47073 \times SIZE + 2.04845 \times Speed\ Level + 0.01294 \times Price + 0.00931 \times RPM + 0.43202 \times Air\ Delivery$$

การประเมินศักยภาพในการเลือกใช้พัดลมประหยัดพลังงานจะประเมินใน 4 กรณี คือ 1. เปรียบเทียบพัดลมไฟฟ้าทดสอบที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากสุดกับพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 ที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยสุด 2. เปรียบเทียบพัดลมไฟฟ้าทดสอบกับพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 โดยใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3. เปรียบเทียบพัดลมไฟฟ้าทดสอบที่มีค่าใช้งานต่ำสุดกับพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 ที่มีค่าใช้งานสูงสุด 4. เปรียบเทียบการใช้พัดลมทดสอบที่ให้อัตราการระบายอากาศน้อย 2 เครื่องกับการใช้พัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 ที่ให้อัตราการระบายอากาศสูงเพียงเครื่องเดียว ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า กรณีที่ 1 เมื่อเลือกใช้พัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 ขนาด 12 และ 16 นิ้ว จะสามารถประหยัดพลังงานได้ 28.34 kWh/ปี และ 24.17 kWh/ปี ตามลำดับ คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประมาณ 80 บาท และ 60 บาท ตามลำดับ โดยมีค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้อพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 เพิ่มประมาณ 118 บาท สำหรับพัดลมขนาด 12 นิ้ว เท่ากับ 129 บาท สำหรับพัดลมขนาด 16 นิ้ว ระยะเวลาคืนทุนสำหรับพัดลมขนาด 12 และ 16 นิ้ว เท่ากับ 1.47 และ 1.89 ปี ตามลำดับ กรณีที่ 2 พบว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของพัดลมทดสอบและพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 มีราคาเฉลี่ยสูงกว่าราคาเฉลี่ยของพัดลมทดสอบประมาณ 140 บาท และ 75.50 บาท สำหรับพัดลมขนาด 12 และ 16 นิ้ว ตามลำดับ ส่งผลให้คุ้มทุนนาน เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้งานพบว่าพัดลมเบอร์ 5 มีค่าใช้งานสูงกว่าพัดลมไฟฟ้าทดสอบมาก ซึ่งทำให้การใช้พัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5

ให้อัตราการระบายอากาศได้ดีกว่าพัดลมไฟฟ้าทดสอบ โดยใช้กำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกัน กรณีที่ 3 พบว่าพัดลมขนาด 12 นิ้ว สามารถประหยัดพลังงานได้ปีละ 25.30 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เท่ากับ 72 บาท/ปี มีระยะคืนทุน 0.14 ปี และพัดลมขนาด 16 นิ้ว ประหยัดพลังงานได้ 22.53 kWh/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้เท่ากับ 63.76 บาท/ปี มีระยะเวลาคืนทุน 2.49 ปี กรณีที่ 4 พบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ปีละประมาณ 30 kWh/ปี คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้เท่ากับ 198.67 บาท/ปี และมีค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้อพัดลมไฟฟ้าเบอร์ 5 จำนวน 1 เครื่องน้อยกว่าซื้อพัดลมไฟฟ้าธรรมดาจำนวน 2 เครื่อง เป็นจำนวนเงิน 46 บาท

ณรงค์ วัชรเสถียร (2543: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การพัฒนาพัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติ” งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติโดยใช้แผนภูมิความสบายของการถ่ายเทอากาศสำหรับประเทศไทย จากแผนภูมินี้เราสามารถทำนายความเร็วลมที่ต้องการสำหรับเงื่อนไขสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงระหว่าง 27 ถึง 36.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ พัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ปรับความเร็วลมตั้งแต่ 0.3 ถึง 3 เมตรต่อวินาที เซ็นเซอร์รับสภาวะแวดล้อมมีทั้งแบบมีสายและแบบไร้สาย ทำงานได้ 15 วินาที ส่วนระบบบังคับด้วยมือสามารถปรับความเร็วได้ 6 ระดับ พัดลมปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติ ต้นแบบนี้สามารถประยุกต์ใช้ในขณะนั่งทำกิจกรรม เช่น บ้านของคนไทย ห้องเรียน และสำนักงาน เป็นต้น และยังสามารถเป็นแนวทางการออกแบบระบบระบายอากาศ นอกจากการสร้างสภาวะความสบายแล้วยังช่วยประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศอีกด้วย

นายสุนทร วงศ์เสน (2545: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดสารทำความเย็นให้เหมาะสม” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยการควบคุมอัตราการทำความเย็นโดยการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดสารทำความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับการปรับอากาศที่ควบคุมแบบเปิด-ปิด การศึกษารั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองสำหรับความร้อนโดยวิธี Transfer Function Method และแบบจำลองเครื่องปรับอากาศในการจำลองสถานการณ์ของเครื่องปรับอากาศของห้องที่มีขนาดต่างกัน สามขนาด แต่ละขนาดจะทำการปรับเปลี่ยนทิศและขนาดยาวของผนังภายนอก จากผลของการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่มีการควบคุมการทำงานทั้งสองพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ควบคุมอัตราการทำความเย็นจะประหยัดพลังงานกว่าเครื่องปรับอากาศที่ควบคุมการทำงานแบบเปิด-ปิด สำหรับห้องที่มีขนาดเท่ากัน ผลของการประหยัดพลังงานมีค่าประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ และไม่ขึ้นอยู่กับทิศและขนาดความยาวของผนังภายนอกมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าผลการประหยัดพลังงานจะมีค่า

มากขึ้นหากช่วงอุณหภูมิของการตัดต่อการทำงานของเครื่องอัดสารทำความเย็นเครื่องปรับอากาศที่มีการควบคุมการทำงานแบบเปิด-ปิดมีค่ามากขึ้น

วิโรจน์ จินดารัตน์ (2548: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การคำนวณช่วยในการตัดสินใจเลือก ระบบปรับอากาศที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานในอาคาร” งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบระบบปรับอากาศทั้ง 3 ระบบ คือ การหาการใช้ปริมาณไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแต่ละระบบ การคิดค่าไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมว่าจะติดตั้งระบบปรับอากาศระบบไหนในสามระบบข้างต้น ต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนการวิเคราะห์หาการใช้ปริมาณไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแต่ละระบบและการหาอัตราค่าไฟฟ้านั้นทำเพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลการหาการใช้ปริมาณไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแต่ละระบบ จากการใช้โปรแกรมในการทดสอบปรากฏว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีการใช้ปริมาณไฟฟ้า 2,056.125 กิโลวัตต์ ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ มีการใช้ปริมาณไฟฟ้า 1,871.64 กิโลวัตต์ ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ มีการใช้ปริมาณไฟฟ้า 1,407.1 กิโลวัตต์ การคิดค่าไฟฟ้าขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานตามช่วงเวลาในการทดสอบนี้ใช้การคิดอัตราไฟฟ้าประเภท TOU Rate จากการใช้โปรแกรมในการทดสอบปรากฏว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นจำนวนเงิน 15,400,092.97 บาท ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ เป็นจำนวนเงิน 14,018,588.638 บาท ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ เป็นจำนวน 10,420,230.31 บาท การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แบ่งเป็น 3 วิธี ระยะคืนทุน ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เป็นเวลา 8.56 ปี ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ เป็นเวลา 12 ปี ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ เป็นเวลา 9.78 ปี การหามูลค่าปัจจุบัน ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน มีมูลค่าเท่ากับ 84,710,322.8 บาท ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ มีมูลค่าเท่ากับ 167,601,700.97 บาท ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ มีมูลค่าเท่ากับ 167,130,397.2 บาท ส่วนอัตราผลตอบแทนในการลงทุน ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ให้ผลตอบแทน 119.35 เปอร์เซ็นต์ ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศ ให้ผลตอบแทน 78.28 เปอร์เซ็นต์ ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยน้ำ ให้ผลตอบแทน 77.08 เปอร์เซ็นต์

พลกฤษณ์ หนูทองพูล (2546: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 และเบอร์ 5 ในสภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย” ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาอัตราการใช้พลังงานและความชื้นภายในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งสอง โดยทำการนำเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 และเบอร์ 5 ที่มีขายอยู่ในห้องตลาดยี่ห้อหนึ่งมาทำการทดสอบและหาประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในห้องทดสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีระดับประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เบอร์ 4 และเบอร์ 5 จริง จากการศึกษพบว่าความชื้นของห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ต่ำกว่าความชื้นของห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 เนื่องจากอุณหภูมิของ Evaporator ของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 มีอุณหภูมิต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 ทำให้อากาศที่ไหลผ่าน Evaporator สามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้มากกว่า จึงมีผลทำให้ห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 มีความชื้นต่ำกว่าห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 โดยที่ความชื้นของห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 มีค่าเฉลี่ย ตลอดการทดสอบ 46.3%RH ในขณะที่ความชื้นของห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 มีค่า 52.93%RH ส่วนอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 222.61 kWh ในขณะที่เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 ใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 246.65 kWh เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 เป็นจำนวน 10.8 เปอร์เซ็นต์

ธนะกิตติ์ ถากักดี (2546: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดย LIQUID-SUCTION HEAT EXCHANGER” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบลิควิด-ซัคชั่น โดยที่เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 1 ตัน ความเย็นซึ่งได้ติดตั้งใช้งานในห้องทำงาน หลักการของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบลิควิด-ซัคชั่นนี้คือจะลดเอ็นทาลปีของสารทำความเย็นเหลวก่อนเข้าแฟนคอยล์ยูนิตและทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากแฟนคอยล์ยูนิตเป็นซูเปอร์ฮีต การทดลองนี้จะทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ค่าประสิทธิภาพพลังงานและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การทดลองได้กระทำในสภาวะการใช้งานจริงโดยทำการตั้งอุณหภูมิภายในห้องทดลองไว้ 3 ระดับ คือ 26, 27 และ 28 องศาเซลเซียส ในแต่ละสภาวะอุณหภูมิได้ทำการเปิดเครื่องปรับอากาศให้ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง คือตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 17.00 น. ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิสบายของคนไทยคือ 26 องศาเซลเซียส เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง Liquid suction heat exchanger ที่มีความยาว 1 เมตร จะประหยัดพลังงานไฟฟ้า 7.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะและค่าประสิทธิภาพพลังงานยังเพิ่มขึ้นอีก 6.4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แล้วแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หาความยาวที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดได้ 104 เซนติเมตร และจากการวิเคราะห์พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 1,957 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 35.6 เปอร์เซ็นต์ และมีระยะคืนทุนเท่ากับ 2.74 ปี

ชาตรี บ้านเกาะ (2544: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์” งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไป ซึ่งในการทดสอบนี้จำเป็นต้องมีการออกแบบห้องวัดความร้อนและสร้างให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และจากการทดลองที่สภาวะการทำงานเดียวกันโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ก่อนเข้าแฟนคอยล์ให้คงที่จะเห็นได้ว่าจากความสัมพัทธ์ที่ได้แสดงไว้จากการทดลอง ระบบที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบจะให้การประหยัดพลังงานได้ดีกว่าระบบที่มีใช้กันอยู่ตามบ้านทั่วไปและเมื่อทำการทดลองที่สภาวะการทำงานดังนี้ ที่อัตราการป้อนความร้อนสัมผัสคงที่ 1,000 วัตต์ ที่ความร้อนแฝงคงที่ 220 วัตต์ ที่อุณหภูมิลมกลับก่อนแฟนคอยล์ 21 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไปจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 1.25 kWh ส่วนเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันตามบ้านทั่วไปจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 1.74 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 28.16 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้คงที่กว่าระบบที่มีใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนทั่วไป

บรรพต ประภาศิริ (2542: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศโดยใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิและการบำรุงรักษาเบื้องต้น” ใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิที่มีความละเอียดสูงมีวัตถุประสงค์หลักคือเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่มีการบำรุงและไม่มีการบำรุงรักษา เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานโดยใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิที่มีความละเอียดสูงกับตัวควบคุมแบบ Bimetal ทำการตรวจวัดจัดเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 6 เดือน ใช้เครื่องปรับอากาศสภาพใหม่เหมือนกันขนาดเครื่อง 12,500 Btu/hr อายุการใช้งาน 3 ปี 4 ปี 5 ปี 10 ปี จำนวน 10 เครื่อง ขนาดการทำความเย็น 38,100 Btu/hr 10,860 Btu/hr และ 33,400 Btu/hr เป็นเครื่องทดสอบในส่วนของตัวควบคุมอุณหภูมิที่มีความละเอียดสูงตรวจวัดก่อนและหลังการติดตั้งและนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการประหยัดพลังงาน พบว่าการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานปีละเท่ากับ 462.4 kWh, 182.4 kWh. และ 529.6 kWh. หรือ 13.25% 16.05% และ 16.11% ในส่วนของการติดตั้งตัวควบคุมอุณหภูมิ ที่มีความละเอียดสูงสามารถประหยัดพลังงานได้ปีละ 750 kWh. หรือ 26% คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ปีละ 1,770 บาท และการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศทำให้อายุการใช้งานยืนยาว

ชนเชษฐ วิชาศิลป์ (2545: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง “การออกแบบระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกโดยใช้วิธี ฮาร์ด ซี-มิน คลัสเตอร์ริง เพื่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ” งานวิจัยนี้ศึกษาถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ โดยวิธีควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกมาช่วยในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนเพรสเซอร์ ซึ่งเมื่อสามารถควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้สอดคล้องกับการทำความเย็นที่เกิดขึ้น จะส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างมี

ประสิทธิภาพ ในการศึกษางานวิจัยนี้ได้สร้างชุดทดสอบการทำงานการทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้สารทำความเย็น R-134a โดยให้มีการระบายความร้อนออกจากอากาศภายในถึงทดสอบที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร ความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดการจำลองภาระการทำงานเย็นจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 3 kW งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบควบคุมพีชชีลोजิกมา 2 ชุด โดยให้ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ชุดแรกเป็นการควบคุมแบบพีชชีลोजิกที่ออกแบบด้วย วิธีการฮาร์ด ซี-มิน และอีกชุดเป็นการควบคุมด้วยพีชชีลोजิกในแบบมาตรฐาน การเชื่อมต่อระบบควบคุมกับระบบทำความเย็น การทำผ่านบอร์ด A/D และ D/A ทางพอร์ตอนุกรม ผลการวิจัยทำให้ทราบว่า ระบบทำความเย็นที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยพีชชีลोजิกที่ออกแบบด้วยวิธีฮาร์ด ซี-มิน สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้รวดเร็ว และแม่นยำกว่าการควบคุมด้วยพีชชีลोजิกในแบบมาตรฐาน เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยตลอดการทดสอบการจำลองภาระการทำงานเย็นสำหรับสำนักงาน พบว่าการควบคุมแบบพีชชีลोजิกที่ออกแบบด้วย HCM มีค่าสูงกว่าการควบคุมด้วยพีชชีลोजิกในแบบมาตรฐาน 35.97 เปอร์เซ็นต์ และสามารถช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ 10.5 เปอร์เซ็นต์ และในการจำลองภาระการทำงานเย็นในห้องเก็บของที่ควบคุมอุณหภูมิสามารถช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ 18.87 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเงินได้ 0.51 บาท ในช่วงเวลาการทดสอบ 280 วินาที

Victor Olgyay (1992) ได้ศึกษาเรื่อง Comfort Zone โดยสร้าง “Bioclimatic Chart” ขึ้นเป็นมาตรฐานใหม่ ซึ่งช่วงความสบายถูกนิยามในรูปของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ และแสดงให้เห็นอิทธิพลของสภาพแวดล้อมได้โดย Additional Lines จากการที่ระดับของสภาวะสบายนี้ถูกกดดันขึ้นโดยผลของการเคลื่อนไหวของอากาศประการหนึ่งและอีกประการหนึ่งโดยวิธีการที่ถูกทำให้ต่ำลงโดยการแผ่รังสีความร้อน

P.O. Fanger (1970) เป็นผู้ริเริ่มการพัฒนาดัชนีที่จะคาดการณ์สภาวะความสบายทางอุณหภูมิโดยวิธีการที่สามารถคำนวณได้จากความเป็นจริง ซึ่งมีการคิดค้นดัชนีที่เชื่อมโยงไปสู่สมการความสบายไว้ 2 ดัชนี คือ Predicted Mean Vote (PMV) และ Predicted Percentage Dissatisfy (PPD) PMV เป็นการแสดงถึงความแตกต่างของอัตราการเผาผลาญพลังงานขณะนั้น กับสิ่งที่ร่างกายต้องการรักษา “ความรู้สึกสบาย” โดยการคำนวณสมการสมดุลทางความร้อน ส่วน PPD ได้มาจากการค่าการกระจายในการ Vote จากการทดลองในห้องทดลอง โดยเป็นค่าอุณหภูมิจาก PMV กับค่าการยอมรับได้ของ ASHRAE Vote ที่มากกว่า 2 หรือน้อยกว่า -2 ซึ่ง Fanger มีแนวความคิดว่า ความรู้สึกทางอุณหภูมิของมนุษย์ขึ้นอยู่กับสถานะของร่างกายมากกว่าผลจากสิ่งแวดล้อม สมการความสบายของเขาจะแสดงค่าสมดุลย์ทางความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จากการเฝ้าสังเกตการณ์ 2 อย่างคือ อุณหภูมิผิวกายและการสูญเสียความร้อนจากการระเหย ณ สภาวะสบาย ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย

ASHRAE Standard 55 (1970) ได้ศึกษาปัจจัยที่ใช้วัดสภาวะสบาย โดยมีองค์ประกอบของปัจจัย คือ 1) อุณหภูมิของสภาพอากาศ(Air temperature), 2) อุณหภูมิจากรังสีความร้อน (Mean radiant temperature), 3) การเคลื่อนไหวของอากาศ (Air movement), 4) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity), 5) ความต้านทานความร้อนของเสื้อผ้า (Insulative clothing) และ 6) กิจกรรมของบุคคล (Activity levels)

จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เห็นได้ว่าวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมีอยู่หลายวิธี เช่น การลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ การจัดระบบและระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอากาศจากภายนอกให้เข้ามาภายในห้องปรับอากาศในปริมาณที่เหมาะสม การควบคุมความเร็วของรอบเครื่องอัดสารทำความเย็น การออกแบบระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกโดยใช้วิธี ฮาร์ด ซี-มีน คลัสเตอร์ริงก์ และวิธีอื่นๆ เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองศึกษาเปรียบเทียบหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างการเปิดเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวกับการเปิดเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เพื่อหาระดับความเร็วลมที่เหมาะสมที่สร้างความรู้สึกสบาย ต่อกิจกรรมการนั่งเรียนหรือฟังบรรยาย โดยได้แนวคิดที่ว่า ถ้าเราตั้งอุณหภูมิที่ระดับร่างกายรู้สึกสบาย โดยไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 10 แต่การที่จะปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นอาจทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกร้อนและไม่สบายตัว ดังนั้นใช้พัดลมมาช่วยในการเคลื่อนไหวของอากาศ ตามทฤษฎีของ สุนทร บุญญาธิการ(2541: 35) ที่ว่ามนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อให้ผู้ใช้งานยังรู้สึกว่าอากาศเย็นสบายพอเหมาะโดยการตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลมเพื่อช่วยพัดกระจายความเย็นให้เร็วขึ้นและเกิดการหมุนเวียนของอากาศที่ทั่วถึง เนื่องจากพัดลมเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ทำการปรับค่าอุณหภูมิลงทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จากหลักการดังกล่าวจะทำให้สามารถลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง และยังเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างและอุปกรณ์ในการทดลอง
2. ลำดับขั้นตอนการวิจัยและการสร้างเครื่องมือ
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. กลุ่มตัวอย่างและอุปกรณ์ในการทดลอง

