ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก

นาย ทรงพล โพธิ์สุวัฒนากุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INTEGRATED ENERGY EFFICIENCY RATIO (IEER) FOR SMALL SPLIT TYPE AIR CONDITIONERS

Mr. Songpol Phosuwattanakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009
Copyright of Chulalongkorn University.

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก
โดย	นาย ทรงพล โพธิ์สุวัฒนากุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราภิชาน ทวี เวชพฤติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทรงพล โพธิ์สุวัฒนากุล : ประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก. (INTEGRATED ENERGY EFFICIENCY RAIO (IEER) FOR SMALL SPLIT TYPE AIR CONDITIONERS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา, 105 หน้า.

ค่า EER ที่คำนวณได้จากการทดสอบเครื่องปรับอากาศตามมาตรฐานในปัจจุบันทำที่ 100%FL (100% Full Load) และที่สภาวะอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร 35 °C แต่ในสภาวะการใช้งานจริงเครื่องปรับอากาศแทบจะไม่ได้ทำงานที่ 100%FL เลย และอุณหภูมิภายนอกอาคารก็ไม่คงที่ ดังนั้นค่า EER ที่ได้จึงไม่สามารถสะท้อนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศตามความเป็นจริงได้

งานวิจัยนี้เป็นการประดิษฐ์สูตรเพื่อหาค่า EER ที่เหมาะสม (IEER) โดยเริ่มจากการนำเอา Energy Simulation Program (Energy Plus) มาจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นรายชั่วโมงสำหรับห้องตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลอากาศจริงของกรุงเทพมหานคร เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%FL) ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่างๆกัน จากนั้นจึงนำเอาสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์แบบอินเวอร์เตอร์มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่า EER กับเปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%FL) จากการใช้กฎของซิมป์สันเพื่อคำนวณหาพื้นที่ภายใต้โค้งของค่า EER เป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี จะสามารถสร้างสูตรอย่างง่ายที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปคำนวณหาค่าของ EER ของเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์ได้ดังต่อไปนี้ คือ 1) สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน $IEER = 0.69 \times EER_{50\%FL} - 0.11 \times EER_{65\%FL} + 0.33 \times EER_{75\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ใช้ทดสอบสำหรับค่า EER ที่ 50%, 65%, 75% และที่ 100%FL คือ 32.7°C, 35.0°C, 36.3°C และ 38.9°C ตามลำดับ 2) สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน $IEER = 0.66 \times EER_{30\%FL} - 0.08 \times EER_{40\%FL} + 0.33 \times EER_{55\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ใช้ทดสอบสำหรับค่า EER ที่ 30%, 40%, 55% และที่ 100%FL คือ 27.9°C, 29.0°C, 30.0°C และ 30.4°C ตามลำดับ 2) สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานทั้งกลางวันและกลางคืน $IEER = 0.61 \times EER_{35\%FL} - 0.03 \times EER_{50\%FL} + 0.33 \times EER_{65\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ โดยอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารที่ใช้ทดสอบสำหรับค่า EER ที่ 35%, 50%, 65% และที่ 100%FL คือ 28.0°C, 29.4°C, 31.1°C และ 37.7°C ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว จำนวนจุดที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อหาค่า *IEER* สามารถที่จะลดลงเหลือเพียง 2 หรือ 3จุดก็ได้ หากเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงเกินไป

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต.....ทรงพล โพธิ์สุวัฒนากุล.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552

4870665721 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: SPLIT TYPE AIR CONDITIONERS / EER / IEER

SONGPOL PHOSUWATTANAKUL: INTEGRATED ENERGY EFFICIENCY RAIO (IEER) FOR SMALL SPLIT TYPE AIR CONDITIONERS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. TUL MANEWATTANA, Ph.D., 105 pp.

EER value calculated from the current standard for testing of air conditioner is performed at the operating conditions of 100%FL (100% Full Load) and at outdoor air temperature of 35 degree-C. However, in the actual use of air conditioners, it seldom works at 100%FL and the outdoor temperature does also vary, therefore present EER value could not reflect the actual performance of air conditioners as a reality.

This research work has devised a practical formula to determine the appropriate value of EER (*IEER*) by first using the Energy Simulation Program (Energy Plus) to simulate the performance of air conditioners in an example rooms using actual weather data for Bangkok and then finding out the percent full loads (%FL) for different outdoor air temperatures. The next step is to use the performance of a variable speed compressor to build the relationship between EER values and the percent full loads (%FL). By using Simpson's rule to calculate area under the curve of the hourly year round EER, one can create a simple formula that is practical and can be used to calculate the value of EER for inverter air conditioners. The devising formulas are as follows: 1) For air conditioner that operates during the day; $IEER = 0.69 \times EER_{50\%FL} - 0.11 \times EER_{65\%FL} + 0.33 \times EER_{75\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ The outdoor air temperature used for testing EER values at 50%, 65%, 75% and 100%FL are at 32.7, 35.0, 36.3 and 38.9 degree-C, respectively. 2) For air conditioner that operates at night; $IEER = 0.66 \times EER_{30\%FL} - 0.08 \times EER_{40\%FL} + 0.33 \times EER_{55\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ The outdoor air temperature used for testing EER values at 30%, 40%, 55% and 100%FL are at 27.9, 29.0, 30.0 and 30.4 degree-C, respectively. 3) For air conditioner that operates 24 hours a day; $IEER = 0.61 \times EER_{35\%FL} - 0.03 \times EER_{50\%FL} + 0.33 \times EER_{65\%FL} + 0.08 \times EER_{100\%FL}$ The outdoor air temperature used for testing EER values at 35%, 50%, 65% and 100%FL are at 28.0, 29.4, 31.1 and 37.7 degree-C, respectively. In addition, number of testing points that must be used to determine *IEER* can be reduced to only 2 or 3 points if the test costs is too high.

Department: Mechanical Engineering. Student's signature.....

Field of study: Mechanical Engineering Advisor's signature.....