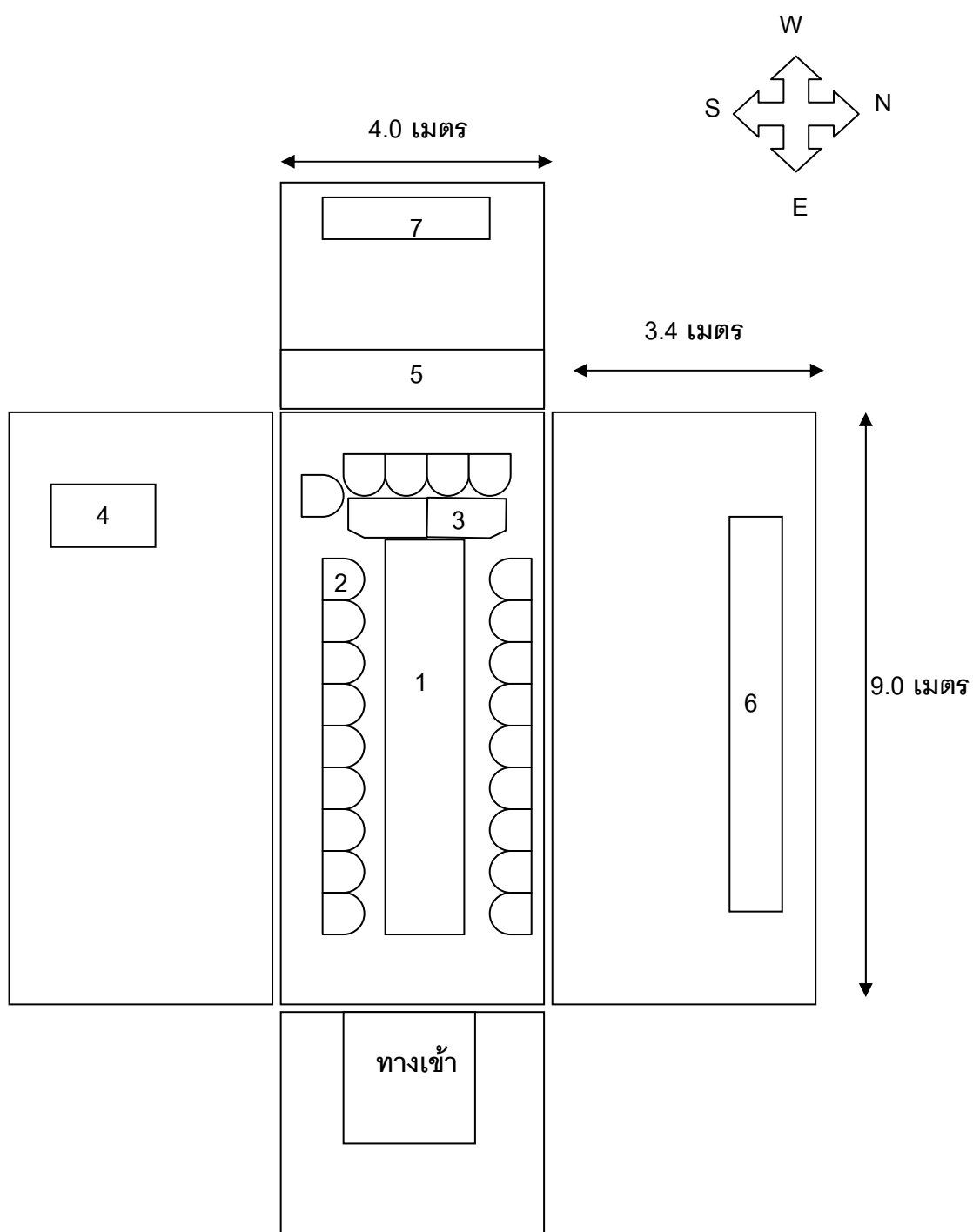
1.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาโท ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 11 คน ค่าสัมประสิทธิ์เลี้ยวเฉลี่ย 0.5985 clo

1.2 สถานที่ทดลอง

ห้องเรียนในคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาคาร 12 ห้อง 901 ขนาดห้อง กว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตร เพดานสูง 3.4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ใช้สอย 36 ตารางเมตร ค่าภาระความร้อนของห้องเท่ากับ 5,853.35 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง หรือ 23,226.4 บีทียูต่อชั่วโมง ภายในห้องประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1) โต๊ะ ขนาด 60x200 เซนติเมตร	จำนวน	6	ตัว
2) เก้าอี้	จำนวน	23	ตัว
3) โต๊ะ ขนาด 60x120 เซนติเมตร	จำนวน	2	ตัว
4) TV. ขนาด 29 นิ้ว	จำนวน	1	เครื่อง
5) ตู้เก็บเอกสาร ขนาด 50x90x400 เซนติเมตร	จำนวน	1	ตู้
6) ชั้นวางของ ขนาด 40x80x600 เซนติเมตร	จำนวน	1	ตัว
7) เครื่องปรับอากาศ ขนาด 25,800 บีทียู	จำนวน	1	ตัว



ภาพประกอบ 24 ผังห้องที่จะทำการทดลอง แสดงตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในห้อง

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.3.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิดแขวนเพดาน ขนาด 25,800 บีทียู ยี่ห้อเซ็นทรัลแอร์ รุ่น CCS-25 แรงดันไฟฟ้า 220V กระแสไฟฟ้า 14.8 A จำนวน 1 เครื่อง

1.3.2 พัดลมโคจร ขนาด 400 มิลลิเมตร (16") ยี่ห้อฮาดารี รุ่น HB-C16M3(S) กำลังไฟฟ้า 74 W แรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz กระแสไฟฟ้า 0.34 A ค่าประสิทธิภาพการระบายลม 1.0 m³/min/w จำนวน 2 เครื่อง

1.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Thermometer)

1) เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบมือถือ ยี่ห้อ Digicon รุ่น HT-775-232 จำนวน 1 เครื่อง

2) เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ Digital รุ่น MT-2 จำนวน 4 เครื่อง

1.3.4 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า กิโลวัตต์เออร์มิเตอร์ (Kilowatt Hours Meter)

1) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า วัดต์เออร์มิเตอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น MF-63 E ขนาด 15(45) A แรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz จำนวน 1 เครื่อง

2) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า วัดต์เออร์มิเตอร์ แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Energy Max รุ่น EMS12C ขนาด 15(45) A แรงดันไฟฟ้า 220V 50Hz จำนวน 1 เครื่อง

1.3.5 เครื่องวัดไฟฟ้า เพาเวอร์แคลมป์มิเตอร์ (Power Clamp Meter) ยี่ห้อ Digicon รุ่น DW-609 จำนวน 1 เครื่อง

1.3.6 เครื่องวัดความเร็วลม แบบใบพัด (Vane Anemometer) ยี่ห้อ Digicon รุ่น DA-43 จำนวน 1 เครื่อง

1.4 ช่วงเวลาในการทดลอง

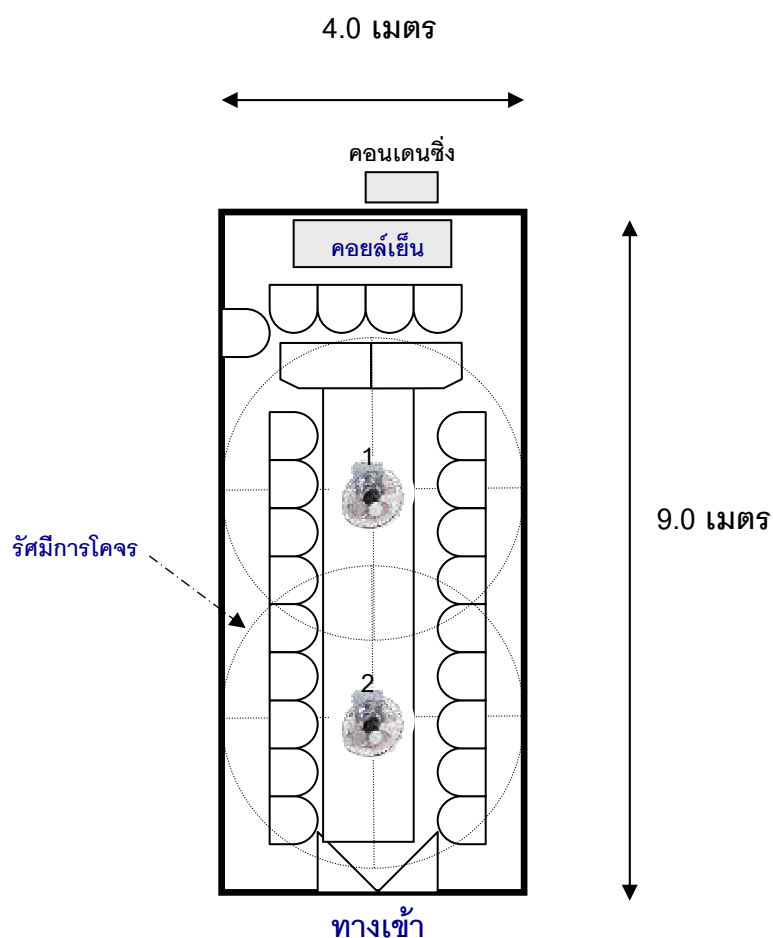
การทดลองจะทำในเวลากลางวัน ช่วงระหว่างเวลา 8.00-17.00 น. ช่วงระหว่าง เดือนเมษายน ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2550 ดังรายละเอียดดังนี้

1.4.1 เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส ครั้งละ 3 ชั่วโมง

1.4.2 เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมโคจรขนาดใบพัด 400 มิลลิเมตร (16") โดยแยกตามตำแหน่งที่ตั้ง และระดับความเร็วลม ครั้งละ 3 ชั่วโมง

1.5 ตำแหน่งที่ตั้งพัดลมโคจร และเครื่องปรับอากาศ

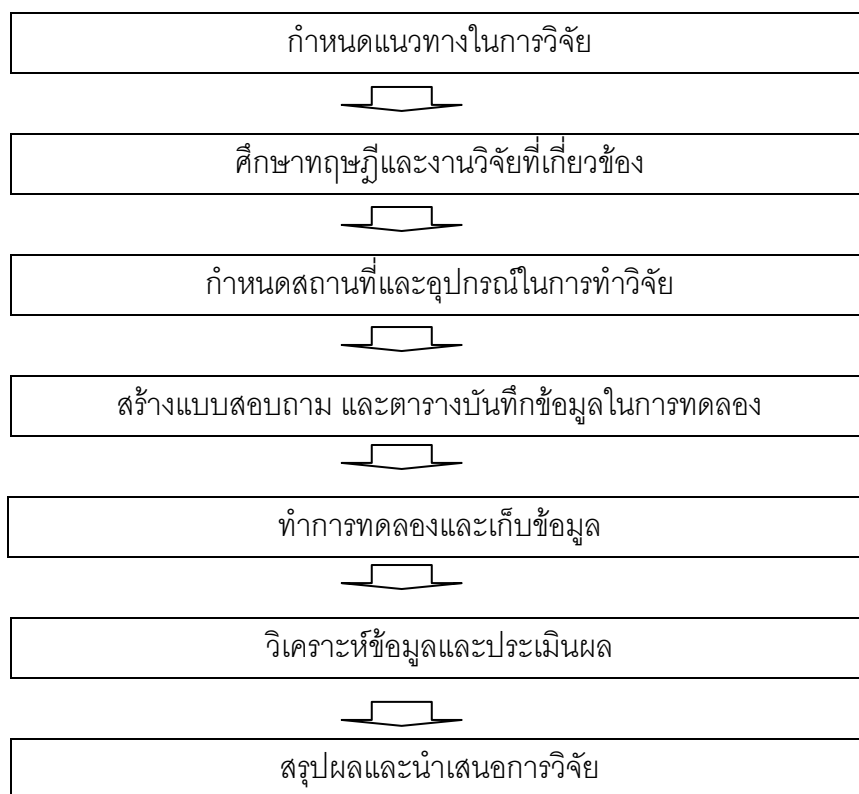
เนื่องจากห้องที่ทำการทดลองเป็นห้องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 4 เมตร ลึก 9 เมตร เพดานสูง 3.4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 36 ตารางเมตร รัศมีการกระจายลมของพัดลมโคจร มีรัศมีเป็นวงกลม ตามมาตรฐาน มอก. 572-2528 กำหนดค่ารัศมีการกระจายลมของพัดลมโคจร ติดตั้งที่ความสูง 3 เมตร รัศมีประมาณ 2.25 เมตร จะได้เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.5 เมตร ดังนั้นในการทดลองได้ พิจารณาจากสัดส่วนความกว้าง ความยาว และความสูง ของห้องทดลอง จึงติดตั้งพัดลมโคจรเป็น จำนวน 2 เครื่อง ตามผังการติดตั้งในภาพประกอบที่ 25



ภาพประกอบ 25 ผังห้องแสดงตำแหน่งที่ตั้งพัดลมโคจรและเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง

2. ลำดับขั้นตอนการวิจัยและการสร้างเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 26 แสดงลำดับขั้นตอนการวิจัย

2.1 การกำหนดแนวทางในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยกำหนดตัวแปรของการวิจัยไว้ดังนี้

2.1.1 ข้อมูลในการศึกษาทดลอง

- 1) ระดับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง ที่เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ในระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส
- 2) ระดับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง ที่เปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม ในระดับอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส
- 3) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ

- 4) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม
- 5) ระดับอุณหภูมิที่ผู้ใช้งานรู้สึกพึงพอใจและรู้สึกสบายในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม

2.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการทดลองดังนี้

- 1) ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องปรับอากาศ
- 2) ทฤษฎีเกี่ยวพัดลมไฟฟ้าแบบโคจร
- 3) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสภาวะสบาย
- 4) การอนุรักษ์พลังงาน

2.3 การกำหนดสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

2.3.1 สถานที่ในการทดลอง

เป็นห้องเรียนในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะศึกษาศาสตร์ อาคาร 12 ห้อง 901

2.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) เครื่องปรับอากาศขนาด 25,800 บีทียู
- 2) พัดลมโคจรขนาดใบพัด 400 มิลลิเมตร (16")
- 3) เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Thermometer)
- 4) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Watt Hours Meter)
- 5) เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

2.4 การสร้างแบบสอบถาม และตารางบันทึกข้อมูลในการทดลอง

ในการศึกษาออกแบบตารางบันทึกผลและแบบสอบถามในการทดลองมีขอบเขตดังนี้

2.4.1 การออกแบบตารางบันทึกข้อมูล จะประกอบไปด้วยตารางบันทึกเกี่ยวกับการตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ, ระดับอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้องทดลอง, ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้งาน และระดับความเร็วลมของพัดลม

2.4.2 แบบสอบถามในการวัดค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ใช้ของ ISO 10551 : 1995(E) (Application of assessment procedure and judgement scales) แบบ 9 ตัวเลือก และพิจารณา ร่วมกับ แบบ 7 ตัวเลือก แบบ ASHRAE Scale (ASHRAE Standard 55-66. 1966) และแบบ Bedford Scale (Bedford. 1936) ระดับความสบายในสภาพอากาศ จะใช้แบบ Comfort Scale (Brager et al. 1994) นอกจากนี้ยังมีคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในสภาพอากาศและความ

ปรารภนาที่จะให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงเพื่อให้รู้สึกสบายขึ้น แบบ Preference Scale (McIntyre. 1980) และความรู้สึกถึงความชื้นและความเร็วลม แบบ Humidity Scale/ Velocity Scale (กิจชัย. 2547)

การออกแบบสร้างตารางบันทึกข้อมูล และแบบสอบถามความพึงพอใจในสภาวะอากาศ จะประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

2.4.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง จะแบ่งเป็น 2 ชุด ชุดแรกเป็นการบันทึกในช่วงของการทดลองเปิดเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 24–29 องศาเซลเซียส ส่วนชุดที่ 2 เป็นการบันทึกผลการเปิดเครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 24–29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม ในตารางบันทึก จะประกอบด้วย วันที่ทดลอง, ระดับอุณหภูมิ ส่วนในช่องบันทึกผลการทดลอง จะประกอบด้วย ช่วงเวลาที่จดบันทึก (ทุกๆ ช่วง 15 นาที), ระดับอุณหภูมินอกห้อง, ความชื้นสัมพัทธ์นอกห้อง, ระดับอุณหภูมิภายในห้อง, ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง, ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และความเร็วลม ตามรายละเอียดในภาคผนวก ก

2.4.4 แบบสอบถามความรู้สึกและความพึงพอใจในสภาวะอากาศ แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 ถามเกี่ยวกับข้อมูลบางประการของผู้ตอบแบบสอบถาม ช่วงที่ 2 ถามเกี่ยวกับความรู้สึกในขณะที่อยู่ในห้องทดลองตามแบบวัดค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศ และ ช่วงที่ 3 เป็นแบบสอบถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นโดยอิสระเกี่ยวกับความรู้สึก ความต้องการและข้อเสนอแนะบางประการในงานวิจัยครั้งนี้ ตามรายละเอียดในภาคผนวก ก

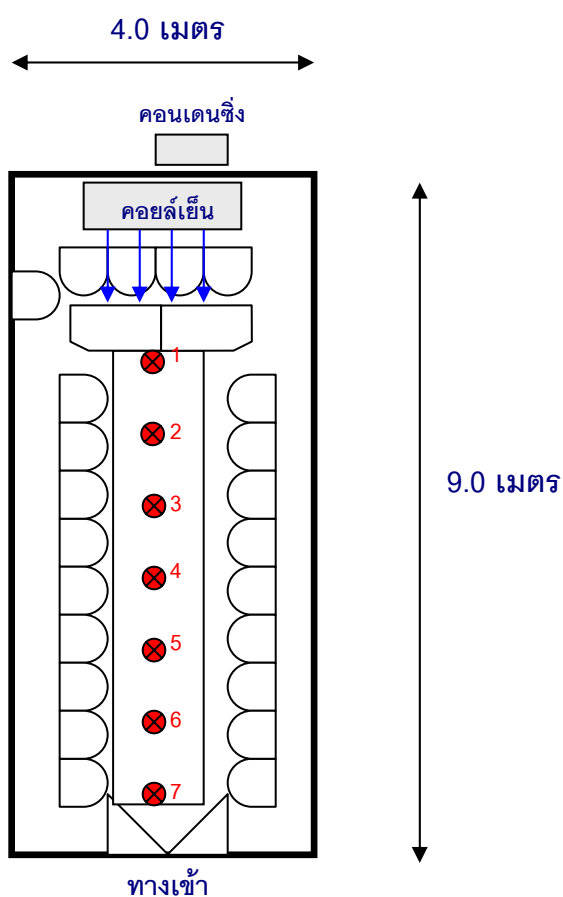
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ทำการเก็บบันทึกข้อมูลตามตารางบันทึกข้อมูล และแบบสอบถามความรู้สึกในสภาพอากาศ ดังนี้

1) ความเร็วลมภายในห้องที่ทำการทดลอง โดยตารางบันทึกข้อมูลความเร็วลมของแต่ละจุดตามผังห้องทดลอง แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปประกอบการวิเคราะห์ในเรื่องของความรู้สึกกับสภาพอากาศ ดังภาพประกอบ 27, 28, 29

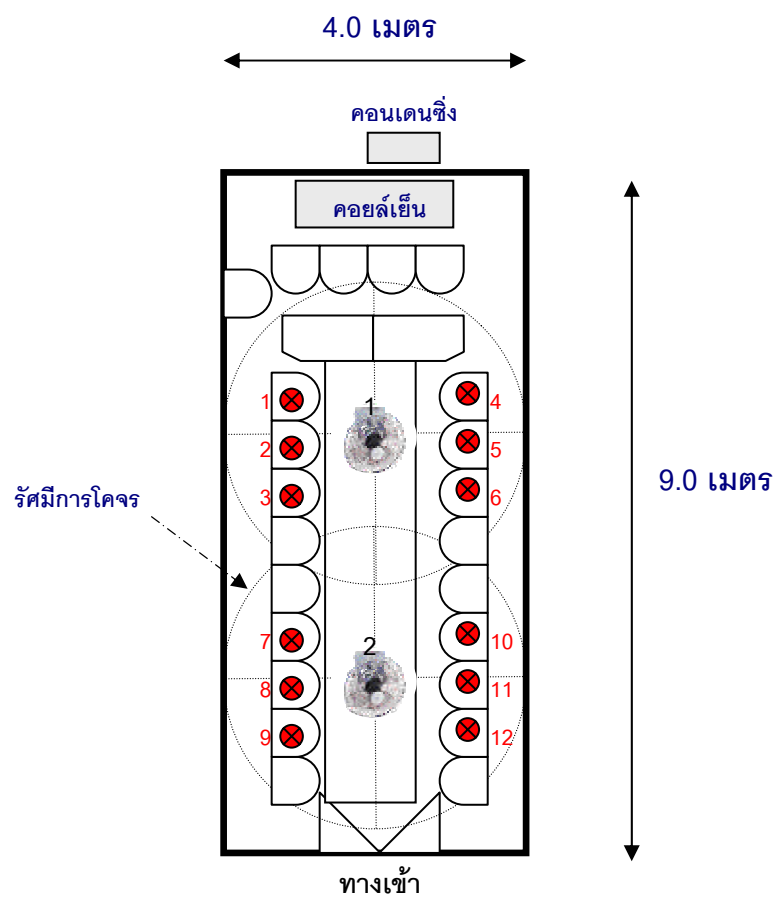
2) ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Thermometer), เครื่องวัดไฟฟ้า (Kilo watt hour meter) และเครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) โดยตารางบันทึกข้อมูลจะประกอบไปด้วยช่องบันทึก ระดับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และระดับความเร็วลม ทุกๆ 15 นาที ตามแบบตารางบันทึกข้อมูล โดยการทดลองในช่วงเวลากลางวัน ครั้งละ 3 ชั่วโมง ที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส

3) แบบสอบถามความรู้สึกและความพึงพอใจในสภาวะอากาศ ในแบบสอบถาม จะแบ่งคำถามเป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 ถามเกี่ยวกับข้อมูลบางประการของผู้ตอบแบบสอบถาม ช่วงที่ 2 ถามเกี่ยวกับความรู้สึก ในขณะที่อยู่ในห้องทดลอง และ ช่วงที่ 3 เป็นแบบสอบถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นโดยอิสระเกี่ยวกับความรู้สึก ความต้องการ และข้อเสนอแนะบางประการในงานวิจัย โดยช่วงเวลาในการแจกแบบสอบถามจะทิ้งช่วงให้ผู้ใช้งานเข้าอยู่ในห้องทดลองก่อน 1 ชั่วโมง เพื่อให้มีการปรับตัวกับสภาพอากาศ



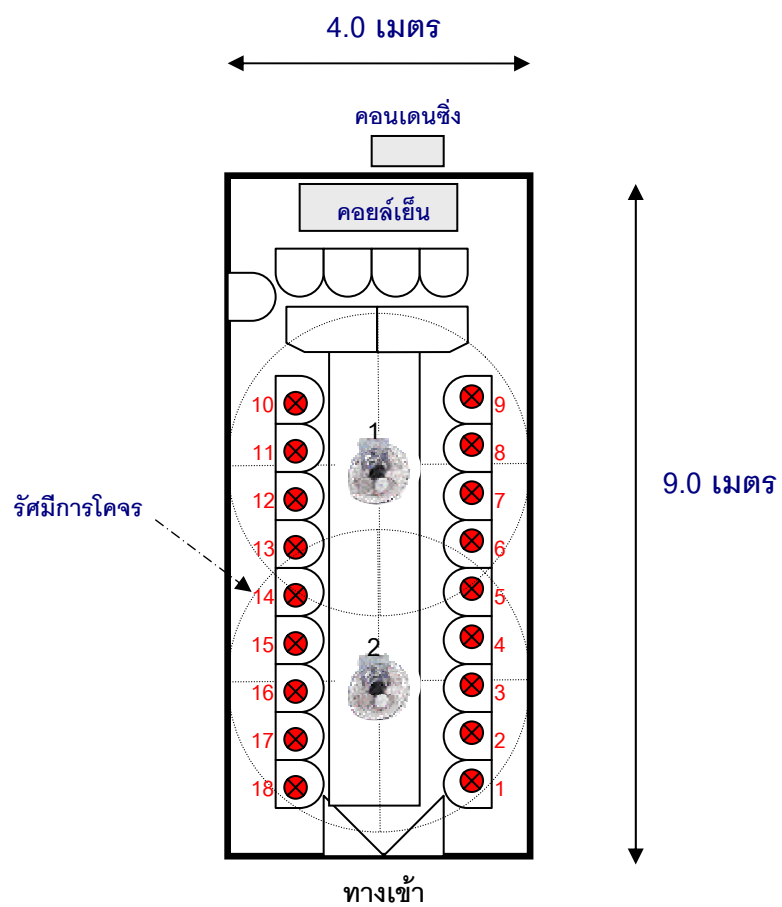
✗ จุดวัดความเร็วลม เครื่องปรับอากาศ

ภาพประกอบ 27 ผังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดวัดค่า ความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศ



✗ จุดวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม

ภาพประกอบ 28 ฟังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดวัดค่า ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น



⊗ จุดวัดค่าความเร็วลมของพัดลม

ภาพประกอบ 29 ผังห้องทดลอง แสดงตำแหน่งจุดที่ทำการวัดค่าความเร็วลมของพัดลม
ตามจุดที่มีเก้านั่ง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลได้แบ่งเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไปของเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตัวแปร เพศ อายุ ความต้านทานเครื่องแต่งกาย และค่าดัชนีมวลกาย โดยการแจกแจงความถี่ และค่าร้อยละ

ตอนที่ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้า

เป็นการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ-ความชื้น ภายในและภายนอกห้องที่ทำการทดลอง จากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดร่วมกับพัดลม

ตอนที่ 3 สภาวะสบายของผู้ใช้งานภายในห้องปรับอากาศ

เป็นการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวน ของค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ในแต่ละอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในห้องทดลอง โดยแยกเป็นค่าความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นในอากาศ ความรู้สึกกับสภาพอากาศ และการยอมรับต่อสภาพอากาศ

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการลงทุนติดตั้งพัดลมไฟฟ้า ในการเปิดใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศ โดยคำนวณจากช่วงเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ในแต่ละครั้งๆ ละ 6 ชั่วโมงต่อวัน หาผลรวมของค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นรายวัน และรวมเป็นรายปี

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยการศึกษารายละเอียดต่างๆ แนวคิดทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ในช่วงอุณหภูมิสบาย เปรียบเทียบระหว่างการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลม ทดลองในห้องเรียน ผู้ใช้งานเป็นนิสิต ต่อกิจกรรมนั่งฟังบรรยาย โดยสร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ตารางบันทึกข้อมูลระดับอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเร็วลม และค่าพลังงานไฟฟ้า ส่วนแบบสอบถามความรู้สึกต่อสภาพอากาศได้ประยุกต์แบบสอบถามของ ISO 10551: 1995 (E) สเกล, ASHRAE สเกล, เบดฟอร์ดสเกล, คอมฟอร์ทสเกล และ เรฟเฟอเรนซ์สเกล มาทำการวิเคราะห์โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตัวแปร เพศ อายุ ความต้านทานเครื่องแต่งกาย และค่าดัชนีมวลกาย ดังแสดงใน ตาราง 11-12

ตาราง 11 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามตัวแปร เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย และ ความต้านทานเครื่องแต่งกาย

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	10	90.9
หญิง	1	9.1
รวม	11	100
2. อายุ		
21-30	8	72.7
31-40	2	18.2
41-50	1	9.1
รวม	11	100

ตาราง 11 (ต่อ)

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
3. ดัชนีมวลกาย		
ปกติ (BMI 18.5-25)	6	54.6
อ้วน (BMI >25)	5	45.4
รวม	11	100

ตาราง 12 ความต้านทานเครื่องแต่งกาย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวแปร	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
4. ความต้านทานเครื่องแต่งกาย (clo)	0.35	0.64	0.5686	.05985

จากตาราง 11 และ 12 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามดังนี้ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษามีจำนวน 11 คน เป็นชาย 10 คน คิดเป็นร้อยละ 90.9 เป็นผู้หญิง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 แยกเป็นช่วงอายุระหว่าง 21-30 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 72.7 ช่วงอายุระหว่าง 31-40 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 18.2 ช่วงอายุระหว่าง 41-50 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และผลจากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีมวลกาย พบว่ากลุ่มตัวอย่าง มีผู้ที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 54.6 และผู้ที่อยู่ในเกณฑ์อ้วน จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 45.4 และจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีมวลกาย กับความรู้สึกต่อสภาพอากาศ พบว่าคนที่อยู่ในเกณฑ์อ้วน มีความรู้สึกมักจะร้อนกว่าผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 23.3 ผู้ที่อยู่ในเกณฑ์ปกติ มีความรู้สึกต่ออากาศปกติ คิดเป็นร้อยละ 64.20 และมีความรู้สึกเย็นกว่าผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 12.5 จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่ากลุ่มทดลองในครั้งนี้ส่วนใหญ่ยังมีความรู้สึกต่อสภาพอากาศปกติ ส่วนค่าความต้านทานเครื่องแต่งกาย พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการแต่งกายส่วนใหญ่เป็นเสื้อเชิต กางเกงขายาว และสวมรองเท้าหุ้มส้น ค่าเฉลี่ยเครื่องแต่งกายอยู่ที่ 0.5686 clo

ตอนที่ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า อุณหภูมิ และความชื้น จากการใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้ร่วมกับพัดลม ที่ระดับความเร็วลมสวิตช์เบอร์ 1-2

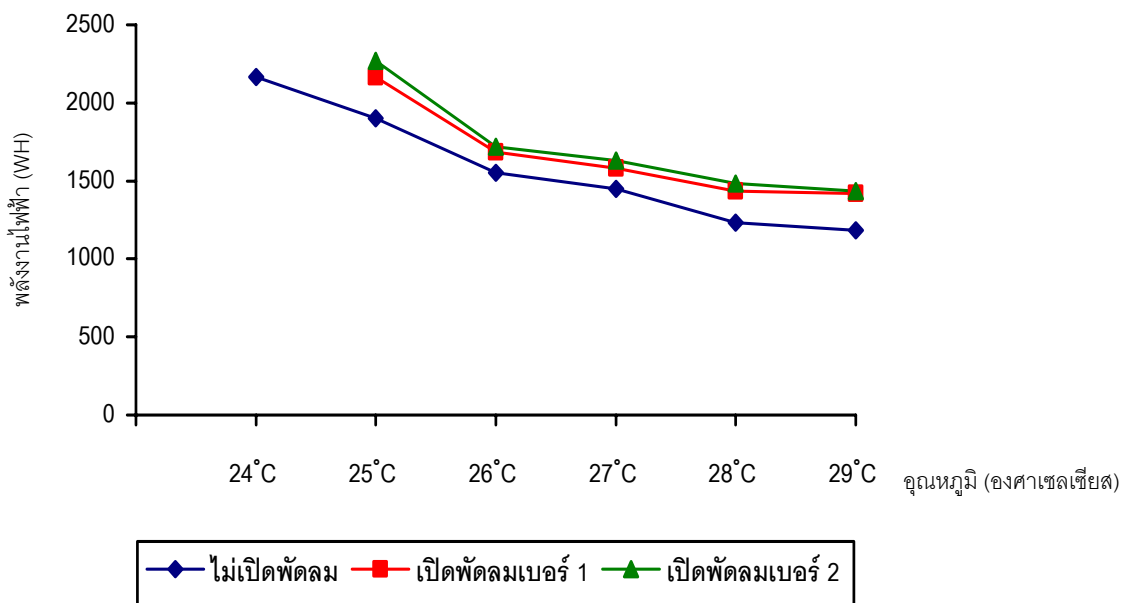
ความเร็วลมที่จุดวัดเก้านั่งเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที แยกตามการตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศตั้งแต่อุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส และแยกระหว่างมีโหลด กับไม่มีโหลด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลแบบไม่มีโหลด แยกตามระดับอุณหภูมิ และระดับความเร็วลมที่พัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมที่จุดวัดเก้านั่งเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที ดังแสดงใน ตาราง 13

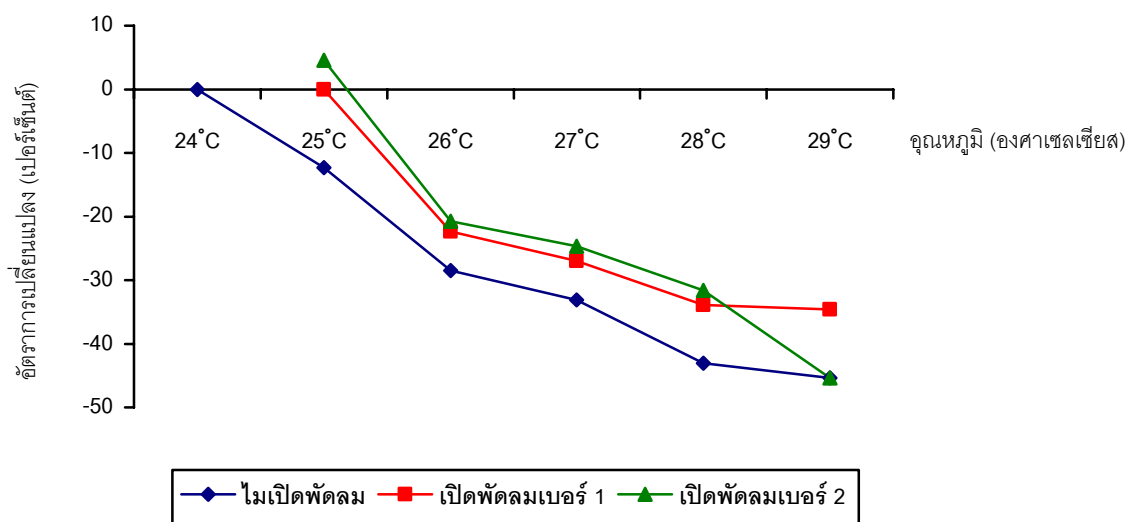
ตาราง 13 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบไม่มีโหลด ของการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว และการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมที่ระดับความเร็วลม สวิตช์ควบคุมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละค่าอุณหภูมิ

การตั้งค่า อุณหภูมิ- พัดลม (°C-speed)	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้				ปริมาณ พลังงาน ไฟฟ้า (WH)	ค่าพลังงาน ไฟฟ้า เทียบกับ 24-0 (%)
	ภายในห้องทดลอง อุณหภูมิ	ภายในห้องทดลอง ความชื้น	ภายนอกห้องทดลอง อุณหภูมิ	ภายนอกห้องทดลอง ความชื้น		
	(°C)	(%)	(°C)	(%)		
24-0	24.56	56.18	35.579	53.50	2,167	0.00
25-0	25.05	61.58	32.09	53.83	1,900	-12.32
25-1	25.41	56.50	33.80	53.25	2,167	0.00
25-2	25.49	56.87	33.95	53.75	2,267	4.61
26-0	26.49	71.72	30.55	58.25	1,550	-28.47
26-1	26.69	70.12	31.60	55.50	1,683	-22.34
26-2	26.65	70.10	31.87	55.62	1,717	-20.77
27-0	27.50	79.02	32.39	56.50	1,450	-33.09
27-1	27.63	75.12	32.56	56.04	1,583	-26.95
27-2	27.59	75.18	32.30	56.50	1,633	-24.64
28-0	28.13	78.75	31.97	66.91	1,233	-43.10
28-1	28.01	78.95	31.72	61.91	1,433	-33.87
28-2	28.03	78.47	31.96	62.33	1,483	-31.56
29-0	29.32	72.31	33.69	50.75	1,183	-45.41
29-1	29.83	72.02	32.98	53.50	1,417	-34.61
29-2	29.70	71.14	33.16	54.20	1,433	-33.87

จากตาราง 13 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามการตั้งค่าแต่ละอุณหภูมิ โดยเปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่า จากการตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 12.32, การตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง คิดเป็นร้อยละ 0.0, การตั้งอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 4.61, การตั้งอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 28.47, การตั้งอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 22.34, การตั้งอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 20.77, การตั้งอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 33.09, การตั้งอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 26.95, การตั้งอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 24.64, การตั้งอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 43.10, การตั้งอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 33.87, การตั้งอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 31.56, การตั้งอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 45.41, การตั้งอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 34.61, การตั้งอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 33.87 ผลจากการบันทึกข้อมูลสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12.32 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ทั้งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะอากาศภายนอก และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ



ภาพประกอบ 30 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที (แบบไม่มีโหลด)



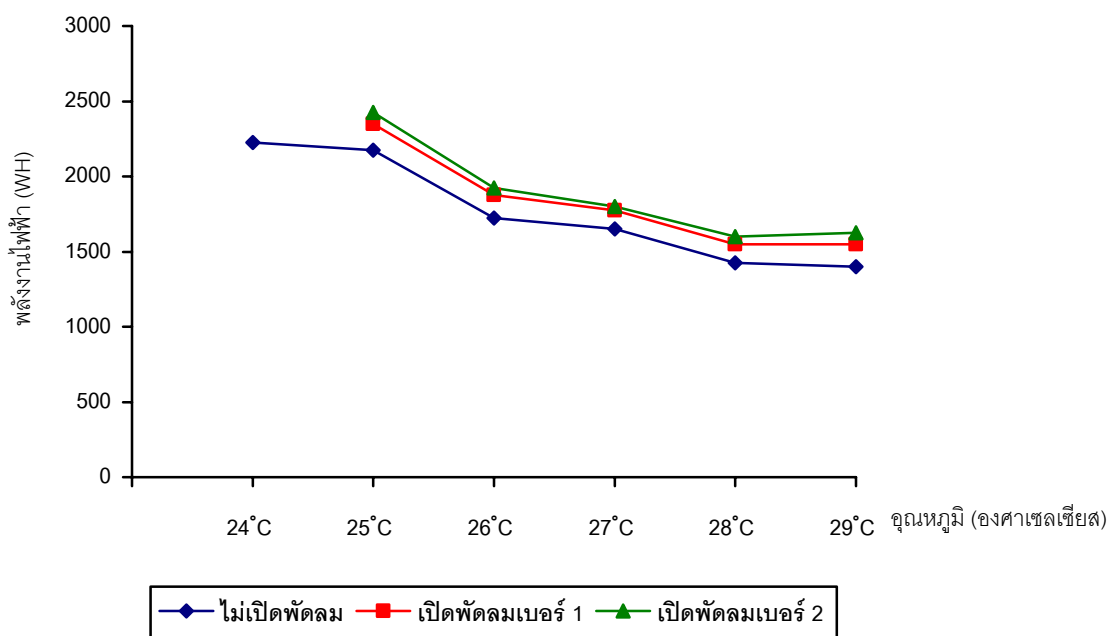
ภาพประกอบ 31 แผนภูมิแสดงอัตราการลดลงของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ระหว่างการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที (แบบไม่มีโหลด)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลแบบมีโหลด โดยแยกตามระดับอุณหภูมิ และระดับความเร็วลมที่พัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตาราง 14

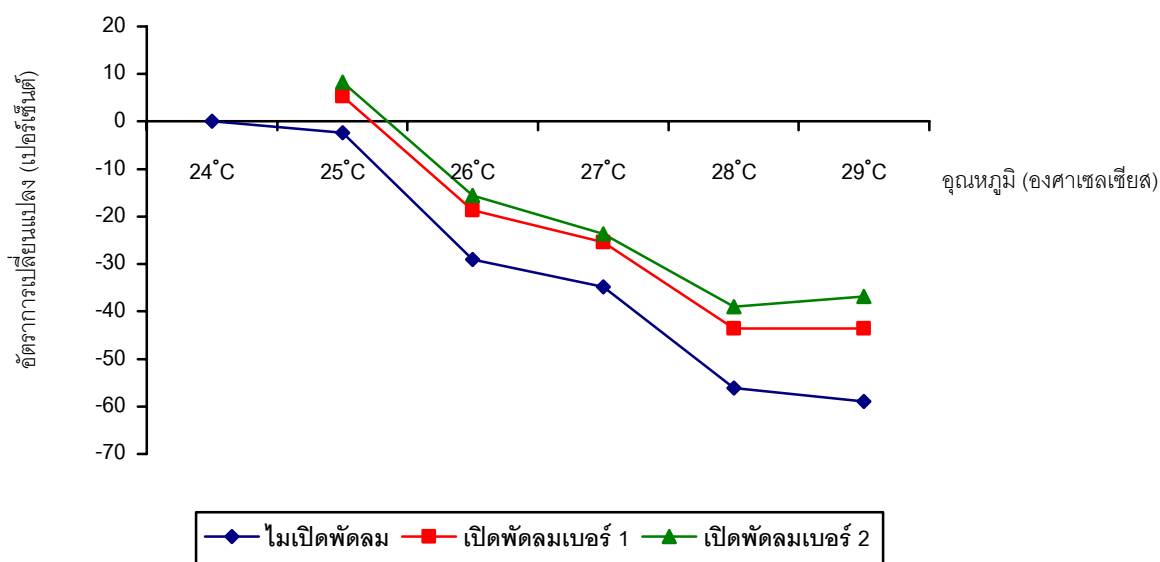
ตาราง 14 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบมีโหลด ของการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว และการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมที่ระดับความเร็วลม สวิตช์ควบคุมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละค่าอุณหภูมิ