Academic year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความเมตตาและกรุณาที่ท่านอาจารย์มีต่อตัวข้าพเจ้า ทั้งในด้านวิชาการและจริยธรรมอันดีงาม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานร่วมกับคนอื่นทั้งในงานวิจัยและในการดำเนินชีวิตในอนาคตภาคหน้า

ขอขอบพระคุณ ศาสตราภิชาน ทวี เวชพฤติ รศ. ฤชากร จิรกาลวสาน และ รศ.ดร.วิทยา ยงเจริญ เป็นอย่างสูง ที่ให้ความเอื้อเฟื้อและคำแนะนำในการวิจัยชิ้นนี้ จนกระทั่งได้ผลสำเสร็จสมบูรณ์

และขอขอบพระคุณท่านประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาเพื่อตรวจทานงานวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จอย่างสมบูรณ์

ผลสัมฤทธิ์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบเป็นพระคุณอันยิ่งใหญ่ของบิดา-มารดา คุณกำธร – คุณพรพรรณ โพธิ์สุวัฒนากุล คุณครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมไปถึงเพื่อนนักศึกษา รุ่นพี่ รุ่นน้องที่ได้ร่วมกันให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านผู้สนใจจะได้รับประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษางานวิจัยเล่มนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……..……..ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……...……จ

กิตติกรรมประกาศ……..……..……ฉ

สารบัญ……..……...……ช

สารบัญตาราง.....…….ญ

สารบัญภาพ……..……..……ฑ

บทที่ 1 บทนำ……1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์……..……1

1.3 ขอบเขตงานวิจัย……..……...1

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย……...…2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6

3.1 สมรรถนะของคอม Compressor กับ Cooling Capacity.....6

3.2 ผลของ Evaporating Temperature….....7

3.3 ผลของ Condensing Temperature.....8

บทที่ 4 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก..……9

4.1 สถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของอาคารตัวอย่าง……9

4.2 อาคารตัวอย่าง……9

4.3 ลักษณะของห้องแต่ละห้องในอาคารตัวอย่าง……11

4.3.1 ห้องน้ำชั้นล่าง (Z11) ……..……...……..11

4.3.2 ห้องเก็บของ (Z12) ……..……...……..11

4.3.3 ห้องนอนชั้นล่าง (Z13) ……..……...……..12

4.3.4 ห้องรับแขก (Z21) …..……..……...……..13

4.3.5 ห้องน้ำชั้นสอง (Z22) ……..……...……..13

4.3.6 ห้องครัว (Z23) ……..……..……..14

4.3.7 ห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันตก (Z31) ……..……..14

4.3.8 ห้องน้ำชั้นสาม (Z32) ……..……...……..15

หน้า

4.2.9 ห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก (Z33) ……..……...…15
4.2.10 ห้องโถง (Z0) ……16
4.2.11 ห้องใต้หลังคา (ZRoof) ……...……..16
4.4 ส่วนประกอบของอาคารตัวอย่าง…..……16
4.5 ภาระความร้อนภายในห้อง (Internal Load)…..……17
4.5.1 ภาระความร้อนจากผู้พักอาศัยภายในห้อง …..……...……..17
4.5.2 ภาระความร้อนจากการระบายอากาศ …..……17
4.5.3 ภาระความร้อนจากระบบแสงสว่าง…….……18
4.6 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ…..……18
4.7 ผลการคำนวณจากโปรแกรม Energy Plus …..……21
บทที่ 5 การสร้างสูตรเพื่อคำนวณ IEER ……24
5.1 ความสำคัญและความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องทดสอบและอุณหภูมิจาก สภาวะแวดล้อม ……...…24
5.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกอาคารกับ EER ของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง …..24
5.3 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Load Fraction) ……..25
5.4 การหาค่า IEER จาก Load Fraction ……..……..26
5.5 การประยุกต์ใช้กฎของซิมป์สัน ……..……..……..29
5.6 การหาค่า IEER ……...……..……..30
5.6.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน.....32
5.6.1.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z13.....33
5.6.1.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z21.....35
5.6.1.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z31.....37
5.6.1.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z33.....39
5.6.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน.....41
5.6.2.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z13.....42
5.6.2.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z21.....44
5.6.2.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z31.....46
5.6.2.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z33.....48
5.6.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน……50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

5.6.3.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z13.....51
5.6.3.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z21.....53
5.6.3.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z31.....55
5.6.3.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในห้อง Z33.....57
5.7 การหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับหาค่า IEER ……..……..59
5.7.1 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงาน ในเวลากลางวัน ……..……...59
5.7.2 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงาน ในเวลากลางคืน ……..…...60
5.7.3 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงาน ตลอดทั้งวัน ……..……..…...61
5.8 สภาวะสำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศ……...……62
5.8.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานในเวลากลางวัน ……..……..…...62
5.8.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานในเวลากลางคืน……..…….....63
5.8.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ ที่ทำงานตลอดทั้งวัน……..……63
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ……..……..64
สรุปผลการวิจัย……..……64
ข้อเสนอแนะ……..……..……..65
รายการอ้างอิง.....67
ภาคผนวก.....68
ภาคผนวก ผลการจำลองจากโปรแกรม EnergyPlus……69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงภาระความร้อนภายในห้อง.....18
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศ
ทำงานในเวลากลางวัน.....19
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศ
ทำงานในเวลากลางคืน.....20
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศ
ทำงานตลอดทั้งวัน.....21
ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการหาค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
และค่า EER.....27
ตารางที่ 5.2 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงาน
ออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน.....32
ตารางที่ 5.3 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วน
ให้เป็นจำนวนเต็ม.....32
ตารางที่ 5.4 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ 34
ตารางที่ 5.5 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z21 ในกรณีต่างๆ 36
ตารางที่ 5.6 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ 38
ตารางที่ 5.7 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33 ในกรณีต่างๆ 40
ตารางที่ 5.8 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงาน
ออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน.....41
ตารางที่ 5.9 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วน
ให้เป็นจำนวนเต็ม.....41
ตารางที่ 5.10 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ 43
ตารางที่ 5.11 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z21 ในกรณีต่างๆ 45
ตารางที่ 5.12 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ 47
ตารางที่ 5.13 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33 ในกรณีต่างๆ 49
ตารางที่ 5.14 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงาน
ออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน.....50

หน้า

ตารางที่ 5.15 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วน
ให้เป็นจำนวนเต็ม……..…….50
ตารางที่ 5.16 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ ……52
ตารางที่ 5.17 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z21 ในกรณีต่างๆ ……..…54
ตารางที่ 5.18 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ ……56
ตารางที่ 5.19 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33 ในกรณีต่างๆ ……58
ตารางที่ 5.20 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่าง่าย
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน……...…59
ตารางที่ 5.21 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่าง่าย
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน……...…60
ตารางที่ 5.22 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่าง่าย
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน.....……...…61
ตารางที่ 5.23 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับ
ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน…...……...…62
ตารางที่ 5.24 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับ
ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน…...……...…63
ตารางที่ 5.25 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับ
ห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน.....…...……...…63
ตารางที่ 6.1 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน…….……...…….53
ตารางที่ 6.2 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน…….……...…….65
ตารางที่ 6.3 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER
เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน……...……...…….65
ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……..……..…70
ตารางที่ ก.2 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……..…..70

หน้า

ตารางที่ ก.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……..……..…73
ตารางที่ ก.4 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……..…..73
ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……...…76
ตารางที่ ก.6 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……..…..76
ตารางที่ ก.7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……..……79
ตารางที่ ก.8 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……..…..79
ตารางที่ ก.9 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……...…82
ตารางที่ ก.10 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……..……82
ตารางที่ ก.11 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……...…85
ตารางที่ ก.12 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……..……85
ตารางที่ ก.13 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……...……88
ตารางที่ ก.14 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……..……..88
ตารางที่ ก.15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……..……91
ตารางที่ ก.16 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……..……91

หน้า

ตารางที่ ก.17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……...…94
ตารางที่ ก.18 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……..…..…94
ตารางที่ ก.19 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……...…97
ตารางที่ ก.20 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……..……..…97
ตารางที่ ก.21 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……....…100
ตารางที่ ก.22 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……..……100
ตารางที่ ก.23 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……...……..103
ตารางที่ ก.24 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……..……..103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบหาค่า SEER 4
รูปที่ 2.2 แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบหาค่า IPLV 5
รูปที่ 3.1 แสดงสมรรถนะการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์.....6
รูปที่ 3.2 แสดง Power Consumption ของคอมเพรสเซอร์.....6
รูปที่ 3.3 อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น.....6
รูปที่ 3.4 ประสิทธิภาพการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ 7
รูปที่ 3.5 ผลของการปรับเปลี่ยน Evaporating Temperature บน P-h Diagram.....7
รูปที่ 3.5 ผลของการปรับเปลี่ยน Condensing Temperatureบน P-h Diagram.....8
รูปที่ 4.1 แปลนชั้นล่างของอาคารตัวอย่าง.....9
รูปที่ 4.2 แปลนชั้น 2 ของอาคารตัวอย่าง.....10
รูปที่ 4.3 แปลนชั้น 3 ของอาคารตัวอย่าง.....10
รูปที่ 4.4 ภาพสามมิติของอาคารตัวอย่าง.....11
รูปที่ 4.5 ภาพสามมิติของห้อง Z11.....11
รูปที่ 4.6 ภาพสามมิติของห้อง Z12.....12
รูปที่ 4.7 ภาพสามมิติของห้อง Z13.....12
รูปที่ 4.8 ภาพสามมิติของห้อง Z21.....13
รูปที่ 4.9 ภาพสามมิติของห้อง Z22.....13
รูปที่ 4.10 ภาพสามมิติของห้อง Z23.....14
รูปที่ 4.11 ภาพสามมิติของห้อง Z31.....15
รูปที่ 4.12 ภาพสามมิติของห้อง Z32.....15
รูปที่ 4.13 ภาพสามมิติของห้อง Z33.....16
รูปที่ 4.14 ภาพสามมิติของห้อง Z0.....16
รูปที่ 4.15 ภาพสามมิติกันสาด.....17
รูปที่ 5.1 ประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง.....24
รูปที่ 5.2 แสดงการหาความสัมพันธ์ของ EER กับ Tdb 25
รูปที่ 5.3 EER ของเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี 28
รูปที่ 5.4 ค่าของ EER ที่เป็นฟังก์ชันของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
ตลอดทั้งปี.....28

หน้า

รูปที่ 5.5 การหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ตลอดทั้งปี……29
รูปที่ 5.6 EER ของเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี ……...……29
รูปที่ 5.7 แสดงการแบ่งพื้นที่ใต้โค้ง……...……30
รูปที่ 5.8 แสดงการประมาณค่านอกช่วง……31
รูปที่ 5.9 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง z13…….....…..33
รูปที่ 5.10 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี ……..……..33
รูปที่ 5.11 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z21…….…….35
รูปที่ 5.12 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี ……..……..35
รูปที่ 5.13 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z31…….…….37
รูปที่ 5.14 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี ……..……..37
รูปที่ 5.15 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z33……..…39
รูปที่ 5.16 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี ……..……..39
รูปที่ 5.17 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z13……...42
รูปที่ 5.18 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี ……..……..42
รูปที่ 5.19 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z21……..…44
รูปที่ 5.20 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี ……..……..44
รูปที่ 5.21 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z31……..…46
รูปที่ 5.22 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี ……..……..46
รูปที่ 5.23 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ สำหรับห้อง Z33……..48
รูปที่ 5.24 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี ……..……..48

หน้า

รูปที่ 5.25 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
สำหรับห้อง Z13……..51
รูปที่ 5.26 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี ……..……..51
รูปที่ 5.27 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
สำหรับห้อง Z21……..…53
รูปที่ 5.28 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี ……..……..53
รูปที่ 5.29 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
สำหรับห้อง Z31……..…55
รูปที่ 5.30 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี ……..……..55
รูปที่ 5.31 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ
สำหรับห้อง Z33……..……..57
รูปที่ 5.32 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี ……..……..57
รูปที่ ก.1 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13.....69
รูปที่ ก.2 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z13.....69
รูปที่ ก.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……..…..69
รูปที่ ก.4 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13.....71
รูปที่ ก.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13……..71
รูปที่ ก.6 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21.....72
รูปที่ ก.7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z21.....72
รูปที่ ก.8 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……..…..72
รูปที่ ก.9 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21.....74
รูปที่ ก.10 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21……..…74
รูปที่ ก.11 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31.....75
รูปที่ ก.12 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z31.....75