การตั้งค่า อุณหภูมิ- พัดลม (°C-speed)	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้				ปริมาณ พลังงาน ไฟฟ้า (WH)	ค่าพลังงาน ไฟฟ้า เทียบกับ 24-0 (%)
	ภายในห้องทดลอง อุณหภูมิ (°C)	ภายในห้องทดลอง ความชื้น (%)	ภายนอกห้องทดลอง อุณหภูมิ (°C)	ภายนอกห้องทดลอง ความชื้น (%)		
24-0	24.40	51.66	35.65	51.50	2,225	0.00
25-0	25.10	55.33	37.15	53.00	2,175	-2.30
25-1	25.10	55.33	37.15	53.00	2,350	5.32
25-2	25.50	59.33	34.45	64.00	2,425	8.25
26-0	26.10	60.66	34.40	58.00	1,725	-28.99
26-1	26.47	57.33	33.80	58.00	1,875	-18.67
26-2	26.60	55.00	33.15	54.50	1,925	-15.58
27-0	27.43	69.33	34.20	57.50	1,650	-34.85
27-1	27.33	69.67	33.80	63.50	1,775	-25.35
27-2	27.47	63.00	34.3	61.50	1,800	-23.61
28-0	28.00	63.66	36.95	47.00	1,425	-56.14
28-1	28.63	62.00	37.55	51.00	1,550	-43.55
28-2	28.50	62.67	37.55	54.50	1,600	-39.06
29-0	29.43	63.33	35.45	45.50	1,400	-58.93
29-1	29.6	64.33	35.7	46.50	1,550	-43.55
29-2	29.63	63.33	35.45	47.5	1,625	-36.92

จากตาราง 14 เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามการตั้งค่าแต่ละอุณหภูมิ โดยเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่า จากการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 2.30, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 5.32, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 8.25, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 28.99, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 18.67, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 15.58, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 34.85, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 25.35, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 23.61, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 56.14, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 43.55, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 28 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 39.06, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 58.93, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 43.55, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 36.92 ผลจากการบันทึกข้อมูลสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในสภาวะที่มีโหลดภายในห้องทดลองพบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.3 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ทั้งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะอากาศภายนอกห้อง สภาพกิจกรรมของผู้ที่อยู่ในห้อง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ



ภาพประกอบ 32 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพียงอย่างเดียว กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) แบบมีโหลด



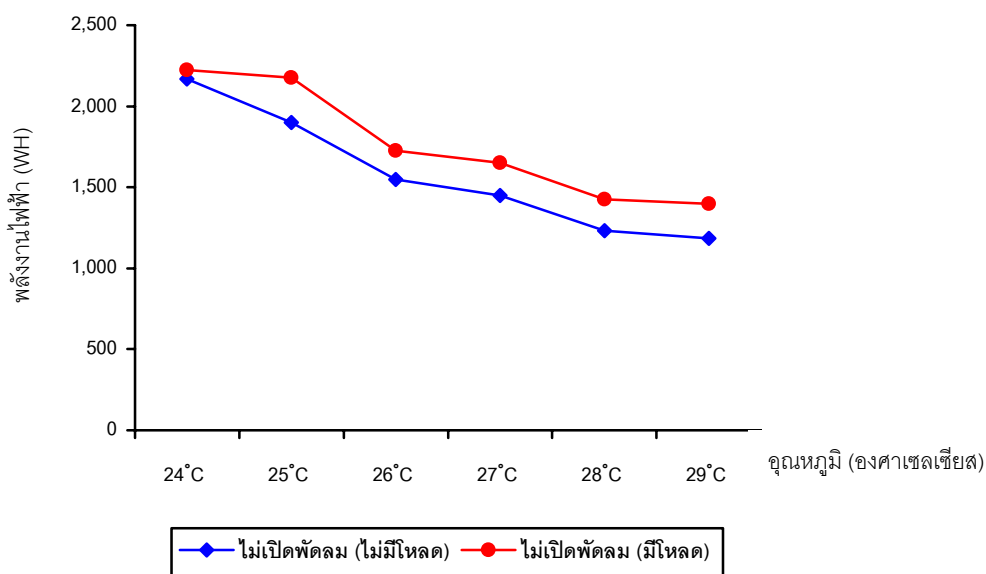
ภาพประกอบ 33 แผนภูมิแสดงอัตราการลดลงของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง ระหว่างการเปิด ใช้เครื่องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส กับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที) แบบมีโหลด

3. วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แบบไม่มีโหลด กับแบบมีโหลด แยกตามระดับอุณหภูมิ และความเร็วลมที่พัดลมไฟฟ้าเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตาราง 15

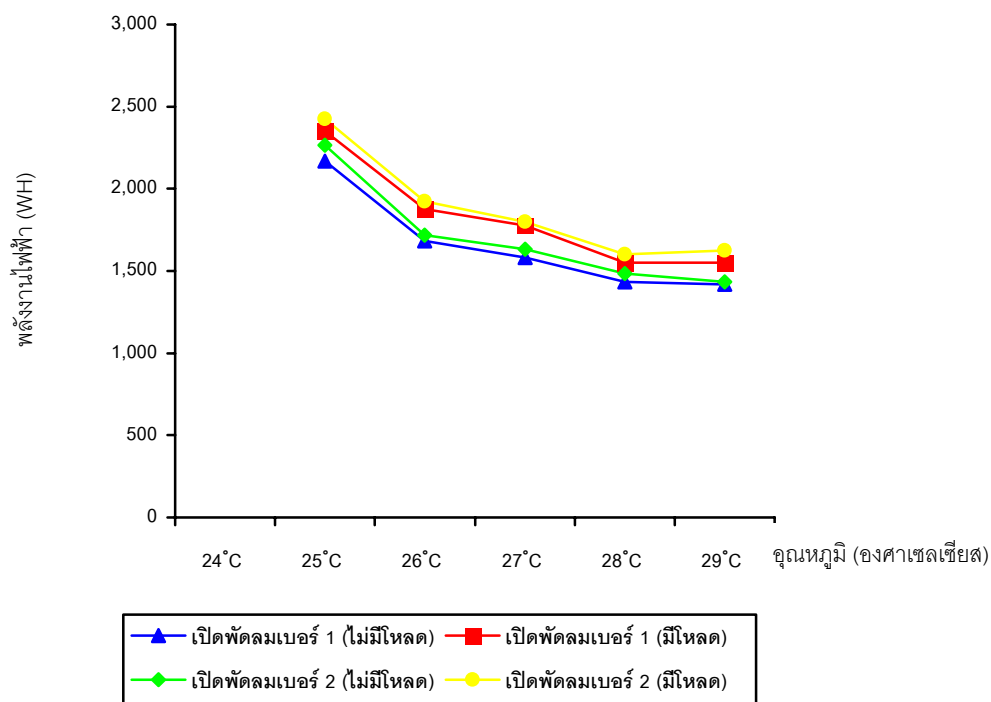
ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ และพลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงระหว่างมีโหลดและไม่มีโหลด ในห้องทดลอง

การตั้งค่า อุณหภูมิ-พัดลม (°C-speed)	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและพลังงานไฟฟ้า				ความแตกต่าง ของปริมาณ พลังงานไฟฟ้า (Un Ld-Ld) (%)
	แบบไม่มีโหลด (Un Ld)		แบบมีโหลด (Ld)		
	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพลังงาน	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพลังงาน	
		ไฟฟ้า (w./hr.)		ไฟฟ้า (WH)	
24-0	24.56	2,167	24.40	2,225	2.68
25-0	25.05	1,900	25.10	2,175	14.47
25-1	25.41	2,167	25.10	2,350	8.44
25-2	25.49	2,267	25.50	2,425	6.97
26-0	26.49	1,550	26.10	1,725	11.29
26-1	26.69	1,683	26.47	1,875	11.41
26-2	26.65	1,717	26.60	1,925	12.11
27-0	27.50	1,450	27.43	1,650	13.79
27-1	27.63	1,583	27.33	1,775	12.13
27-2	27.59	1,633	27.47	1,800	10.23
28-0	28.13	1,233	28.00	1,425	15.57
28-1	28.01	1,433	28.63	1,550	8.16
28-2	28.03	1,483	28.50	1,600	7.89
29-0	29.32	1,183	29.43	1,400	18.34
29-1	29.83	1,417	29.6	1,550	9.39
29-2	29.70	1,433	29.63	1,625	13.40

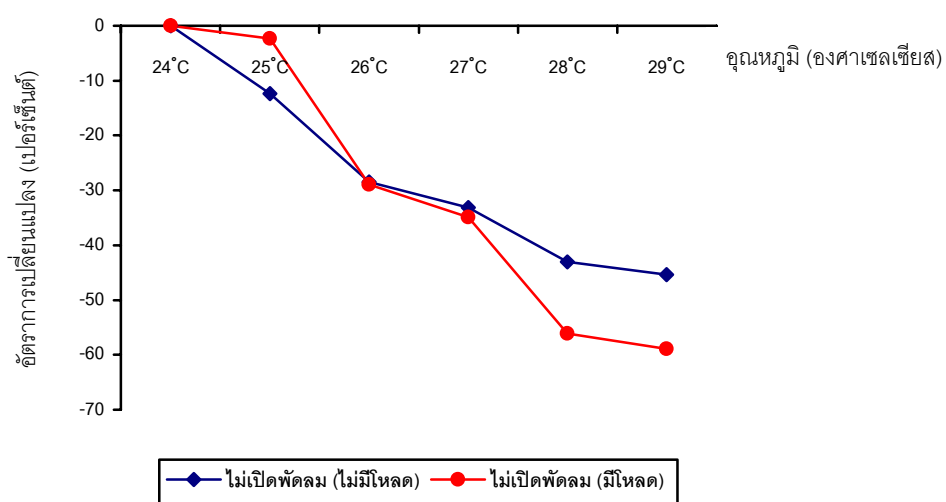
จากตาราง 15 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงระหว่างไม่มีโหลดกับมีโหลด และผลจากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าแบบมีโหลด เพิ่มขึ้นจากไม่มีโหลด ดังนี้ ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 24-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 2.68 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 25-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 14.47 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 25-1 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 8.44 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 25-2 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.97 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 26-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 11.29 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 26-1 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 11.41 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 26-2 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 12.11 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 27-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 13.79 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 27-1 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 12.13 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 27-2 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 10.23 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 28-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 15.57 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 28-1 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 8.16 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 28-2 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 7.89 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 29-0 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 18.34 ค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 29-1 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 9.39 และค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ 29-2 เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 13.40 โดยค่าเฉลี่ยระหว่างไม่มีโหลดกับมีโหลด คิดเป็นร้อยละ 11.02 และผลจากการบันทึกข้อมูลสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในสภาวะที่มีโหลด และไม่มีโหลดภายในห้องทดลองพบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลง แต่ทั้งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะอากาศภายนอกห้อง สภาพกิจกรรมของผู้ที่อยู่ในห้อง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ



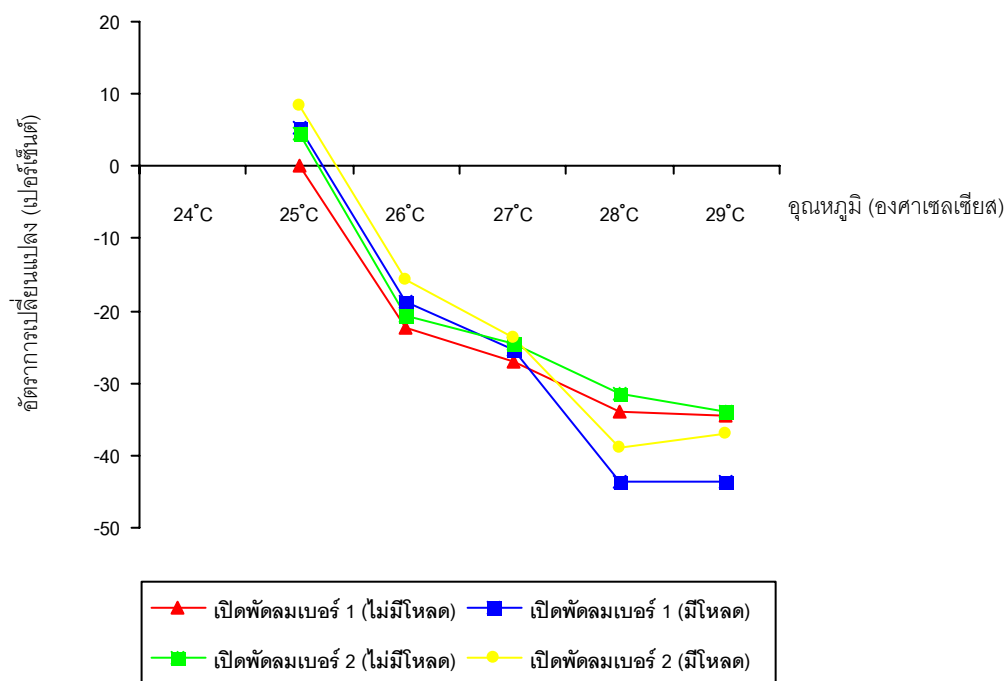
ภาพประกอบ 34 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ
เพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบระหว่างมีโหลดกับไม่มีโหลด



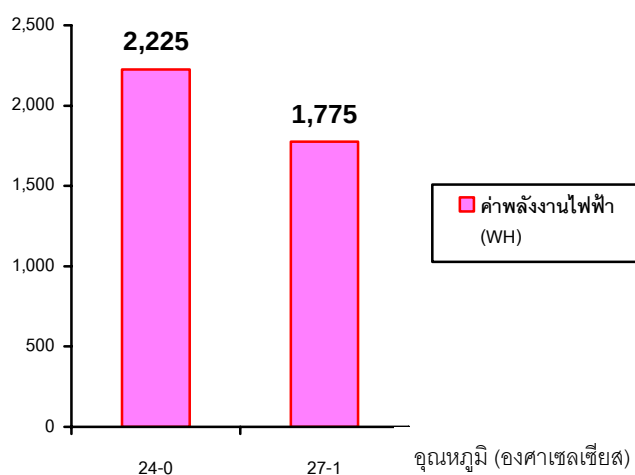
ภาพประกอบ 35 แผนภูมิแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบระหว่างมีโหลดกับไม่มีโหลด



ภาพประกอบ 36 แผนภูมิแสดงอัตราร้อยละของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว ที่ระดับอุณหภูมิ 24-29 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบระหว่างมีโหลดกับไม่มีโหลด



ภาพประกอบ 37 แผนภูมิแสดงอัตราการย่อยละของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 25-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที เปรียบเทียบระหว่างมีโหลดกับไม่มีโหลด



ภาพประกอบ 38 แผนภูมิแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง เมื่อเทียบระหว่างเปิดใช้งานที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส กับ 27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที)

ตาราง 16 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม

การเปิดใช้งาน พัดลมไฟฟ้า	เครื่องที่ 1 (WH)	เครื่องที่ 2 (WH)	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (WH)
เบอร์ 1	46.2	48.4	94.6
เบอร์ 2	50.6	52.8	103.4
เบอร์ 3	61.6	63.8	125.4

จากตารางที่ 16 เป็นการแสดงค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากการทำงานเต็มชั่วโมงของพัดลมไฟฟ้า ทั้งสองเครื่องที่ใช้ในการทดลอง โดยเครื่องวัดเพาเวอร์แคลมป์มิเตอร์

ตาราง 17 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ชุดคอยล์เย็น (WH)	ชุดคอนเดนซิงยูนิต (WH)	ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (WH)
171.6	2,855.6	3,027.2

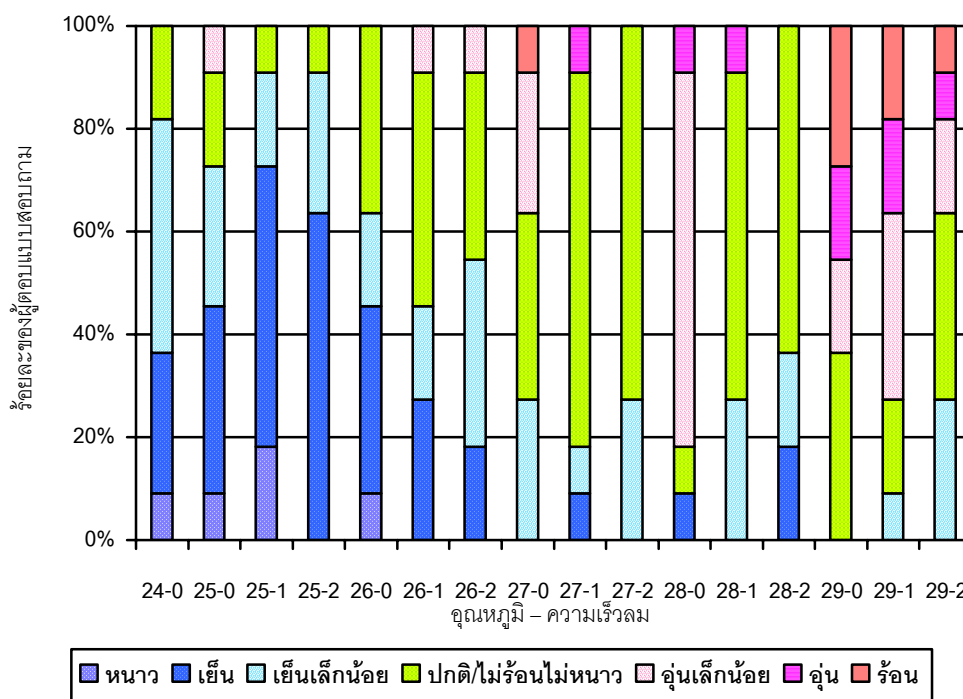
จากตารางที่ 17 เป็นการแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากการทำงานเต็มชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง โดยเครื่องวัดเพาเวอร์แคลมป์มิเตอร์

ตอนที่ 3 สภาวะสบายของผู้ใช้งานภายในห้องปรับอากาศ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวน ของความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ในแต่ละอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างในห้องทดลอง โดยแยกเป็นค่าความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นในอากาศ ความรู้สึกกับสภาพอากาศ และการยอมรับต่อสภาพอากาศ ต่อการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว เปรียบเทียบกับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลมไฟฟ้าที่ระดับความเร็วลมสวิตช์ควบคุมเบอร์ 1 และเบอร์ 2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที แยกตามการตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศตั้งแต่อุณหภูมิ 24, 25, 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส ตามตารางการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 18 ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ

อุณหภูมิ- ความเร็วลม (°C-speed)	ความชื้น (%)	หนาว (-3)	เย็น (-2)	เย็น เล็กน้อย (-1)	ปกติ/ไม่ร้อน ไม่หนาว (0)	อุ่น เล็กน้อย (1)	อุ่น (2)	ร้อน (3)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Std. Deviation)	แปลผล
24-0	51.66	1	3	5	2	0	0	0	-1.27	.905	เย็นเล็กน้อย
25-0	55.33	1	4	3	2	1	0	0	-1.18	1.168	เย็นเล็กน้อย
25-1	55.33	2	6	2	1	0	0	0	-1.82	.874	เย็น
25-2	59.33	0	7	3	1	0	0	0	-1.55	.688	เย็น
26-0	60.66	1	4	2	4	0	0	0	-1.18	1.079	เย็นเล็กน้อย
26-1	57.33	0	3	2	5	1	0	0	-.64	1.027	เย็นเล็กน้อย
26-2	55.00	0	2	4	4	1	0	0	-.64	.924	เย็นเล็กน้อย
27-0	69.33	0	0	3	4	3	0	1	.27	1.191	ปกติ
27-1	69.67	0	1	1	8	0	1	0	-.09	.944	ปกติ
27-2	63.00	0	0	3	8	0	0	0	-.27	.467	ปกติ
28-0	63.66	0	1	0	1	8	1	0	.73	1.009	อุ่นเล็กน้อย
28-1	62.00	0	0	3	7	0	1	0	-.09	.831	ปกติ
28-2	62.67	0	2	2	7	0	0	0	-.55	.820	เย็น
29-0	63.33	0	0	0	4	2	2	3	1.36	1.286	อุ่นเล็กน้อย
29-1	64.33	0	0	1	2	4	2	2	1.18	1.250	อุ่นเล็กน้อย
29-2	63.33	0	0	3	4	2	1	1	.36	1.286	ปกติ