หน้า

รูปที่ ก.13 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……..75
รูปที่ ก.14 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31.....77
รูปที่ ก.15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31……77
รูปที่ ก.16 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33.....78
รูปที่ ก.17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z33.....78
รูปที่ ก.18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……78
รูปที่ ก.19 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33.....80
รูปที่ ก.20 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33……80
รูปที่ ก.21 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13.....81
รูปที่ ก.22 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z13.....81
รูปที่ ก.23 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……81
รูปที่ ก.24 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13.....83
รูปที่ ก.25 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13……83
รูปที่ ก.26 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21.....84
รูปที่ ก.27 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z21.....84
รูปที่ ก.28 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……84
รูปที่ ก.29 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21.....86
รูปที่ ก.30 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21……86
รูปที่ ก.31 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31.....87
รูปที่ ก.32 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z31.....87

หน้า

รูปที่ ก.33 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……87
รูปที่ ก.34 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31.....89
รูปที่ ก.35 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31……89
รูปที่ ก.36 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33.....90
รูปที่ ก.37 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z33.....90
รูปที่ ก.18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……90
รูปที่ ก.39 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33.....92
รูปที่ ก.40 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33……92
รูปที่ ก.41 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13.....93
รูปที่ ก.42 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13……93
รูปที่ ก.43 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13.....95
รูปที่ ก.44 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13……95
รูปที่ ก.45 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21.....96
รูปที่ ก.46 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21……96
รูปที่ ก.47 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21.....98
รูปที่ ก.48 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21……98
รูปที่ ก.49 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31.....99
รูปที่ ก.50 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31……99
รูปที่ ก.51 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31.....101

หน้า

รูปที่ ก.52 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31……...101
รูปที่ ก.53 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33.....102
รูปที่ ก.18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิ
กระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33……...102
รูปที่ ก.39 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33.....104
รูปที่ ก.40 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงาน
ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33……...104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปี 2549 ที่ผ่านมามีการใช้พลังงานไฟฟ้า 385,963 ล้านบาท โดยเป็นการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย 22.27% ในขณะที่ 60% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในครัวเรือนเป็นการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายสูงถึง 50,947 ล้านบาทต่อปี ถ้าสามารถลดการใช้พลังงานโดยการบังคับควบคุมหรือรณรงค์ให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพโดยรวมดีขึ้น จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานได้อย่างมาก

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกระทรวงพลังงานได้รณรงค์ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วยการรณรงค์ให้ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงโดยติดฉลากประหยัดไฟฟ้าแยกเป็นเบอร์ต่างๆ โดยใช้ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ หรือ Energy Efficiency Ratio (EER) ในการแยกระดับการประหยัดพลังงาน

การใช้ EER ซึ่งเป็นดัชนีการวัดในปัจจุบันเป็นการวัดที่จุดอุณหภูมิทำงานเพียงจุดเดียว แต่ในสภาวะความเป็นจริงเครื่องปรับอากาศจะทำงานภายใต้ช่วงเวลาต่างๆของวัน และฤดูต่างๆในรอบปีซึ่งมีสภาพอากาศแตกต่างกัน หากเปลี่ยนมาใช้ดัชนีการชี้วัดตัวอื่นซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพการทำความเย็นเฉลี่ยซึ่งสามารถสะท้อนถึงประสิทธิภาพที่ทุกช่วงสภาวะการทำงาน จะทำให้สามารถเลือกเครื่องปรับอากาศซึ่งประหยัดการพลังงานได้อย่างแท้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

(1) นำโปรแกรมสำเร็จรูปจำลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่สภาวะอุณหภูมิอากาศภายนอกต่างๆ

(2) ศึกษาแนวทางในการกำหนดค่า IEER สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

(1) ศึกษาโครงสร้างเครื่องปรับอากาศขนาด 1 - 1.5 ตันจากผู้ผลิตที่นิยมติดตั้งในกรุงเทพมหานคร

(2) ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลอากาศภายในกรุงเทพมหานคร

(3) ศึกษาการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (Energy Plus) ในการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับในสำนักงานและบ้านพัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

(1) นำข้อมูลอากาศ 24 ชม ตลอดทั้งปี จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เพื่อศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาด 1-1.5 ตันเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี

(2) แยกหมวดหมู่ของลักษณะการใช้พลังงานและประสิทธิภาพ ตามช่วงเวลาของวันและฤดูกาล

(3) กำหนดแนวทางและวิธีการในการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตและหน่วยงานของรัฐได้พิจารณาและนำไปใช้ต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) แนวทางในการทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบอินเวอร์เตอร์

(2) สูตรอย่างง่ายที่สามารถใช้เป็นตัวแทนบ่งบอกค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศมีหลายค่า ปัจจุบันในประเทศไทยใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ Energy Efficiency Ratio: EER เป็นอัตราส่วนของความสามารถในการทำความเย็นต่อปริมาณพลังงานที่เครื่องปรับอากาศต้องการ

$$EER = \frac{Cooling\ Capacity\ (Btu/h)}{Power\ Consumption\ (W)} \quad (2.1)$$

พลังงานที่เครื่องปรับอากาศต้องการประกอบด้วยพลังงานที่ให้กับ คอมเพรสเซอร์ ให้กับพัดลมของ Evaporator และ พลังงานที่ให้กับพัดลมของ Condenser

$$Power\ Consumption = Compressor\ Work + Evaporator\ Fan\ Work + Condensor\ Fan\ Work \quad (2.2)$$

ดังนั้นอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานจะมีค่าเท่ากับ

$$EER = \frac{Cooling\ Capacity}{Compressor\ Work + Evaporator\ Fan\ Work + Condensor\ Fan\ Work} \quad (2.3)$$

มาตรฐานของประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยจัดแบ่งโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งมาตรฐานเบอร์ 5 จะเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพพลังไฟฟ้าสูงที่สุด โดยที่มาตรฐานเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จะมีค่า EER ตั้งแต่ 11.0 Btuh/Watt ขึ้นไป ภายใต้สภาวะการทำงานที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้อง 27°C อุณหภูมิกระเปาะเปียกภายในห้อง 19°C และอุณหภูมิภายนอกห้อง 35°C

Air-Conditioning Refrigeration Institute (ARI) โดยที่มาตรฐาน ARI 210/240 [1] ได้กำหนดมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศที่ขึ้นกับฤดูกาล Seasonal Energy Efficiency Ratio: SEER เป็นการพัฒนาจากประเทศในทวีปยุโรปและอเมริกาซึ่งเป็นประเทศในเขตภูมิอากาศอบอุ่นและเขตหนาว SEER คำนวณจาก

$$SEER = \frac{\sum Cooling\ Capacity\ (Btu/h)}{\sum Power\ Consumption\ (W)} \quad (2.4)$$

โดยมาตรฐาน ARI210/240 ได้กำหนดสภาวะทดสอบสำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีคอมเพรสเซอร์ที่ทำงานที่ความเร็วเดียวไว้สี่สภาวะ ดังรูป

Table 3. Cooling Mode Test Conditions for Units Having a Single-Speed Compressor and a Fixed-Speed Indoor Fan, a Constant Air Volume Rate Indoor Fan, or No Indoor Fan

Test Description	Air Entering Indoor Unit Temperature				Air Entering Outdoor Unit Temperature				Cooling Air Volume Rate
	Dry-Bulb		Wet-Bulb		Dry-Bulb		Wet-Bulb		
	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	
A Test - required (steady, wet coil)	80.0	26.7	67.0	19.4	95.0	35.0	75.0(1)	23.9(1)	Cooling Air Volume Rate(2)
B Test - required (steady, wet coil)	80.0	26.7	67.0	19.4	82.0	27.8	65.0(1)	18.3(1)	Cooling Air Volume Rate (2)
C Test - optional (steady, dry coil)	80.0	26.7	(3)		82.0	27.8	–		Cooling Air Volume Rate (2)
D Test - optional (cyclic, dry coil)	80.0	26.7	(3)		82.0	27.8	–		(4)

Notes:

(1) The specified test condition only applies if the unit rejects condensate to the outdoor coil.
(2) Defined in section 6.1.3.3.1.
(3) The entering air must have a low enough moisture content so no condensate forms on the indoor coil. (It is recommended that an indoor wet-bulb temperature of 57.0 °F [13.9 °C] or less be used.)
(4) Maintain the airflow nozzles static pressure difference or velocity pressure during the ON period at the same pressure difference or velocity pressure as measured during the C Test.

รูปที่ 2.1 แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบหาค่า SEER

2.2 Liu, Sheng-Chun; Ma, Yi-Tai, Lu, Wei [2] ได้ทำการศึกษาเครื่องปรับอากาศที่ผลิตในประเทศจีน พบว่าค่าการใช้ EER และSEERเป็นมาตรฐานสามารถทำให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3 Ji Young JANG [3] และคณะได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบดัชนีสองคัวคือ EER และ SEER ที่ใช้ในการชี้วัดประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในบ้านพักอาศัย โดยศึกษากับเครื่องปรับอากาศที่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของคอมเพรสเซอร์ได้หลายสภาวะ (inverter) กับเครื่องปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์สองตัวช่วยกันทำงาน (Multi Power System: MPS) พบว่าค่า EER ยังไม่สามารถสะท้อนการใช้พลังงานที่แท้จริงได้ ขณะที่ SEER สามารถชี้วัดการใช้พลังงานได้ใกล้เคียงกว่าเมื่อทำการพิจารณาการใช้พลังงานรวมตลอดทั้งปี

2.4 สำหรับ Water Chiller มาตรฐาน ARI 550/590 [4] ใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานตัวหนึ่งเป็น Integrated Part Load Value (IPLV) ซึ่งเป็นดัชนีที่รวมคำนวณประสิทธิภาพการทำงานที่ภาวะ Part Load โดยพิจารณาจากภาวะที่อุณหภูมิ Condensing Temperature ที่แตกต่างกันโดยจะเปลี่ยนแปลงไปตามภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาล ซึ่งค่า IPLV คำนวณจาก

$$IPLV = 0.01A + 0.42B + 0.45C + 0.12D \quad (2.5)$$

เมื่อ $A = EER \text{ or } COP \text{ at } 100\% \text{ capacity}$

$B = EER \text{ or } COP \text{ at } 75\% \text{ capacity}$

$C = EER \text{ or } COP \text{ at } 50\% \text{ capacity}$

$D = EER \text{ or } COP \text{ at } 25\% \text{ capacity}$

ซึ่งภาวะ Part Load จะใช้สภาวะการทดสอบตามมาตรฐาน ARI550/590 ดังรูป

Table 3. Part-Load Conditions for Rating

	IPLV		NPLV	
Evaporator (All Types)				
100% load LWT	[2]44.0 °F	6.7 °C	[2]Selected LWT	[2]Selected LWT
0% load LWT	44.0 °F	6.7 °C	Same as 100% load	Same as 100% load
Flow Rate (gpm)	[3]2.4 gpm/ton	0.043 L/s per kW	[3]Selected gpm/ton	[3][L/s per kW]
F.F.A.	0.0001 h · ft2 · °F/Btu	0.000018 m^2 · °C/ W	As Specified	As Specified
[1]*Water-Cooled Condenser*				
100% load EWT	[2]85.0°F	29.4 °C	[2]Selected EWT	[2]Selected EWT
75% load EWT	75.0 °F	23.9 °C	[4]	[4]
50% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	[4]	[4]
25% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	[4]	[4]
0% load EWT	65.0 °F	18.3 °C	65.0 °F	18.3 °C
Flow rate (gpm) [L/s]	[3]3.0 gpm/ton	0.054 L/s per kW	[3]Selected gpm/ton	[3]L/s per kW
F.F.A.	0.00025 h · ft2 · °F/Btu	0.000044 m^2 · °C/ W	As Specified	As Specified
[1]*Air-Cooled Condenser* (Use Figure 2)				
100% load EDB	95.0 °F	35.0 °C		
75% load EDB	80.0 °F	26.7 °C		
50% load EDB	65.0 °F	18.3 °C	No Rating Requirements	
25% load EDB	55.0 °F	12.8 °C		
0% load EDB	55.0 °F	12.8 °C		
F.F.A.	0.0 h·ft^2·°F/Btu	0.0 m^2·°C/W		
[1]*Evaporatively-Cooled Condenser*				
100% load EWB	75.0 °F	23.9 °C	No Rating Requirements	
0% load EWB	50.0 °F	10.0 °C		
F.F.A.	0.0 h·ft^2·°F/Btu	0.0 m^2·°C/W		
Air-Cooled Without Condenser				
100% load SDT	125.0 °F	51.7 °C	No Rating Requirements	
0% load SDT	55.0 °F	12.8 °C		
Water and Evaporatively-Cooled Without Condenser				
100% load SDT	105.0 °F	40.6 °C	No Rating Requirements	
0% load SDT	65.0 °F	18.3 °C		