ภาพประกอบ 39 แผนภูมิแสดงความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ

จากตารางที่ 18 และแผนภูมิภาพประกอบที่ 39 เป็นการวิเคราะห์ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ จากการวิเคราะห์พบว่า ความรู้สึกเย็นเล็กน้อย อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส และ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 ความรู้สึกเย็น อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 และ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ความรู้สึกปกติ อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ระดับอุณหภูมิ 27-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 และ 27, 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 และความรู้สึกอุ่นเล็กน้อย อยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1

ตาราง 19 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ระหว่างกลุ่ม	148.494	15	9.900	9.734	.000
ภายในกลุ่ม	162.727	160	1.017		
รวมทั้งหมด	311.222	175			

จากตาราง 19 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

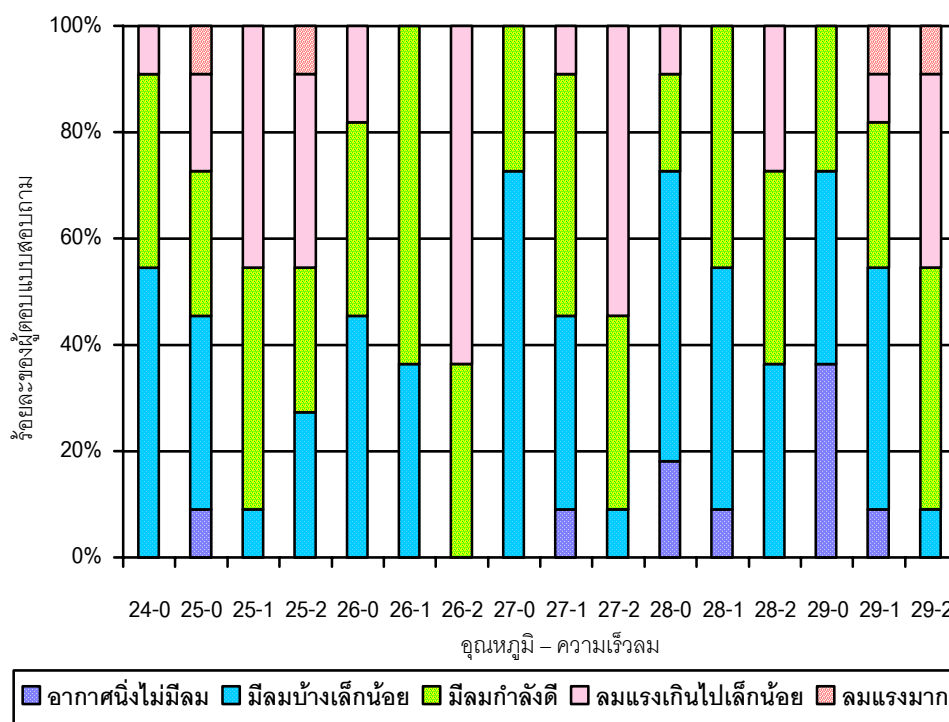
ตาราง 20 ความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ-ความเร็วลม	ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ (Mean Difference (I-J))	นัยสำคัญ (Significance)
24 °C – 25 °C	-.091	.833
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 1	.545	.206
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 2	.273	.527
24 °C – 26 °C	-.091	.833
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 1	-.636	.141
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 2	-.636	.141
24 °C – 27 °C	-1.545*	.000
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 1	-1.182*	.007
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 2	-1.000*	.021
24 °C – 28 °C	-2.000*	.000
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 1	-1.182*	.007
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 2	-.727	.093
24 °C – 29 °C	-2.636*	.000
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 1	-2.455*	.000
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 2	-1.636*	.000

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 27-29 องศาเซลเซียส และ 27-29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1-2 มีความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ส่วนการตั้งค่าที่ระดับ 25-26 องศาเซลเซียส, 25-26 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1-2 มีความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 21 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร

อุณหภูมิ- ความเร็วลม	ความชื้น (%)	อากาศนี้ ไม่มีลม (0)	มีลมบ้าง เล็กน้อย (1)	มีลม กำลังดี (2)	ลมแรงเกิน ไปเล็กน้อย (3)	ลมแรงมาก (4)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Std. Deviation)	แปลผล
24-0	51.66	0	6	4	1	0	1.55	.688	มีลมกำลังดี
25-0	55.33	1	4	3	2	1	1.82	1.168	มีลมกำลังดี
25-1	55.33	0	1	5	5	0	2.36	.674	มีลมกำลังดี
25-2	59.33	0	3	3	4	1	2.27	1.009	มีลมกำลังดี
26-0	60.66	0	5	4	2	0	1.73	.786	มีลมกำลังดี
26-1	57.33	0	4	7	0	0	1.64	.505	มีลมกำลังดี
26-2	55.00	0	0	4	7	0	2.64	.505	มีลมกำลังดี
27-0	69.33	0	8	3	0	0	1.27	.467	มีลมบ้างเล็กน้อย
27-1	69.67	1	4	5	1	0	1.55	.820	มีลมกำลังดี
27-2	63.00	0	1	4	6	0	2.45	.688	มีลมกำลังดี
28-0	63.66	2	6	2	1	0	1.18	.874	มีลมบ้างเล็กน้อย
28-1	62.00	1	5	5	0	0	1.36	.674	มีลมบ้างเล็กน้อย
28-2	62.67	0	4	4	3	0	1.91	.831	มีลมกำลังดี
29-0	63.33	4	4	3	0	0	.91	.831	มีลมบ้างเล็กน้อย
29-1	64.33	1	5	3	1	1	1.64	1.120	มีลมกำลังดี
29-2	63.33	0	1	5	4	1	2.64	1.286	ลมแรงเกินไปเล็กน้อย



ภาพประกอบ 40 แผนภูมิแสดงความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร

จากตารางที่ 21 และแผนภูมิภาพประกอบที่ 40 เป็นการวิเคราะห์ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร จากการวิเคราะห์พบว่า มีลมกำลังดี อยู่ในระดับอุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียส, 25-27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2, 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 มีลมบ้างเล็กน้อย อยู่ในระดับอุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส และ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 มีลมแรงเกินไปเล็กน้อย อยู่ในระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 2

ตาราง 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ระหว่างกลุ่ม	46.341	15	3.089	4.371	.000
ภายในกลุ่ม	113.091	160	.707		
รวมทั้งหมด	159.432	175			

จากตาราง 22 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร โดยนำมาพิจารณา เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

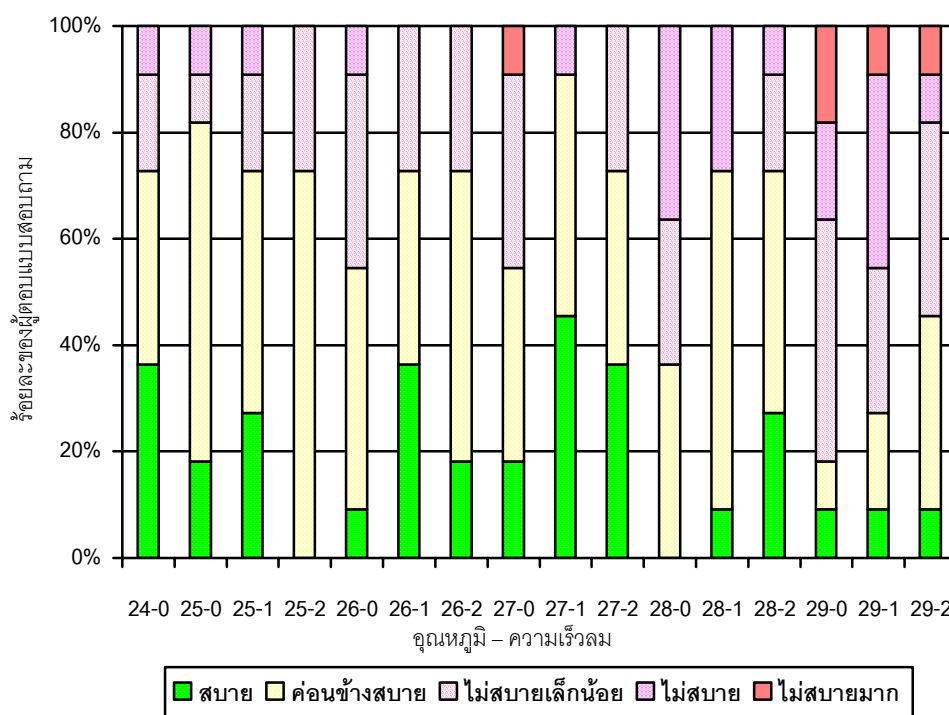
ตาราง 23 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร เปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ-ความเร็วลม	ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ (Mean Difference (I-J))	นัยสำคัญ (Significance)
24 °C – 25 °C	-.273	.448
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 1	-.818*	.024
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 2	-.727*	.044
24 °C – 26 °C	-.182	.613
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 1	-.091	.800
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 2	-1.091*	.003
24 °C – 27 °C	.273	.448
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 1	.000	1.000
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 2	-.909*	.012
24 °C – 28 °C	.364	.312
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 1	.182	.613
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 2	-.364	.312
24 °C – 29 °C	.636	.078
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 1	-.091	.800
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 2	-1.091*	.003

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร พบว่าการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 1-2, 26-27 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 2 และ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 มีความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ส่วนการตั้งค่าที่ระดับ 26-29 องศาเซลเซียส, 26-29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 และ 28 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 มีความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 24 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้อย่างไร

อุณหภูมิ- ความเร็วลม	ความชื้น (%)	สบาย (0)	ค่อนข้าง สบาย (1)	ไม่สบาย เล็กน้อย (2)	ไม่สบาย (3)	ไม่สบายมาก (4)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (Std. Deviation)	แปลผล
24-0	51.66	4	4	2	1	0	1.00	1.000	ค่อนข้างสบาย
25-0	55.33	2	7	1	1	0	1.09	.831	ค่อนข้างสบาย
25-1	55.33	3	5	2	1	0	1.09	.944	ค่อนข้างสบาย
25-2	59.33	0	8	3	0	0	1.27	.467	ค่อนข้างสบาย
26-0	60.66	1	5	4	1	0	1.45	.820	ค่อนข้างสบาย
26-1	57.33	4	4	3	0	0	.91	.831	ค่อนข้างสบาย
26-2	55.00	2	6	3	0	0	1.09	.701	ค่อนข้างสบาย
27-0	69.33	2	4	4	0	1	1.45	1.128	ค่อนข้างสบาย
27-1	69.67	5	5	0	1	0	.73	.905	ค่อนข้างสบาย
27-2	63.00	4	4	3	0	0	.91	.831	ค่อนข้างสบาย
28-0	63.66	0	4	3	4	0	2.00	.894	ไม่สบายเล็กน้อย
28-1	62.00	1	7	0	3	0	1.45	1.036	ค่อนข้างสบาย
28-2	62.67	3	5	2	1	0	1.09	.944	ค่อนข้างสบาย
29-0	63.33	1	1	5	2	2	2.27	1.191	ไม่สบายเล็กน้อย
29-1	64.33	1	2	3	4	1	2.18	1.168	ไม่สบายเล็กน้อย
29-2	63.33	1	4	4	1	1	1.73	1.73	ไม่สบายเล็กน้อย



ภาพประกอบ 41 แผนภูมิแสดงความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้
อย่างไร

จากตารางที่ 24 และแผนภูมิภาพประกอบที่ 41 เป็นการวิเคราะห์ความรู้สึกต่อสภาพอากาศ
ว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้อย่างไร จากการวิเคราะห์พบว่า ค่อนข้างสบาย อยู่ในระดับ
อุณหภูมิ 24-27 องศาเซลเซียส, 25-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2 ไม่สบายเล็กน้อย อยู่
ระดับอุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1-2

ตาราง 25 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศ
ขณะนี้หรือไม่อย่างไร

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ระหว่างกลุ่ม	36.449	15	2.430	2.738	.001
ภายในกลุ่ม	142.000	160	.888		
รวมทั้งหมด	178.449	175			

จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลมกับความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศเช่นนี้อย่างไร เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 25

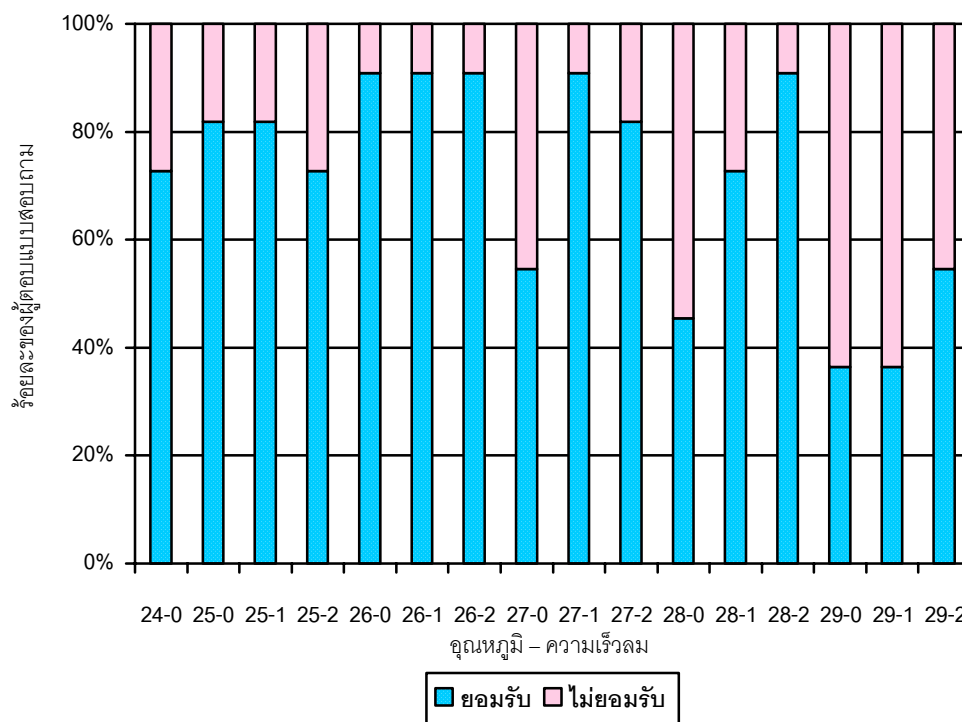
ตาราง 26 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศเช่นนี้หรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ-ความเร็วลม	ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ (Mean Difference (I-J))	นัยสำคัญ (Significance)
24 °C – 25 °C	-.091	.821
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 1	-.091	.821
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 2	-.273	.498
24 °C – 26 °C	-.455	.260
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 1	.091	.821
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 2	-.091	.821
24 °C – 27 °C	-.455	.260
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 1	.273	.498
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 2	.091	.821
24 °C – 28 °C	-1.000*	.014
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 1	-.455	.260
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 2	-.091	.821
24 °C – 29 °C	-1.273*	.002
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 1	-1.182*	.004
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 2	-.727	.072

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศเช่นนี้หรือไม่ พบว่าการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 28-29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1 มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 25-27 องศาเซลเซียส, 25-27 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 1-2, 28 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 1-2 และ 29 องศาเซลเซียส พัดลมเบอร์ 2 ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 27 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่

อุณหภูมิ-ความเร็วลม	ความชื้น (%)	ยอมรับ (0)	ไม่ยอมรับ (1)	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Deviation)	แปลผล
24-0	51.66	8	3	0.27	.467	ยอมรับ
25-0	55.33	9	2	0.18	.405	ยอมรับ
25-1	55.33	9	2	0.18	.405	ยอมรับ
25-2	59.33	8	3	0.27	.467	ยอมรับ
26-0	60.66	10	1	0.09	.302	ยอมรับ
26-1	57.33	10	1	0.09	.302	ยอมรับ
26-2	55.00	10	1	0.09	.302	ยอมรับ
27-0	69.33	6	5	0.45	.522	ยอมรับ
27-1	69.67	10	1	0.09	.302	ยอมรับ
27-2	63.00	9	2	0.18	.405	ยอมรับ
28-0	63.66	5	6	0.55	.522	ไม่ยอมรับ
28-1	62.00	8	3	0.27	.467	ยอมรับ
28-2	62.67	10	1	0.09	.302	ยอมรับ
29-0	63.33	4	7	0.64	.505	ไม่ยอมรับ
29-1	64.33	4	7	0.64	.505	ไม่ยอมรับ
29-2	63.33	6	5	0.45	.522	ยอมรับ



ภาพประกอบ 42 แผนภูมิแสดงความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่

จากตารางที่ 27 และแผนภูมิภาพประกอบที่ 42 เป็นการวิเคราะห์ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่ จากการวิเคราะห์พบว่า ยอมรับต่อสภาพอากาศ อยู่ในระดับอุณหภูมิ 24-27 องศาเซลเซียส, 25-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดม เบอร์ 1-2 และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดม เบอร์ 2 ไม่ยอมรับต่อสภาพอากาศ อยู่ในระดับอุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดม เบอร์ 1

ตาราง 28 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	Sig
ระหว่างกลุ่ม	6.523	15	.435	2.377	.004
ภายในกลุ่ม	29.273	160	.183		
รวมทั้งหมด	35.795	175			

จากตาราง 28 เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่ โดยนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 29 ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่ เปรียบเทียบกับค่าระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ-ความเร็วลม	ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ (Mean Difference (I-J))	นัยสำคัญ (Significance)
24 °C – 25 °C	.091	.619
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 1	.091	.619
24 °C – 25 °C พัดลม เบอร์ 2	.000	1.000
24 °C – 26 °C	.182	.320
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 1	.182	.320
24 °C – 26 °C พัดลม เบอร์ 2	.182	.320
24 °C – 27 °C	-.182	.320
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 1	.182	.320
24 °C – 27 °C พัดลม เบอร์ 2	.091	.619
24 °C – 28 °C	-.273	.137
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 1	.000	1.000
24 °C – 28 °C พัดลม เบอร์ 2	.182	.320
24 °C – 29 °C	-.364*	.048
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 1	-.364*	.048
24 °C – 29 °C พัดลม เบอร์ 2	-.182	.320

จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่ พบว่าการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส พัดลม เบอร์ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับ 25-28 องศาเซลเซียส, 25-28 พัดลม เบอร์ 1-2 และ 29 องศาเซลเซียส

พัดลมเบอร์ 2 มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการลงทุนติดตั้งพัดลมไฟฟ้า ในการเปิดใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศ โดยคำนวณจากช่วงเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ในแต่ละครั้งๆ ละ 6 ชั่วโมงต่อวัน หาผลรวมเป็นรายวัน รายเดือน และรวมเป็นรายปี

1. การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าคิดจากอัตราค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้ากำหนด (เฉพาะของอาคารคณะศึกษาศาสตร์) คูณกับจำนวนหน่วยที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าของการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เท่ากับดังนี้

$$\begin{aligned}
 1) \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (1 ชั่วโมง)} &= 2.225 \text{ kwh.} \times 3.095 \text{ บาท} \\
 &= 6.886375 \text{ บาท} \\
 2) \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี (2,190 ชั่วโมง)} &= 2,190 \times 2.225 \times 3.095 \\
 &= \underline{15,081.16 \text{ บาท}}
 \end{aligned}$$

1.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าของการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที) เท่ากับดังนี้

$$\begin{aligned}
 1) \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (1 ชั่วโมง)} &= 1.775 \text{ kwh.} \times 3.095 \text{ บาท} \\
 &= 5.493625 \text{ บาท} \\
 4) \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี (2,190 ชั่วโมง)} &= 2,190 \times 1.775 \times 3.095 \\
 &= \underline{12,031.03 \text{ บาท}}
 \end{aligned}$$

1.3 เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าต่อปี ระหว่างการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส กับ การเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 (ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที) ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าไฟฟ้าที่ลดลง} &= 15,081.16 - 12,031.03 \\
 &= \underline{3,050.13 \text{ บาท/ปี}}
 \end{aligned}$$

1.4 ระยะเวลาคืนทุน ของการลงทุนพัดลมไฟฟ้า เทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลมไฟฟ้า