[1] If the unit Manufacturer's recommended minimum temperatures are greater than those specified in Table 3, then those may be used in lieu of the specified temperatures.
[2] Corrected for Fouling Factor Allowance by using the calculation method described in C6.3
[3] The flow rates are to be held constant at full load values for all part-load conditions.
[4] For part-load entering condenser water temperatures, the temperature should vary linearly from the selected EWT at 100% load to 65.0 °F at 50% loads, and fixed at 65.0°F for 50% to 0% loads.

SDT - saturated discharge temperature
LWT - leaving water (liquid) temperature
EWT - entering water (liquid) temperature
EDB - entering air dry-bulb temperature
EWB - entering air wet-bulb temperature
F.F.A. - Fouling Factor Allowance

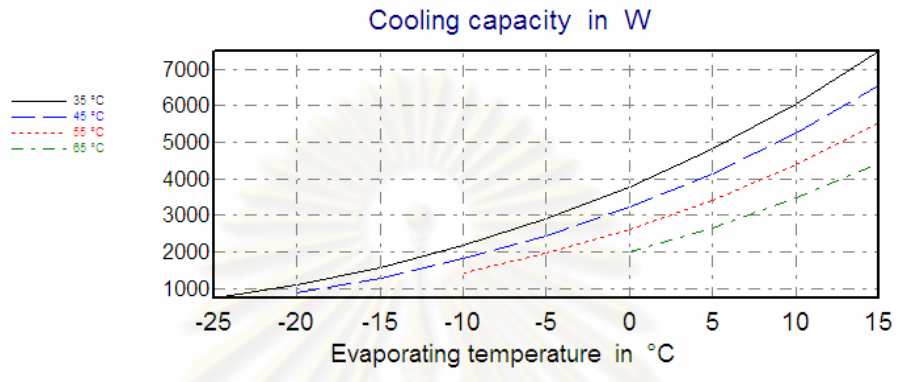
รูปที่ 2.2 แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบหาค่า IPLV

2.5 F.W. Yu, and K.T. Chan [5] พบว่ามาตรฐาน ARI 550/590 ส่วนมากเหมาะกับสภาพอากาศในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของ Air Cooled Chiller ซึ่งใช้สำหรับระบบปรับอากาศของอาคารที่สภาวะอากาศต่างๆ โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของฮ่องกง ทำให้สามารถสร้าง Performance Curve ในภาวะ Part Load ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบ Air Cooled Chiller สำหรับการใช้ในระบบปรับอากาศของอาคารและใช้ในการประมาณการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปี

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

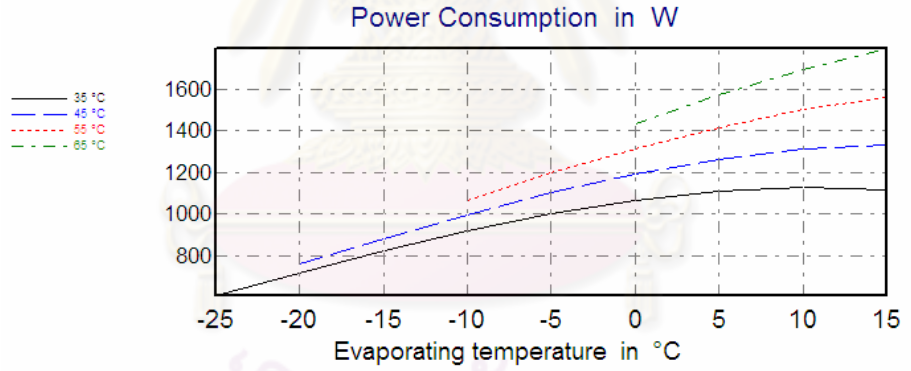
3.1 สมรรถนะของ Compressor กับ Cooling Capacity

สมรรถนะของคอมเพรสเซอร์จะเป็นฟังก์ชันของ Evaporating Temperature และ Condensing Temperature



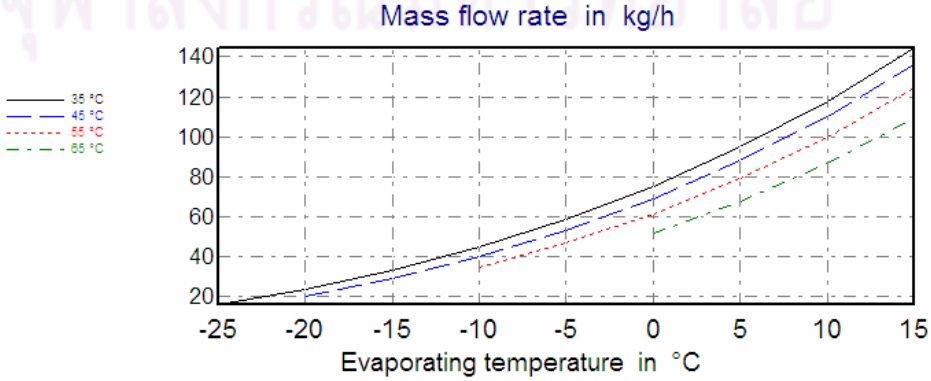
รูปที่ 3.1 แสดงสมรรถนะการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์

เมื่ออุณหภูมิ Evaporating Temperature สูงขึ้นและ Condensing Temperature ต่ำลงจะทำให้ความสามารถในการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์สูงมากขึ้น



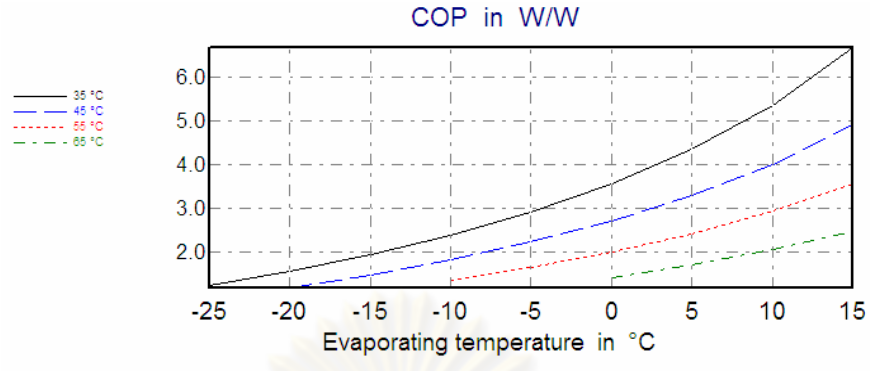
รูปที่ 3.2 แสดง Power Consumption ของคอมเพรสเซอร์

Power Consumption ของคอมเพรสเซอร์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ Condensing Temperature และ Evaporating Temperature เพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 3.3 อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น

อัตราการไหลของสารทำความเย็น (Mass Flow Rate) ของคอมเพรสเซอร์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ Condensing Temperature มีค่าลดลง และ Evaporating Temperature เพิ่มมากขึ้น

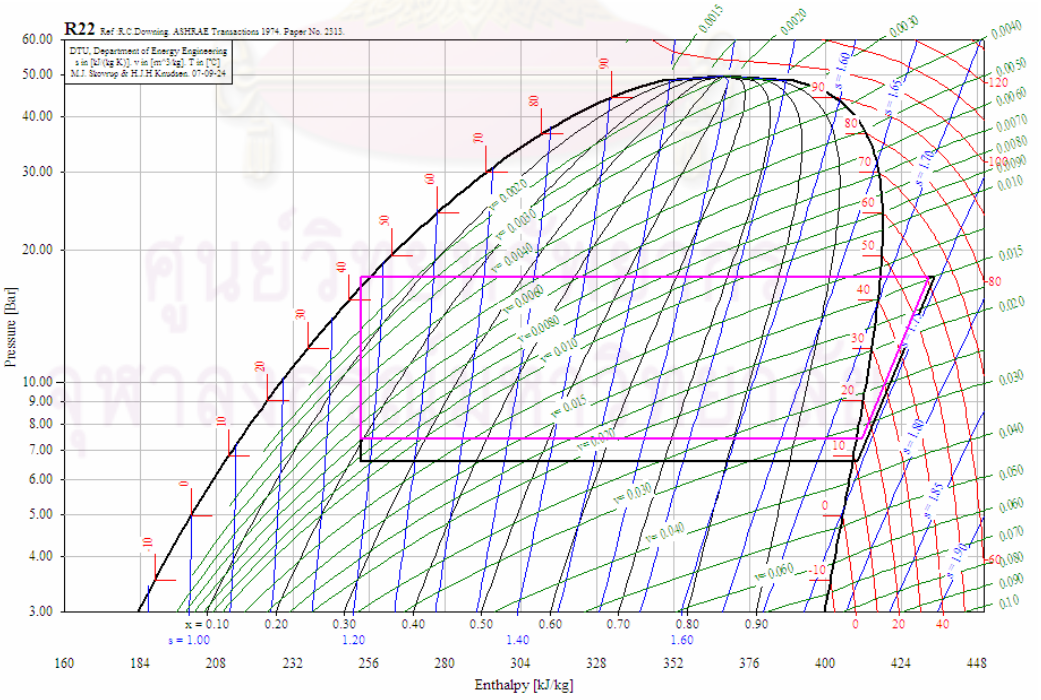


รูปที่ 3.4 ประสิทธิภาพการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์

จากความสามารถในการทำความเย็น ความต้องการพลังงานพบว่าคอมเพรสเซอร์ และอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อ Evaporating Temperature เพิ่มมากขึ้น และ Condensing Temperature ลดลง

3.2 ผลของ Evaporating Temperature

พิจารณาวัฏจักรอัดไอในอุดมคติบน P-h Diagram สมมุติให้ Condensing Temperature ไว้ 45°C คงที่ เมื่อกำหนดให้ Evaporating Temperature เป็น 9°C และ 13°C จะสามารถเขียนวัฏจักรบน P-h Diagram ได้

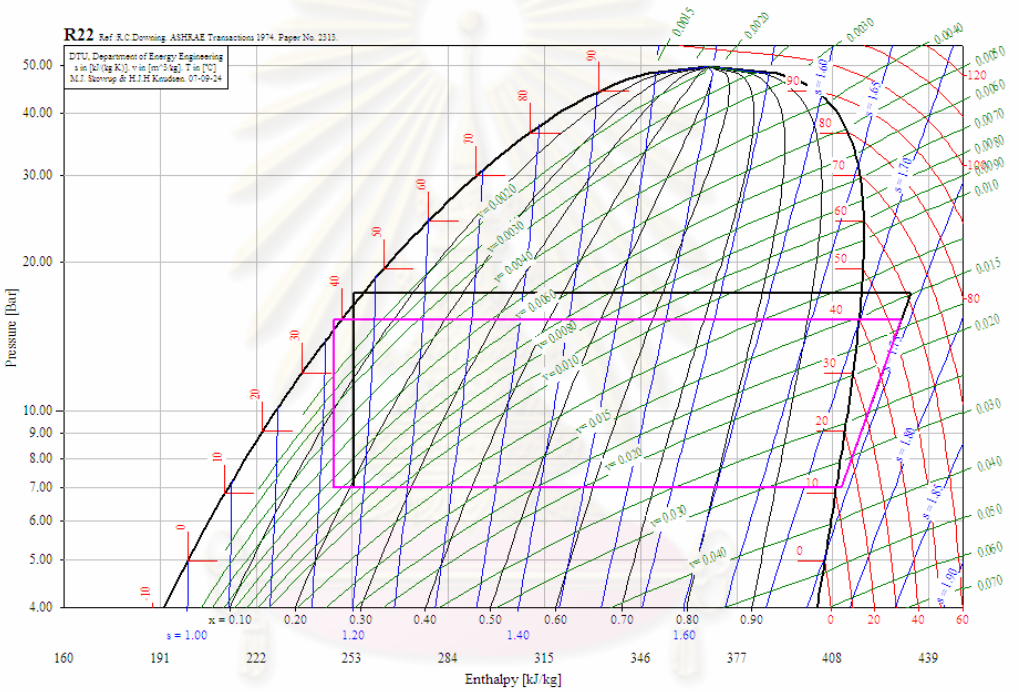


รูปที่ 3.5 ผลของการปรับเปลี่ยน Evaporating Temperature บน P-h Diagram

จาก P-h Diagram พบว่าเมื่อ Evaporating Temperature เพิ่มสูงขึ้นทำให้ผลต่างของเอนทาลปีหรือความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 156.3 kJ/kg เป็น 157.7 kJ/kg ในขณะที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้จาก 24.09 kJ/kg เป็น 20.97 kJ/kg ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) จาก 6.49 เพิ่มขึ้นเป็น 7.52 คิดเป็น 15.9%