มูลค่าพัดลมไฟฟ้า จำนวน 2 เครื่องๆ ละ 980 บาท	=	1,960 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้งาน	=	3,050.13 บาท /ปี
ระยะคืนทุน คำนวณเป็นรายปี	=	$1,960/3,050.13$
ระยะคืนทุน	=	<u>0.64 ปี</u>

หมายเหตุ ชั่วโมงการใช้งานต่อปี คิดจาก 1 วัน ใช้งาน 6 ชั่วโมง จำนวน 365 วัน = 2,190 ชั่วโมง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ มีจำนวน 11 คน เป็นชาย 10 คน เป็นผู้หญิง 1 คน แยกเป็นช่วงอายุระหว่าง 21-30 ปี จำนวน 8 คน ช่วงอายุระหว่าง 31-40 จำนวน 2 คน ช่วงอายุระหว่าง 41-50 จำนวน 1 คน ค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ จำนวน 6 คน และผู้ที่อยู่ในเกณฑ์อ้วน จำนวน 5 คน ส่วนค่าความต้านทานเครื่องแต่งกายมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5686 clo

2. ผลจากการเก็บบันทึกข้อมูล ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ และความชื้น ภายในและภายนอกห้องที่ทำการทดลอง และปริมาณพลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียว กับการเปิดงานร่วมกับพัดลมที่ระดับความเร็วลม สวิตช์ควบคุมเบอร์ 1 และเบอร์ 2 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 และ 1.03 เมตรต่อวินาที แยกตามการตั้งค่าอุณหภูมิที่ตัวเครื่องปรับอากาศตั้งแต่ 24, 25, 26, 27, 28 และ 29 องศาเซลเซียส และแยกระหว่างมีไหลด กับไม่มีไหลด ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามการตั้งค่าแต่ละอุณหภูมิ แบบไม่มีไหลด โดยเปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่า จากการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1 ค่าพลังงานไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง, การตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25-29 องศาเซลเซียส, 26-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลง และผลจากการบันทึกข้อมูลสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 12.32 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่ร้อยละ 45.41 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แต่ทั้งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะอากาศภายนอก และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามการตั้งค่าแต่ละอุณหภูมิ แบบมีไหลด โดยเปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส พบว่า จากการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ค่าพลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 25-29 องศาเซลเซียส, 26-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลง และผลจากการบันทึกข้อมูลสรุปได้ว่าเมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นค่าพลังงานไฟฟ้าจะลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.30 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสูงสุดที่ร้อยละ 58.93 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แต่ทั้งอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาวะอากาศภายนอก จำนวนและลักษณะกิจกรรมของผู้ที่อยู่ในห้อง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

2.3 ผลการเก็บข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง เป็นจำนวน 2,225 วัตต์ หรือ 2.225 หน่วย และจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในสภาพอากาศ พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าความพึงพอใจในภาพรวมจากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง เป็นจำนวน 1,775 วัตต์ หรือ 1.775 หน่วย เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสองค่า มีความแตกต่างกัน เป็นจำนวน 450 วัตต์ต่อชั่วโมง หรือ 0.45 หน่วย ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง คิดเป็นร้อยละ 25.35

ผลจากการวิเคราะห์ สรุปได้ว่า การปรับค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้นในแต่ละค่าอุณหภูมิ มีผลทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบระหว่างมีโหลด กับไม่มีโหลดในแต่ละอุณหภูมิ พบว่าห้องที่มีโหลด มีผลทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 11.02 แต่ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพอากาศภายนอกห้อง จำนวนและลักษณะกิจกรรมของผู้ผู้อยู่ภายในห้อง และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

3. ผลจากการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความรู้สึกต่อสภาพอากาศ ในแต่ละอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการตั้งค่าระดับอุณหภูมิที่ 24 องศาเซลเซียส

3.1 ความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลม กับความรู้สึกต่อสภาพอุณหภูมิ เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และนัยสำคัญ พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 27-29 องศาเซลเซียส และ 27-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 มีความแตกต่างกัน ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 25-26 องศาเซลเซียส, 25-26 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1-2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความพึงพอใจต่อสภาพอุณหภูมิสูงสุด (ที่รู้สึกว่าเป็นปกติ/ไม่ร้อนไม่หนาว) จะอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 2 (โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ย -27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .467 เทียบกับการตั้งค่าที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส (ที่รู้สึกว่าเป็นเล็กน้อย) พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ เท่ากับ -1.000^*

3.2 ความแปรปรวน ระหว่าง อุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมอย่างไร เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และนัยสำคัญ พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1, 25-27

องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 มีความแตกต่างกัน ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 26-29 องศาเซลเซียส, 26-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1, 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีลมกำลังดีสูงสุด จะอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1 (โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ย -1.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .505) และเมื่อเทียบกับการตั้งค่าที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ เท่ากับ -.091

3.3 ความแปรปรวน ระหว่าง อุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกกับสภาพอากาศเช่นนี้หรือไม่ เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และนัยสำคัญ พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 28-29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1 มีความแตกต่างกัน ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส, 25-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1 และ 25-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความสบายสูงสุด จะอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1 (โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ย -.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน .905) และเมื่อเทียบกับการตั้งค่าที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ เท่ากับ .273

3.4 ความแปรปรวน ระหว่างอุณหภูมิ-ความเร็วลม กับ ความรู้สึกต่อสภาพอากาศว่ามีความรู้สึกโดยรวมว่ายอมรับสภาพอากาศเช่นนี้หรือไม่ เปรียบเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ และนัยสำคัญ พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส และ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1 มีความแตกต่างกัน ส่วนการตั้งค่าอุณหภูมิ-ความเร็วลม ที่ระดับอุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส, 25-28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1, 25-29 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความรู้สึกที่ยอมรับต่อสภาพอากาศสูงสุด จะอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส, 26-27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 1, 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 และ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัสดลบเบอร์ 2 (โดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยที่เท่ากัน -.09 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่เท่ากัน .302) และเมื่อเทียบกับการตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ เท่ากับ .182

4. ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ จุดคุ้มทุนของการลงทุนติดตั้งพัดลม ในการเปิดใช้งานร่วมกับเครื่องปรับอากาศ โดยคำนวณจากช่วงเวลาการเปิดใช้งานในแต่ละครั้งๆ ละ 6 ชั่วโมงต่อวัน หาผลรวมเป็นรายวัน รายเดือน และรวมเป็นรายปี ค่าพลังงานไฟฟ้าคิดจากอัตราที่การไฟฟ้ากำหนด (เฉพาะของอาคาร 12 คณะศึกษาศาสตร์) คูณกับจำนวนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง การเปิดใช้งานที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส กับการเปิดใช้งานที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เป็นเงิน 3,050.13 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน ของการลงทุนพัดลมเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง จะเท่ากับ 0.64 ปี

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้ การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยการตั้งค่าอุณหภูมิให้สูงขึ้นในช่วงระดับอุณหภูมิที่รู้สึกสบาย สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า และลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. ผลจากการเก็บข้อมูล ค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ ในแต่ละอุณหภูมิที่กำหนด พบว่าเมื่อทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ตัวเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น ทุกๆ 1 องศาเซลเซียส มีผลทำให้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศทำงานลดลง เนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์ที่สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัท ถูกเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นภายในห้อง จะทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ชั่วคราว เมื่อคอมเพรสเซอร์หยุดการทำงานชั่วคราว จึงทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงตาม จากหลักการดังกล่าว จึงสอดคล้องกับการ รณรงค์อนุรักษ์พลังงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ที่ว่าถ้าเราตั้งอุณหภูมิที่ระดับร่างกายรู้สึกสบาย โดยไม่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และการปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2547: 14)

2. ผลจากการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจต่อสภาพอากาศ ของผู้รับการทดสอบภายในห้องทดลองที่เป็นห้องเรียนในลักษณะนั่งฟังบรรยาย พบว่าเมื่อตั้งค่าอุณหภูมิที่ระดับ 24-26 องศาเซลเซียส ผลจากแบบสอบถามพบว่าผู้รับการทดสอบยังรู้สึกสบาย แต่เมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 27-29 องศาเซลเซียส พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเริ่มรู้สึกร้อนและไม่พอใจกับสภาพอากาศ ซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนที่ว่า การเผาผลาญพลังงานของร่างกาย เกิดจากกิจกรรมที่กระทำ มีหน่วยวัดเป็น met ($1 \text{ met} = 50 \text{ kCal h}^{-1} \text{ m}^{-2}$) เมื่อทำกิจกรรมที่ใช้พลังงานจะทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย พลังงานที่ร่างกายใช้ไปนั้นก่อให้เกิดความร้อนภายในร่างกาย และต้องมีการถ่ายเทพลังงานนั้นออกไป เพื่อรักษาอุณหภูมิในร่างกายให้เหมาะสม (ประมาณ 37-38 องศา

เซลเซียส) เมื่อร่างกายถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศรอบๆ ตัว ซึ่งร้อนน้อยกว่า อากาศรอบตัวเริ่มอุ่นขึ้นและลอยตัวสูงขึ้น เมื่ออากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้น อากาศที่เย็นกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่วงจรของการพาความร้อนก็สมบูรณ์ (วรภรณ์ กาญจนวิโรจน์. 2542: 13) ดังนั้นเมื่อมีการปรับค่าอุณหภูมิให้สูงขึ้น จึงทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกร้อนและไม่สบายตัว และเมื่อทำการเปิดใช้พัดลมร่วม ทำให้อากาศภายในห้องเกิดการเคลื่อนไหวมากขึ้น จึงมีผลทำให้ผู้รับการทดสอบรู้สึกว่าคุณภาพอากาศเย็นสบายพอเหมาะ ซึ่งสัมพันธ์กับทฤษฎีที่ว่า มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ของสุนทร บุญญธิการ (2542: 35) เนื่องจากพัดลมเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ทำการปรับค่าอุณหภูมิลงทุกๆ 1 องศาเซลเซียส จากหลักการดังกล่าวจะทำให้สามารถลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ซึ่งผลจากวิเคราะห์พบว่า ความพึงพอใจต่อสภาพอากาศ เมื่อทำการปรับค่าอุณหภูมิให้สูงขึ้น พร้อมกับการเปิดใช้งานร่วมกับพัดลม จะอยู่ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 25.35 ดังนั้นจากหลักการและทฤษฎีดังกล่าวจึงสามารถเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 จากค่าการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า และระดับอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง เห็นว่าสามารถที่จะนำไปใช้ได้ไม่เพียงแต่ห้องเรียน/บรรยาย ของสาขาอุตสาหกรรมศึกษานั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้กับห้องเรียนในอาคารของคณะศึกษาศาสตร์ และห้องเรียนต่างๆ ในมหาวิทยาลัยได้ แต่ค่าพลังงานไฟฟ้าหรือระดับอุณหภูมิที่ได้ อาจไม่เท่ากับผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้านๆ เช่น สภาพแวดล้อมของห้องนั้นๆ ลักษณะกิจกรรม จำนวน และสภาพร่างกายของผู้ใช้งาน ตลอดจน คุณภาพ และขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้

1.2 ผลจากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ และจุดคุ้มทุนของการลงทุนพัดลม โดยคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าตามที่การไฟฟ้ากำหนด เฉพาะอาคาร 12 คณะศึกษาศาสตร์ เฉลี่ยหน่วยละ 3.095 บาท พบว่าห้องที่ทำการทดลองสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปี เป็นเงิน 3,050.13 บาท ระยะคืนทุนเท่ากับ 0.64 ปี จากการวิจัยดังกล่าวหากขยายผลไปยังห้องอื่นๆ ในอาคารของคณะศึกษาศาสตร์ ที่เป็นห้องเรียนและห้องพักอาจารย์ กับเครื่องปรับอากาศขนาดใกล้เคียงกัน (ขนาดประมาณ 25,000-25,800 บีทียู) ซึ่งมีอยู่จำนวน 44 เครื่อง หากในหนึ่งชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เปิดใช้

งานพร้อมกันที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับพัดลมเบอร์ 1 ความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 เมตรต่อวินาที เทียบค่าพลังงานไฟฟ้ากับการเปิดใช้งานที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เป็นเงินประมาณ 61.28 บาทต่อชั่วโมง เมื่อคำนวณเป็นปีต่อการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง จำนวน 9 เดือน (ตามช่วงเวลาเปิดเรียน) จะสามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า ได้เป็นจำนวนเงิน 132,364.8 บาทต่อปี ซึ่งสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายให้กับคณะศึกษาศาสตร์ได้ และยังเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยได้อีกหนึ่งทางเลือก

1.3 จากงานวิจัยดังกล่าว หากขยายผลไปยังภาครัฐและเอกชน จะสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายให้กับองค์กร และหน่วยงานต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และหากมีการรณรงค์ประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง ก็จะขยายผลไปในระดับประเทศ ทำให้ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และการซื้อพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

จากการศึกษาการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม ผลจากการวิจัยพบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นสามารถนำผลวิจัยดังกล่าว ไปประยุกต์เพื่อศึกษาการจัดระบบการจัดห้องเรียนภายในอาคารเพื่อควบคุมการใช้พลังงานให้ต่ำที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิจชัย จิตขจรวานิช. (2544). แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเรื่องสภาวะสบาย. ในหน้าจั่วฉบับที่ 18 หน้า 175-181. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กิจชัย จิตขจรวานิช. (2547). สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในห้องถิ่น. งานวิจัย. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. (2549). ศูนย์ข้อมูล กฟผ. สืบค้น 20 มกราคม 2549.
จาก <http://www.egat.co.th>.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2540?). การอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535. กรุงเทพฯ: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงฯ.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2540?). พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535. กรุงเทพฯ: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงฯ.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2524). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนังห้อง (มอก.385-2524). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงฯ.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2536). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพัดลมไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสายรอบตัว (มอก.572-2528). กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงฯ.
- จรรยา บุญยุบล และคณะ. (2529). พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาตรี บ้านเกาะ. (2544). การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศทั่วไปด้วยอินเวอร์เตอร์เฟสเดียว. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ชนะวีร์ วิชาศิลป์ (2545). การออกแบบระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกโดยใช้วิธี ฮาร์ด ซี-มีน คลัสเตอร์ริงก์ เพื่อการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

- ณรงค์ ขอนตะวัน, เสวก ผาสุก, สุภาพ สุขเกื้อ และพานิชพล มงคลเจริญ. (2534?). *คู่มือซ่อม-เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน*. หน้า 221-234. กรุงเทพฯ: แผงหนังสือเบอร์ 22 สวนจตุจักร (เบอร์ 18 สนามหลวง).
- ณรงค์ วัชรเสถียร. (2543). *การพัฒนาพัสดุปรับความเร็วตามสภาวะแวดล้อมแบบอัตโนมัติ*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ตริงใจ บุณสมภพ. (2539). *การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพฯ: กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ.
- ธนะกิจ สุขศรีสมบุญ. (2546). *ศักยภาพการประหยัดพลังงานในพัสดุ*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ธนะกิตติ์ ธาภักดี. (2546). *การประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดย LIQUID-SUCTION HEAT EXCHANGER*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- นุภาพ แยมไทรพัฒน์. (2541). *การสร้างแผนภูมิความสลายของการถ่ายเทอากาศสำหรับประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- บรรพต ประภาศิริ. (2542). *การประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศโดยใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิและการบำรุงรักษาเบื้องต้น*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- พันธุ์ดา พุฒิไพโรจน์. (2544). *คู่มือสำหรับการศึกษาและวิจัยด้านการอนุรักษ์พลังงานและการเลือกใช้งาน*. ในหน้าจั่ว ฉบับที่ 18 หน้า 182-195. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร.
- พลกฤษณ์ หนูทองพูล. (2546). *การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเบอร์ 4 และเบอร์ 5 ในสภาวะอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีพลังงาน). กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ภทรนันท์ ทักนันท์. (2547-2548). *สภาวะน่าสบาย: พื้นฐานและแบบจำลองสำหรับภูมิอากาศเขตร้อน*. ในหน้าจั่ว ฉบับที่ 21 หน้า 133-146. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร.

โมะโตะกิ มัทซึโอะ. (2527). *เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้าสำหรับหัวหน้างานและวิศวกร*.

กรุงเทพฯ: โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2550). *Body mass index chart.svg*. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2550. จาก

<http://th.wikipedia.org/wiki>

วิโรจน์ จินดาร์ตน์. (2548). *การคำนวณช่วยในการตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานในอาคาร*. ปรินซ์นิพนธ์ วจ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ:

บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วรารณ กาญจนวิโรจน์. (2542). *การศึกษาการเพิ่มของขอบเขตภาวะน้ำสลายในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น*. วิทยานิพนธ์ สด.ม. (เทคโนโลยีอาคาร). กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ศักรินทร์ โสันทะ. (2546). *เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ: บริษัท ซี เอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ศิริ พวงมาลัย. (2548). *การพัฒนาชุดระบายความร้อนของชุดควบแน่นสำหรับเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน*. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2545). *วิศวกรรมคุณค่า(VE) เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. กรุงเทพฯ: กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2545). *รู้แล้วรวย ร่วมใจประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพฯ: ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย สำนักงานฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2547). *สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของไทย 2546*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักงานฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2545). *สาระน่ารู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงาน เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านพักอาศัย*. กรุงเทพฯ: กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานฯ.

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. (2549). *เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน*. สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2549. จาก <http://www2.dede.go.th/new-homesafe/webban/book/fan.htm>.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). (2545). *พื้นฐานการทำความเย็นและการปรับอากาศ-ภาคทฤษฎี*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

- สุนทร วงศ์เสน. (2545). *การศึกษาการประหยัดพลังงานในระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วนโดย-
การควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดสารทำความเย็น*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.
(วิศวกรรมเครื่องกล). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- สุนทร บุญญาธิการ. (2541). *เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า*.
กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ สุโมทยกุล. (2545). *เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ*. กรุงเทพฯ: บริษัท ซี เอ็ดดูเคชั่น
จำกัด (มหาชน).
- สุรพล พุกษพานิช. (2529). *การปรับอากาศ หลักการและระบบ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์เซ็น-
เตอร์ การพิมพ์.
- สุวรรณ บุญทิพย์. (2543). *ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- อำนาจ จำรัสจรงผล. (2549). *เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม*. สื่อการเรียนการสอน. แผนกวิชาเทคนิค-
สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี. สืบค้นเมื่อ 12 มิถุนายน 2549,
จาก <http://www.non.rmutsb.ac.th/homepages/environment/UNIT6/UNIT62.ppt>.
- อภิชาติ เทอดโยธิน จันทนา กุญชรรัตน์ และจิราวรรณ เตียรสุวรรณ. (2545). *การใช้พลังงานของ-
เครื่องปรับอากาศในอาคารอยู่อาศัยและแนวทางการประหยัดพลังงาน*. รายงานการวิจัย-
เสนอต่อคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัย-
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ASHRAE, (1997). *ASHRAE Handbook of Fundamentals 1997*. Atlanta: The American society
of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Bedford, T. (1963). *Warmth Factor in Comfort at Work*. London: Medical Research Council,
Industrial Health Research Board.
- Brager G S.; M E Fountain.; C C Benton.; E A Arens.; & F S Bauman. (1994). "A comparison
of methods for assessing thermal sensation and acceptability in the field" *Thermal
Comfort: Past, Present and Future*. Garston: Proceedings of a conference held at
the Building Research Establishment.
- Fanger, P.O. (1970). *Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental
Engineering*. New York: Mc Graw-Hill.
- Givoni, B. (1969). *Man, Climate and Architecture*. Amsterdam: Elsevier.

International Standard ISO. (1995). *Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.*

ISO 10551:1995(E).

McIntyre, D A. (1980). *Indoor Climate*. London: Applied Science Publishers.

Olgay, V. (1992). *Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New york: Van Nostrand Reinhold.