3.3 ผลของ Condensing Temperature

พิจารณาวัฏจักรอัดไอในอุดมคติบน P-h Diagram สมมุติให้ Evaporating Temperature ไว้ 11°C คงที่ เมื่อกำหนดให้ Evaporating Temperature เป็น 40°C และ 45°C จะสามารถเขียนวัฏจักรบน P-h Diagram ได้



รูปที่ 3.6 ผลของการปรับเปลี่ยน Condensing Temperature บน P-h Diagram

จาก P-h Diagram พบว่าเมื่อ Condensing Temperature เพิ่มสูงขึ้นทำให้ผลต่างของเอนทาลปีหรือความสามารถในการทำความเย็นลดลงจาก 163.7 kJ/kg เป็น 157.7 kJ/kg ในขณะที่ต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น 19.42 kJ/kg เป็น 22.51 kJ/kg ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) จาก 8.43 ลดลงเป็น 6.98 คิดเป็น 17.2%

บทที่ 4
การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดเล็ก

ในการศึกษาวิจัยเป็นการใช้ซอฟแวร์ Energy Plus[6] ในการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยมีการจำลองภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจากการอาคารและห้องตัวอย่าง

4.1 สถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของอาคารตัวอย่าง

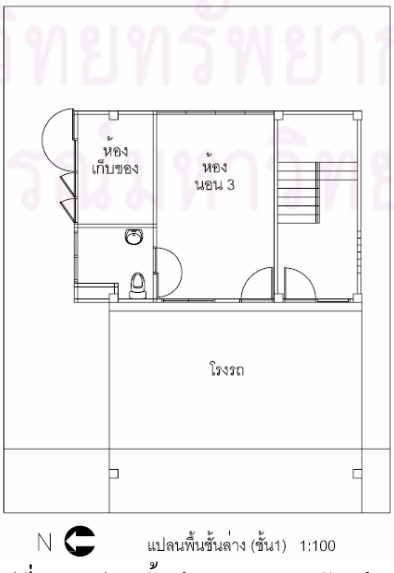
อาคารตัวอย่างที่นำมาจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นเป็นอาคารที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร จาก ASHRAE Fundamental Handbook[7] จะมีพิกัดที่ตั้งละติจูด 13.92 องศาเหนือ ลองติจูด 100.60 องศาตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเล 12 เมตร ความดันอากาศ 101.18 kPa ความเร็วลม 4.8 m/s ทิศทางลมพัดจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ

สภาวะอากาศที่ใช้ในการจำลองการทำงานรายวันจะใช้ค่า อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 37.1˚C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5˚C

ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศรายชั่วโมงจะใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงจริงในกรุงเทพมหานคร[8]

4.2 อาคารตัวอย่าง

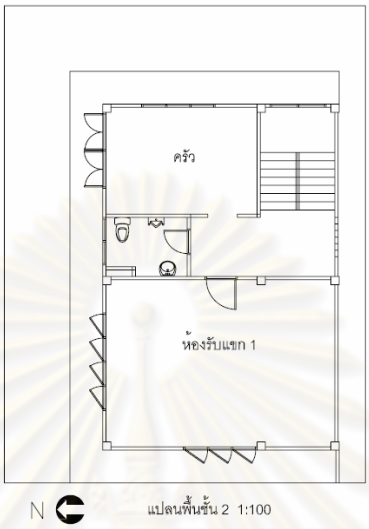
อาคารตัวอย่างมีลักษณะเป็นบ้านเดี่ยวสามชั้น ชั้นล่างจะมีห้องน้ำ ห้องเก็บของหันสู่ด้านทิศเหนือ ด้านทิศตะวันตกเป็นโรงจอดรถ มีห้องนอน 1 ห้อง ด้านทิศตะวันออกของห้องนอนเป็นผนังภายนอกอาคาร ด้านทิศเหนือติดกับห้องเก็บของและห้องน้ำ ด้านทิศใต้เป็นโถงทางเดินจากชั้นล่างสู่ชั้นบน สำหรับชั้นล่างจะมีห้องนอน 1 ห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ



รูปที่ 4.1 แปลนชั้นล่างของอาคารตัวอย่าง

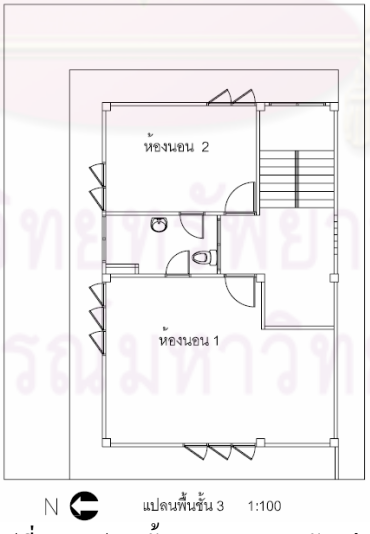
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นสองประกอบด้วยห้องรับแขก 1 ห้อง ด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ของห้องเป็นผนังภายนอกอาคาร มีห้องน้ำ 1 ห้อง ทางทิศตะวันออกของห้องรับแขก มีห้องครัว 1 ห้องติดกับห้องน้ำ ด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกของห้องครัวเป็นผนังภายนอกอาคาร ด้านทิศใต้ติดกับโถงอาคารที่เชื่อมสู่ชั้นล่างและชั้น 3 สำหรับชั้นนี้จะมีห้องรับแขกที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ