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกผลการทดลอง และแบบสอบถามความรู้สึกต่อสภาพอากาศ

ตาราง 30 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 24 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	24.25	55.50	35.65	51.50	0.60	500
8.15-8.30	24.23	54.50	35.60	52.00	0.60	550
8.30-8.45	24.63	56.25	35.75	52.50	0.60	550
8.45-9.00	24.45	56.75	35.85	51.50	0.60	500
9.00-9.15	24.80	56.50	35.70	53.00	0.60	600
9.15-9.30	24.35	57.00	35.75	56.00	0.60	550
9.30-9.45	24.40	55.00	35.55	55.50	0.60	600
9.45-10.00	24.75	56.25	35.35	54.00	0.60	550
10.00-10.15	24.68	56.25	35.60	54.00	0.60	600
10.15-10.30	24.88	57.25	35.50	52.50	0.60	550
10.30-10.45	24.63	56.75	35.30	54.50	0.60	450
10.45-11.00	24.70	56.25	35.35	55.00	0.60	500
ค่าเฉลี่ย	24.56	56.19	35.58	53.50	0.60	2,167 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 31 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 8 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	24.70	57.25	33.80	50.00	0.60	700
8.15-8.30	25.33	58.50	33.30	51.00	0.60	550
8.30-8.45	24.83	58.75	33.10	46.00	0.60	450
8.45-9.00	24.88	60.50	33.05	51.50	0.60	550
9.00-9.15	24.78	59.00	32.65	54.00	0.60	550
9.15-9.30	24.88	59.25	31.90	57.00	0.60	600
9.30-9.45	25.00	59.50	31.85	57.00	0.60	500
9.45-10.00	25.45	64.00	31.45	55.50	0.60	450
10.00-10.15	25.35	67.00	31.30	55.00	0.60	300
10.15-10.30	25.18	65.75	30.90	56.50	0.60	350
10.30-10.45	25.18	64.50	31.00	57.00	0.60	350
10.45-11.00	25.15	65.00	30.80	55.50	0.60	350
ค่าเฉลี่ย	25.06	61.58	32.09	53.83	0.60	1,900 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 32 บันทึกผลการทดลอง การเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 8 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
11.00-11.15	25.35	55.00	33.95	55.50	0.87	600
11.15-11.30	25.55	56.00	33.75	53.50	0.87	600
11.30-11.45	25.53	56.00	33.90	53.50	0.87	550
11.45-12.00	25.98	58.00	34.20	53.50	0.87	500
12.00-12.15	25.80	56.75	34.00	54.00	0.87	550
12.15-12.30	25.08	56.50	33.75	54.50	0.87	600
12.30-12.45	25.20	56.00	34.00	53.50	0.87	550
12.45-13.00	25.58	56.50	34.25	51.00	0.87	550
13.00-13.15	25.13	56.75	33.70	51.50	0.87	500
13.15-13.30	25.10	56.50	33.10	51.50	0.87	500
13.30-13.45	25.35	57.25	33.60	54.50	0.87	550
13.45-14.00	25.38	56.75	33.50	52.50	0.87	450
ค่าเฉลี่ย	25.42	56.50	33.81	53.25	0.87	2,167 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 33 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 8 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมินอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
14.00-14.15	25.75	55.25	32.35	53.00	1.03	700
14.15-14.30	25.63	56.00	33.40	54.00	1.03	600
14.30-14.45	25.43	56.75	33.75	52.50	1.03	550
14.45-15.00	25.93	57.50	33.75	53.50	1.03	550
15.00-15.15	25.70	56.25	34.15	53.50	1.03	550
15.15-15.30	25.43	57.00	34.25	53.50	1.03	600
15.30-15.45	25.45	56.25	33.85	53.50	1.03	550
15.45-16.00	25.58	57.25	34.15	54.00	1.03	500
16.00-16.15	25.25	56.75	34.40	52.50	1.03	550
16.15-16.30	25.38	58.50	34.70	53.50	1.03	550
16.30-16.45	25.30	57.00	34.35	56.00	1.03	600
16.45-17.00	25.08	58.00	34.30	55.50	1.03	500
ค่าเฉลี่ย	25.49	56.88	33.95	53.75	1.03	2,267 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 34 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	26.53	65.00	29.90	61.50	0.60	350
8.15-8.30	26.70	71.75	30.05	61.50	0.60	400
8.30-8.45	26.33	69.25	30.20	60.00	0.60	350
8.45-9.00	26.30	69.75	30.20	59.00	0.60	450
9.00-9.15	26.60	73.50	30.60	59.50	0.60	300
9.15-9.30	26.85	73.00	30.55	58.00	0.60	350
9.30-9.45	26.00	70.25	30.50	57.50	0.60	400
9.45-10.00	26.68	75.75	30.70	57.50	0.60	450
10.00-10.15	26.13	69.50	30.85	57.00	0.60	400
10.15-10.30	26.55	74.50	30.95	55.50	0.60	350
10.30-10.45	26.65	74.50	30.80	55.00	0.60	450
10.45-11.00	26.65	74.00	31.30	57.00	0.60	400
ค่าเฉลี่ย	26.50	71.73	30.55	58.25	0.60	1,550 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 35 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
11.00-11.15	26.95	72.00	31.10	56.00	0.87	500
11.15-11.30	27.05	72.00	31.05	56.50	0.87	450
11.30-11.45	26.43	66.25	31.10	57.00	0.87	450
11.45-12.00	27.13	72.00	31.30	56.50	0.87	400
12.00-12.15	26.73	70.25	31.30	56.00	0.87	450
12.15-12.30	27.08	72.75	31.45	56.00	0.87	400
12.30-12.45	26.43	67.00	31.65	55.50	0.87	450
12.45-13.00	27.08	71.25	31.95	54.50	0.87	450
13.00-13.15	26.35	67.00	32.15	53.00	0.87	400
13.15-13.30	26.25	67.25	32.20	54.50	0.87	350
13.30-13.45	26.35	71.25	32.00	55.50	0.87	400
13.45-14.00	26.48	72.50	32.05	55.00	0.87	350
ค่าเฉลี่ย	26.69	70.13	31.61	55.50	0.87	1,683 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 36 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2550

เวลาที่ทำการจด บันทึก	ระดับอุณหภูมิ ภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
14.00-14.15	26.83	72.00	31.15	56.00	1.03	550
14.15-14.30	26.95	72.00	31.15	56.50	1.03	500
14.30-14.45	26.50	68.00	31.25	55.50	1.03	450
14.45-15.00	27.00	71.25	31.60	55.50	1.03	450
15.00-15.15	26.48	69.00	31.60	56.00	1.03	450
15.15-15.30	26.90	73.00	31.95	57.00	1.03	400
15.30-15.45	26.58	68.00	31.90	56.00	1.03	400
15.45-16.00	27.05	72.00	31.90	56.00	1.03	350
16.00-16.15	26.50	67.75	32.15	55.00	1.03	450
16.15-16.30	26.30	67.50	32.45	55.00	1.03	400
16.30-16.45	26.40	70.00	32.70	55.00	1.03	400
16.45-17.00	26.40	70.75	32.75	54.00	1.03	350
ค่าเฉลี่ย	26.66	70.10	31.88	55.63	1.03	1,717 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 37 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	28.00	82.00	31.50	63.50	0.60	400
8.15-8.30	27.35	79.50	31.55	61.00	0.60	350
8.30-8.45	27.20	76.00	31.85	61.00	0.60	350
8.45-9.00	27.68	81.00	32.00	56.50	0.60	400
9.00-9.15	27.15	77.25	32.40	57.50	0.60	400
9.15-9.30	27.40	78.00	32.80	54.50	0.60	350
9.30-9.45	27.73	80.25	32.90	54.00	0.60	300
9.45-10.00	27.58	79.75	32.70	53.50	0.60	400
10.00-10.15	27.30	78.50	32.75	53.50	0.60	350
10.15-10.30	27.65	79.00	32.95	54.50	0.60	400
10.30-10.45	27.88	77.75	32.65	55.00	0.60	350
10.45-11.00	27.20	79.25	32.65	53.50	0.60	300
ค่าเฉลี่ย	27.51	79.02	32.39	56.50	0.60	1,450 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 38 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
11.00-11.15	27.73	76.25	32.30	56.00	0.87	400
11.15-11.30	27.55	73.00	32.65	54.00	0.87	400
11.30-11.45	27.98	77.00	33.00	49.00	0.87	450
11.45-12.00	27.68	74.25	32.65	55.50	0.87	400
12.00-12.15	27.43	72.50	32.40	53.00	0.87	400
12.15-12.30	27.95	77.25	32.45	53.50	0.87	450
12.30-12.45	27.70	76.25	32.00	59.00	0.87	350
12.45-13.00	27.43	74.00	32.40	57.50	0.87	400
13.00-13.15	27.15	74.50	32.40	57.50	0.87	400
13.15-13.30	27.88	75.75	32.70	59.00	0.87	350
13.30-13.45	27.75	75.50	32.85	60.00	0.87	400
13.45-14.00	27.43	75.25	32.95	58.50	0.87	350
ค่าเฉลี่ย	27.64	75.13	32.56	56.04	0.87	1,583 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 39 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
14.00-14.15	27.50	77.00	31.55	57.00	1.03	450
14.15-14.30	27.48	73.25	31.75	54.50	1.03	400
14.30-14.45	27.93	77.00	32.05	53.50	1.03	400
14.45-15.00	27.48	74.00	32.40	55.00	1.03	350
15.00-15.15	27.43	73.50	32.75	53.00	1.03	400
15.15-15.30	27.83	76.25	32.15	54.50	1.03	450
15.30-15.45	27.83	76.00	31.95	59.00	1.03	400
15.45-16.00	27.43	74.00	32.40	57.50	1.03	450
16.00-16.15	27.25	75.25	32.55	57.00	1.03	450
16.15-16.30	27.90	75.75	32.60	58.50	1.03	400
16.30-16.45	27.60	74.75	32.50	59.50	1.03	350
16.45-17.00	27.45	75.50	33.05	59.00	1.03	400
ค่าเฉลี่ย	27.59	75.19	32.31	56.50	1.03	1,633 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 40 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	27.93	76.25	32.60	62.50	0.60	300
8.15-8.30	27.98	77.25	32.55	62.50	0.60	300
8.30-8.45	27.88	78.25	30.10	64.50	0.60	350
8.45-9.00	28.55	78.50	31.85	71.00	0.60	300
9.00-9.15	28.38	79.75	32.40	70.00	0.60	350
9.15-9.30	28.13	80.50	31.15	67.50	0.60	300
9.30-9.45	27.88	79.25	32.60	62.50	0.60	300
9.45-10.00	28.10	78.75	32.55	62.50	0.60	300
10.00-10.15	27.68	78.50	31.00	71.50	0.60	350
10.15-10.30	28.70	78.00	32.35	70.00	0.60	300
10.30-10.45	28.38	80.50	32.75	70.50	0.60	300
10.45-11.00	28.05	79.50	31.75	68.00	0.60	250
ค่าเฉลี่ย	28.13	78.75	31.97	66.92	0.60	1,233 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 41 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
11.00-11.15	27.80	77.00	32.65	61.00	0.87	400
11.15-11.30	27.98	77.75	32.25	62.50	0.87	350
11.30-11.45	27.78	79.25	32.70	62.00	0.87	350
11.45-12.00	28.03	80.00	32.20	60.00	0.87	400
12.00-12.15	28.05	79.25	32.05	60.00	0.87	300
12.15-12.30	28.08	80.75	31.60	61.00	0.87	350
12.30-12.45	27.93	77.00	31.25	61.00	0.87	400
12.45-13.00	27.95	80.75	31.25	63.00	0.87	350
13.00-13.15	28.10	78.00	31.20	60.50	0.87	350
13.15-13.30	28.30	77.75	31.25	61.00	0.87	350
13.30-13.45	28.30	79.00	31.05	64.00	0.87	300
13.45-14.00	27.90	81.00	31.20	67.00	0.87	400
ค่าเฉลี่ย	28.01	78.96	31.72	61.92	0.87	1,433 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 42 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
14.00-14.15	27.70	76.75	32.35	63.00	1.03	350
14.15-14.30	27.95	78.00	32.35	62.00	1.03	350
14.30-14.45	27.73	78.25	32.70	62.00	1.03	400
14.45-15.00	28.20	79.50	32.65	61.00	1.03	400
15.00-15.15	28.15	78.50	32.15	60.00	1.03	350
15.15-15.30	27.83	80.00	31.75	62.00	1.03	400
15.30-15.45	28.03	77.00	31.80	63.00	1.03	350
15.45-16.00	27.95	79.50	31.60	63.00	1.03	350
16.00-16.15	28.15	77.50	31.45	61.50	1.03	400
16.15-16.30	28.08	77.25	31.40	62.50	1.03	350
16.30-16.45	28.48	79.00	31.40	64.00	1.03	350
16.45-17.00	28.20	80.50	32.00	64.00	1.03	400
ค่าเฉลี่ย	28.04	78.48	31.97	62.33	1.03	1,483 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 43 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
8.00-8.15	29.75	70.00	34.80	40.50	0.60	300
8.15-8.30	29.38	67.25	34.80	44.00	0.60	250
8.30-8.45	29.58	71.75	34.95	43.00	0.60	250
8.45-9.00	29.58	70.25	33.95	45.50	0.60	250
9.00-9.15	29.13	73.00	33.55	51.50	0.60	350
9.15-9.30	29.53	72.75	33.50	54.00	0.60	300
9.30-9.45	29.00	72.50	33.10	55.50	0.60	300
9.45-10.00	29.18	76.00	32.75	57.00	0.60	350
10.00-10.15	29.13	73.00	33.55	51.50	0.60	300
10.15-10.30	29.53	72.75	33.50	54.00	0.60	350
10.30-10.45	29.00	72.50	33.10	55.50	0.60	250
10.45-11.00	29.18	76.00	32.75	57.00	0.60	300
ค่าเฉลี่ย	29.33	72.31	33.69	50.75	0.60	1,183 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 44 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
11.00-11.15	30.10	70.75	33.30	54.00	0.87	350
11.15-11.30	29.65	70.00	33.70	50.00	0.87	350
11.30-11.45	29.58	72.25	33.30	49.50	0.87	350
11.45-12.00	30.20	72.25	33.25	52.50	0.87	350
12.00-12.15	30.15	72.25	32.90	53.00	0.87	300
12.15-12.30	29.93	70.75	32.80	55.00	0.87	300
12.30-12.45	29.53	73.25	32.75	54.50	0.87	350
12.45-13.00	29.63	73.25	32.70	55.50	0.87	300
13.00-13.15	30.15	72.25	32.90	53.00	0.87	450
13.15-13.30	29.93	70.75	32.80	55.00	0.87	450
13.30-13.45	29.53	73.25	32.75	54.50	0.87	300
13.45-14.00	29.63	73.25	32.70	55.50	0.87	400
ค่าเฉลี่ย	29.83	72.02	32.99	53.50	0.87	1,417 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 45 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบไม่มีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
14.00-14.15	29.65	72.50	33.45	55.00	1.03	350
14.15-14.30	29.48	71.00	33.55	52.00	1.03	300
14.30-14.45	29.50	71.00	33.10	52.00	1.03	400
14.45-15.00	29.90	71.00	33.00	53.50	1.03	350
15.00-15.15	29.78	71.25	33.35	55.00	1.03	400
15.15-15.30	29.70	70.25	33.75	55.00	1.03	350
15.30-15.45	29.73	70.50	33.35	54.00	1.03	400
15.45-16.00	29.73	71.00	32.85	55.00	1.03	400
16.00-16.15	30.30	71.75	33.15	55.00	1.03	300
16.15-16.30	29.68	70.25	33.00	55.00	1.03	400
16.30-16.45	29.38	72.50	32.55	53.50	1.03	300
16.45-17.00	29.65	70.75	32.90	55.50	1.03	350
ค่าเฉลี่ย	29.70	71.15	33.17	54.21	1.03	1,433 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 46 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 24 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมินอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	24.33	51.33	35.65	51.50	0.60	1,100
10.30-11.00	24.37	51.67	35.90	54.50	0.60	1,150
11.00-11.30	24.30	51.67	35.55	49.50	0.60	1,090
11.30-12.00	24.60	52.00	35.50	50.50	0.60	1,110
ค่าเฉลี่ย	24.40	51.67	35.65	51.50	0.60	2,225 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 47 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมินอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลมแอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	25.37	55.67	37.20	50.50	0.60	1,100
10.30-11.00	25.03	56.00	37.30	53.00	0.60	1,050
11.00-11.30	24.90	55.67	36.95	54.50	0.60	1,100
11.30-12.00	25.10	54.00	37.15	54.00	0.60	1,100
ค่าเฉลี่ย	25.10	55.33	37.15	53.00	0.60	2,175 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 48 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
13.00-13.30	25.63	59.00	33.90	58.50	0.87	1,200
13.30-14.00	25.70	56.67	33.65	59.50	0.87	1,150
14.00-14.30	25.87	58.00	33.90	56.00	0.87	1,150
14.30-15.00	25.87	57.00	33.75	58.00	0.87	1,200
ค่าเฉลี่ย	25.77	57.67	33.80	58.00	0.87	2,350 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 49 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
15.00-15.30	25.33	60.00	34.50	65.00	1.03	1,200
15.30-16.00	25.67	59.67	34.45	64.50	1.03	1,250
16.00-16.30	25.60	58.33	34.30	63.50	1.03	1,200
16.30-17.00	25.40	59.33	34.55	63.00	1.03	1,200
ค่าเฉลี่ย	25.50	59.33	34.45	64.00	1.03	2,425 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 50 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	26.13	60.33	34.25	57.00	0.60	850
10.30-11.00	26.00	59.33	34.50	59.00	0.60	900
11.00-11.30	26.13	63.33	34.60	58.00	0.60	850
11.30-12.00	26.13	61.00	34.25	58.00	0.60	850
ค่าเฉลี่ย	26.10	61.00	34.40	58.00	0.60	1,725 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 51 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
13.00-13.30	26.30	57.33	33.45	59.00	0.87	950
13.30-14.00	26.43	57.67	33.75	57.50	0.87	950
14.00-14.30	26.73	56.33	34.00	58.00	0.87	900
14.30-15.00	26.40	58.00	34.00	57.50	0.87	950
ค่าเฉลี่ย	26.47	57.33	33.80	58.00	0.87	1,875 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 52 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 26 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
15.00-15.30	26.47	55.67	33.15	55.00	1.03	950
15.30-16.00	26.83	57.33	33.05	55.00	1.03	1,000
16.00-16.30	26.63	53.33	33.25	54.00	1.03	950
16.30-17.00	26.47	53.67	33.15	54.00	1.03	950
ค่าเฉลี่ย	26.60	55.00	33.15	54.50	1.03	1,925 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 53 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	27.50	70.00	34.35	57.00	0.60	850
10.30-11.00	27.43	68.67	34.10	56.50	0.60	800
11.00-11.30	27.33	68.67	34.15	58.50	0.60	850
11.30-12.00	27.47	70.00	34.20	58.00	0.60	800
ค่าเฉลี่ย	27.43	69.33	34.20	57.50	0.60	1,650 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 54 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
13.00-13.30	27.27	68.67	33.75	63.00	0.87	900
13.30-14.00	27.23	68.33	33.85	63.00	0.87	900
14.00-14.30	27.07	70.67	33.80	65.50	0.87	850
14.30-15.00	27.37	71.00	33.80	62.50	0.87	900
ค่าเฉลี่ย	27.23	69.67	33.80	63.50	0.87	1,775 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 55 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 27 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
15.00-15.30	27.40	63.67	34.15	60.00	1.03	900
15.30-16.00	27.50	61.67	34.45	60.50	1.03	900
16.00-16.30	27.53	64.00	34.40	63.00	1.03	900
16.30-17.00	27.43	62.67	34.20	62.50	1.03	900
ค่าเฉลี่ย	27.47	63.00	34.30	61.50	1.03	1,800 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 56 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	28.00	64.33	36.95	47.50	0.60	700
10.30-11.00	27.83	63.33	36.85	47.50	0.60	750
11.00-11.30	28.23	63.33	37.05	47.50	0.60	700
11.30-12.00	27.93	63.67	36.95	45.50	0.60	700
ค่าเฉลี่ย	28.00	63.67	36.95	47.00	0.60	1,425 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 57 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
13.00-13.30	28.63	62.33	37.55	51.00	0.87	800
13.30-14.00	28.50	60.67	37.45	51.00	0.87	750
14.00-14.30	28.67	62.67	37.75	49.50	0.87	800
14.30-15.00	28.73	62.33	37.45	52.50	0.87	750
ค่าเฉลี่ย	28.63	62.00	37.55	51.00	0.87	1,550 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 58 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 28 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
15.00-15.30	28.50	62.67	37.30	54.50	1.03	800
15.30-16.00	28.40	63.00	37.55	54.50	1.03	800
16.00-16.30	28.47	63.00	37.75	56.00	1.03	800
16.30-17.00	28.63	62.00	37.60	53.00	1.03	800
ค่าเฉลี่ย	28.50	62.67	37.55	54.50	1.03	1,600 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 59 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
10.00-10.30	29.43	63.33	35.45	45.50	0.60	700
10.30-11.00	29.23	62.33	35.65	45.50	0.60	700
11.00-11.30	29.57	64.00	35.50	45.00	0.60	700
11.30-12.00	29.50	63.67	35.20	46.00	0.60	700
ค่าเฉลี่ย	29.43	63.33	35.45	45.50	0.60	1,400 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 60 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 1 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 1 เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
13.00-13.30	29.60	64.33	35.70	46.50	0.87	800
13.30-14.00	29.50	63.00	35.75	46.00	0.87	750
14.00-14.30	29.50	64.00	35.65	46.00	0.87	800
14.30-15.00	29.80	66.00	35.70	47.50	0.87	750
ค่าเฉลี่ย	29.60	64.33	35.70	46.50	0.87	1,550 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 61 บันทึกผลการทดลอง จากการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม เบอร์ 2 ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส แบบมีโหลด

ตั้งค่าอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ 29 องศาเซลเซียส ร่วมกับการเปิดพัดลม เบอร์ 2 เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2550

เวลาที่ทำการจดบันทึก	ระดับอุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ระดับอุณหภูมิ นอกห้อง (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ นอกห้อง (เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วลม แอร์+พัดลม (เมตรต่อวินาที)	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์)
15.00-15.30	29.63	63.33	35.45	47.50	1.03	800
15.30-16.00	29.53	62.33	35.30	46.50	1.03	850
16.00-16.30	29.60	64.00	35.45	48.50	1.03	800
16.30-17.00	29.77	63.67	35.60	47.50	1.03	800
ค่าเฉลี่ย	29.63	63.33	35.45	47.50	1.03	1,625 วัตต์-ชั่วโมง

ตาราง 62 ระดับความเร็วลมของพัดลมไฟฟ้าเฉลี่ยภายในห้องทดลอง ตามจุดที่มีเก้าอี้นั่ง

จุดวัด	ค่าความเร็วลม /ไม่ส่าย			ค่าความเร็วลม /ส่าย		
	(เมตรต่อวินาที)			(เมตรต่อวินาที)		
	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3
1	0.3	0.6	0.9	0.1	0.2	0.3
2	0.5	0.8	1.1	0.2	0.3	0.5
3	1.0	1.5	2.1	0.4	0.6	0.9
4	0.6	1.0	1.8	0.3	0.6	0.8
5	0.4	0.7	1.0	0.1	0.2	0.3
6	0.5	0.9	1.7	0.3	0.5	0.8
7	1.1	1.7	2.2	0.5	0.7	1.0
8	0.6	0.9	1.6	0.3	0.6	0.8
9	0.3	0.6	0.9	0.1	0.2	0.3
10	0.3	0.6	0.8	0.1	0.2	0.3
11	0.6	1.0	1.7	0.4	0.6	0.8
12	1.0	1.6	2.1	0.5	0.6	0.9
13	0.5	0.8	1.5	0.3	0.5	0.8
14	0.4	0.7	0.9	0.1	0.2	0.3
15	0.6	0.9	1.9	0.4	0.6	0.8
16	1.0	1.5	2.0	0.4	0.6	0.9
17	0.5	0.8	1.0	0.2	0.3	0.6
18	0.3	0.7	0.9	0.1	0.2	0.3
ค่าเฉลี่ย	0.58	0.96	1.45	0.27	0.43	0.63

ตาราง 63 ระดับความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลองที่วัดได้

จุดวัด	ระดับความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศ			ค่าเฉลี่ยแต่ละจุด
	(เมตรต่อวินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
1	0	0	0	0.00
2	0.3	0.3	0.3	0.30
3	1.0	0.9	1.0	0.97
4	1.1	1.0	1.1	1.07
5	0.9	0.9	1.0	0.93
6	0.7	0.7	0.6	0.67
7	0.3	0.3	0.3	0.30
ค่าเฉลี่ย	0.61	0.59	0.61	0.60

ตาราง 64 ความเร็วลมภายในห้องทดลอง จากการเปิดพัดลมร่วมกับเครื่องปรับอากาศ

สวิทช์ควบคุม พัดลม	ระดับความเร็วลม		รวม
	(เมตรต่อวินาที)		
	พัดลม	เครื่องปรับอากาศ	
1	0.27	0.60	0.87
2	0.43	0.60	1.03

หมายเหตุ ความเร็วลมที่นำมาพิจารณาในผลการทดลอง ใช้ค่าเฉลี่ยความเร็วลมตามสภาพการใช้
งานจริง คือ การเปิดพัดลม เบอร์ 1-2 หมุนรอบตัว ระดับความเร็วลมเฉลี่ย ณ จุดที่มีเก้าอี้นั่งของกลุ่ม
ทดลอง 0.27 และ 0.43 เมตรต่อวินาที รวมกับ ความเร็วลมเฉลี่ยที่ออกมาจากเครื่องปรับอากาศ 0.60
เมตรต่อวินาที

ตาราง 65 สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าของ อาคาร 12 คณะศึกษาศาสตร์ ย้อนหลัง 12 เดือน

เดือน	ปี	หน่วยที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าไฟ /หน่วย (บาท)	จำนวนเงินรวม (บาท)
กันยายน	2549	49,330.11	3.208	158,245.53
ตุลาคม	2549	49,526.88	3.133	155,151.34
พฤศจิกายน	2549	50,115.90	3.133	156,988.23
ธันวาคม	2549	35,432.49	3.133	111,025.33
มกราคม	2550	36,916.28	3.134	115,691.10
กุมภาพันธ์	2550	40,977.54	3.080	126,193.80
มีนาคม	2550	41,648.22	3.080	128,268.52
เมษายน	2550	38,775.51	3.080	119,425.98
พฤษภาคม	2550	41,820.72	3.080	128,796.50
มิถุนายน	2550	57,787.98	3.025	174,826.03
กรกฎาคม	2550	55,353.86	3.025	167,469.69
สิงหาคม	2550	54,476.56	3.026	164,824.02
รวม		552,162.05		1,706,906.07

การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศกับขนาดห้องที่จะทำการทดลอง โดยคำนวณค่าแฟกเตอร์อุณหภูมิภายนอกห้องที่ 35 องศาเซลเซียส ตามแบบฟอร์มการคำนวณต่อไปนี้

1. พื้นที่ห้อง

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามา ตามขนาดของพื้นที่ห้องเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่แตกต่างระหว่างในห้องปรับอากาศกับอากาศภายนอกห้อง

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่ห้อง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

$$= (4 \times 9) \times 32$$

$$= 1,152 \text{ Btu / h}$$

$$\text{หรือ} = 290.32 \text{ kcal / h}$$

2. ปริมาตรห้อง

คำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ที่เกิดจากการถ่ายเทอากาศภายในห้อง

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{ปริมาตรห้อง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (4 \times 9 \times 3.4) \times 20 \\ &= 2,448 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 616.93 \text{ kcal / h}$$

3. หน้าต่างที่แดดส่อง(เลือกเฉพาะด้านที่ได้รับความร้อนสูงสุดเพียงด้านเดียว)

(เนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีหน้าต่าง จึงไม่คำรายการนี้)

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

4. หน้าต่างทุกบานที่เหลือ (ไม่รวมในข้อที่ 3)

(เนื่องจากเป็นห้องที่ไม่มีหน้าต่าง จึงไม่คำรายการนี้)

$$\text{ปริมาณความร้อน} = \text{พื้นที่หน้าต่าง} \times \text{แฟกเตอร์}$$

5. ผนังภายนอกห้องที่แดดส่อง (ทิศตะวันตก)

เป็นการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อน ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังห้องด้านที่ถูกแดดส่อง

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (4 \times 3.4) \times 144 \\ &= 1,958.4 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 493.54 \text{ kcal / h}$$

6. ผนังภายนอกทั้งหมด (ไม่รวมข้อที่ 5)

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (9 \times 3.4) \times 100 \\ &= 3,060 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 771.16 \text{ kcal / h}$$

7. ผนังด้านในติดกับห้องที่ไม่ได้ปรับอากาศ

$$\begin{aligned}\text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่ผนัง} \times \text{แฟกเตอร์} \\ &= (9 \times 3.4) - (3.4 \times 4) \times 44 \\ &= 748 \text{ Btu / h}\end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 188.50 \text{ kcal / h}$$

8. ฝ้าเพดานหรือหลังคา

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณความร้อน} &= \text{พื้นที่เพดาน} \times \text{แฟกเตอร์} \\
 &= (4 \times 9) \times 108 \\
 &= 3,888 \text{ Btu / h} \\
 \text{หรือ} &= 979.83 \text{ kcal / h}
 \end{aligned}$$

9. จำนวนคนที่อยู่ในห้อง 15 คน

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณความร้อน} &= \text{จำนวนคน} \times \text{แฟกเตอร์} \\
 &= 15 \times 600 \\
 &= 9,000 \text{ Btu / h} \\
 \text{หรือ} &= 2,268 \text{ kcal / h}
 \end{aligned}$$

10. ดวงไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟฟ้าขนาด 36 W จำนวน 9 หลอด

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณความร้อน} &= \text{จำนวนวัตต์} \times \text{แฟกเตอร์} \\
 &= 324 \times 3 \\
 &= 972 \text{ Btu / h} \\
 \text{หรือ} &= 244.95 \text{ kcal / h}
 \end{aligned}$$

11. ปริมาณความร้อนทั้งหมดรวม

$$\begin{aligned}
 &= 23,226.4 \text{ Btu / h} \\
 \text{หรือ} &= 5,853.35 \text{ kcal / h}
 \end{aligned}$$

แบบสอบถามงานวิจัย

คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำปริญญาานิพนธ์ ของนายกิตติพงษ์ วิภววาณิชย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เรื่องการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกับพัดลม โดยแบบสอบถาม เป็นการสำรวจข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมในห้องปรับอากาศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมของการปรับระดับอุณหภูมิ และความเร็วลม เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศต่อไป

แบบสอบถามมี 2 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ถามเกี่ยวกับข้อมูลบางประการของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ถามเกี่ยวกับความรู้สึก ในขณะที่ท่านอยู่ในสถานที่ทดลอง และข้อคิดเห็นอื่นๆ

ตอนที่ 1

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ และเติมตัวเลขลงในช่องว่างให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงที่เกี่ยวกับตัวท่าน

1.1 เพศของท่าน

☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ.....ปี

1.3 ส่วนสูง.....เซนติเมตร

1.4 น้ำหนัก.....กิโลกรัม

1.5 สภาพร่างกายของท่านขณะนี้

☐ ปกติดี
☐ ไม่ปกติ เนื่องจาก
 ☐ ปวดท้อง ☐ ปวดศีรษะ หรือ เวียนศีรษะ
 ☐ เป็นหวัด ☐ ง่วงนอน
 ☐ เป็นไข้ ☐ อื่นๆ.....

1.6 โดยปกติท่านเป็นผู้ที่มีความรู้สึกไวต่ออุณหภูมิเพียงใด

☐ ปกติ ☐ มักจะร้อนกว่าผู้อื่น ☐ มักจะหนาวกว่าผู้อื่น

1.7 เครื่องแต่งกายที่ท่านสวมใส่ในขณะนี้ทั้งหมด

☐ เสื้อกล้าม	☐ เสื้อซับใน
☐ กางเกงใน	☐ ชุดชั้นใน
☐ เสื้อเชิ้ตแขนสั้น	☐ เสื้อเชิ้ตแขนยาว
☐ ผูกเน็คไท	☐ กางเกงขายาว
☐ กระโปรงสั้น	☐ กระโปรงยาว
☐ กางเกงยีนส์	☐ ชุดเดรส
☐ ถุงเท้าหนาสั้น	☐ ถุงเท้าบางสั้น
☐ ถุงเท้าบางยาว	☐ ถุงน่อง
☐ รองเท้าหุ้มส้น	☐ รองเท้าसानโปรง
☐ อื่นๆ.....	☐ อื่นๆ.....

1.8 ท่านรู้สึกสบายกับเครื่องแต่งกายของท่านหรือไม่

☐ สบาย ☐ ไม่สบาย

ตอนที่ 2

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐ ให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงที่เกี่ยวกับตัวท่าน

2.1 ท่านมีความรู้สึกว่าคุณณิมิขณะนี้ร้อนหรือหนาวอย่างไร

หนาว เย็น เย็นเล็กน้อย ปกติ/ไม่ร้อนไม่หนาว อุ่นเล็กน้อย อุ่น ร้อน
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.2 โดยรวมท่านรู้สึกว่าคุณณิมินี้ควรจะเป็นอย่างไร

เย็นลงมาก เย็นลง เย็นลงเล็กน้อย ไม่เปลี่ยนแปลง อุ่นขึ้นเล็กน้อย อุ่นขึ้นมาก ร้อนขึ้น
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.3 ท่านรู้สึกว่าคุณณิมิมีลมอย่างไร

อากาศนิ่งไม่มีลม มีลมบ้างเล็กน้อย มีลมกำลังดี ลมแรงเกินไปเล็กน้อย ลมแรงมาก
☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.4 โดยรวมท่านรู้สึกว่าคุณณิมินี้ควรจะมีลมอย่างไร

อากาศนิ่งไม่มีลม มีลมลดลง ไม่เปลี่ยนแปลง มีลมแรงขึ้นเล็กน้อย มีลมแรงขึ้นปานกลาง มีลมแรงขึ้นมาก
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.5 ท่านมีความรู้สึกว่าคุณณิมินี้ความชื้นในอากาศเป็นอย่างไร

แห้งมาก แห้งเล็กน้อย พอดี ชื้นเล็กน้อย ชื้นมาก
☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.6 โดยรวมท่านมีความรู้สึกว่าคุณณิมินี้ความชื้นในอากาศควรจะเป็นอย่างไร

แห้งลงมาก แห้งลงเล็กน้อย ไม่เปลี่ยนแปลง ชื้นขึ้นเล็กน้อย ชื้นขึ้นมาก
☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.7 ท่านมีความรู้สึกกับสภาพอากาศขณะนี้อย่างไร

สบาย ค่อนข้างสบาย ไม่สบายเล็กน้อย ไม่สบาย ไม่สบายมาก
☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.8 โดยรวมท่านยอมรับสภาพอากาศขณะนี้หรือไม่

ยอมรับ ไม่ยอมรับ
☐ ☐

2.9 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบ ห้องทดลอง และอุปกรณ์ในการทดลอง



ภาพประกอบ 43 ห้องเรียน 901 ที่ใช้ในการทดลอง เป็นห้องเรียนอุตสาหกรรมศึกษา



ภาพประกอบ 44 สภาพภายในห้องที่ทำการทดลอง



ภาพประกอบ 45 เครื่องปรับอากาศ (ชุดคอยล์เย็น)



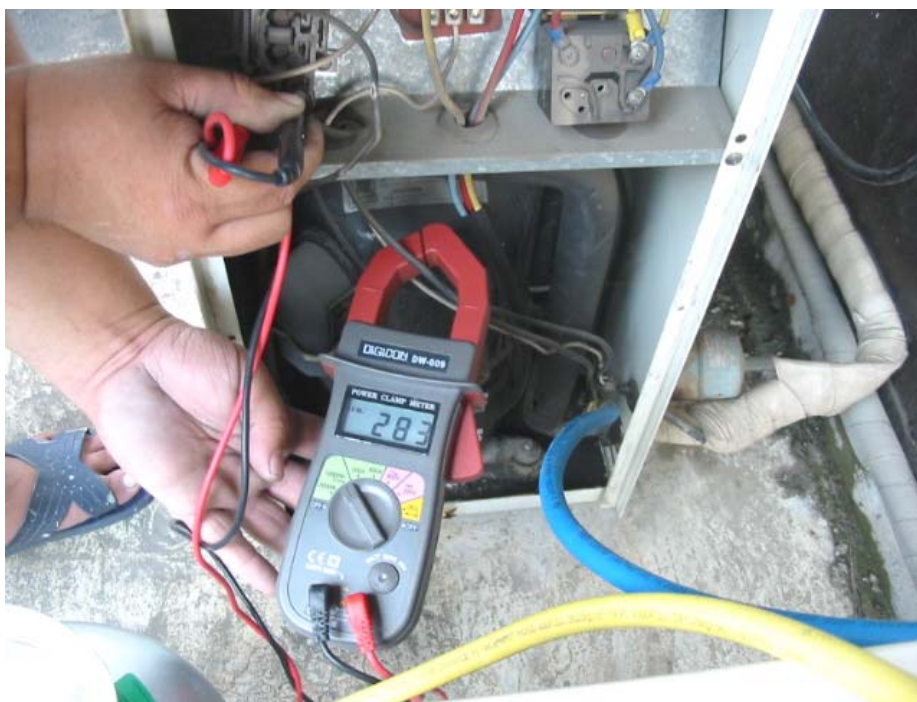
ภาพประกอบ 46 เครื่องปรับอากาศ (ชุดคอนเดนซิ่ง)



ภาพประกอบ 47 เครื่องปรับอากาศ (สวิตช์ควบคุมอุณหภูมิ และ ปิด-เปิด)



ภาพประกอบ 48 การเติมน้ำยาแอร์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการทดลอง



ภาพประกอบ 49 การวัดค่ากำลังไฟฟ้า ของชุดคอนเดนซิ่ง



ภาพประกอบ 50 การทำความสะอาดชุดคอนเดนซิ่งยูนิต



ภาพประกอบ 51 พัดลมไฟฟ้าแบบโคจร ที่ จะ ทำ การ ติด ตั้ง



ภาพประกอบ 52 การติดตั้งพัดลมไฟฟ้าแบบโคจร บนฝ้าเพดาน



ภาพประกอบ 53 พัดลมไฟฟ้าแบบโคจร ที่ทำการติดตั้งแล้วเสร็จ



รายละเอียดผลิตภัณฑ์

R-Value = 11	hr.ft².i/Btu
ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (JIS R3106) Reflectivity	86%
ค่าการแผ่รังสีความร้อน Emissivity	0.14
ค่าการนำความร้อน (ASTM C-177) Thermal Conductivity	0.030 W/m.k.
การลดการส่งผ่านความร้อน (65 °c) Heat Protection	15 °c
การดูดซับน้ำ (JIS K6767) Water Absorption	0 %
ขนาด (ก x ย)	60 x 60 cm.
ความหนา	5 mm.
พื้นที่รวม / จำนวนรวม	7.2 sqm. / 20 pcs.
น้ำหนักต่อตารางเมตร	275 g.

26 SEP 2006
18 OCT 2006
26 OCT 2006

ภาพประกอบ 54 ฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งบนฝ้าเพดาน เพื่อลดภาระการทำความเย็น



ภาพประกอบ 55 เครื่องวัดเพาเวอร์แคลมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ Digicon รุ่น DW-609



ภาพประกอบ 56 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แบบมือถือ ยี่ห้อ Digicon รุ่น HT-775-232



ภาพประกอบ 57 เครื่องวัดความเร็วลม ชนิดแบบใบพัด ยี่ห้อ Digicon รุ่น DA-43



ภาพประกอบ 58 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ Digital รุ่น MT-2



ภาพประกอบ 59 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า กิโลวัตต์เออาร์มิเตอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น MF-63 E



ภาพประกอบ 60 เครื่องวัดมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Sunwa รุ่น YX-960TRE



ภาพประกอบ 61 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า วัดดีเอ็นเอรีเตอร์ แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Energy Max รุ่น EMS12C



ภาพประกอบ 62 การวัดความเร็วลมหน้าตะแกรงพัดลมโคจร



ภาพประกอบ 63 การวัดความเร็วลม ตามจุดที่นั่งภายในห้องที่ทำการทดลอง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายกิตติพงษ์ วิภววาณิชย์
วันเดือนปีเกิด	13 ธันวาคม 2515
สถานที่เกิด	อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	39/44 ซอยวัฒนานานิเวศน์ 4 แยก 1 ถนนสุทธิสารวินิจฉัย แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ฝ่ายประเมินราคาหลักประกัน ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่ง- ประเทศไทย เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2534	มัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนแจ้ห่มวิทยา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2538	ครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) โปรแกรมวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2550	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร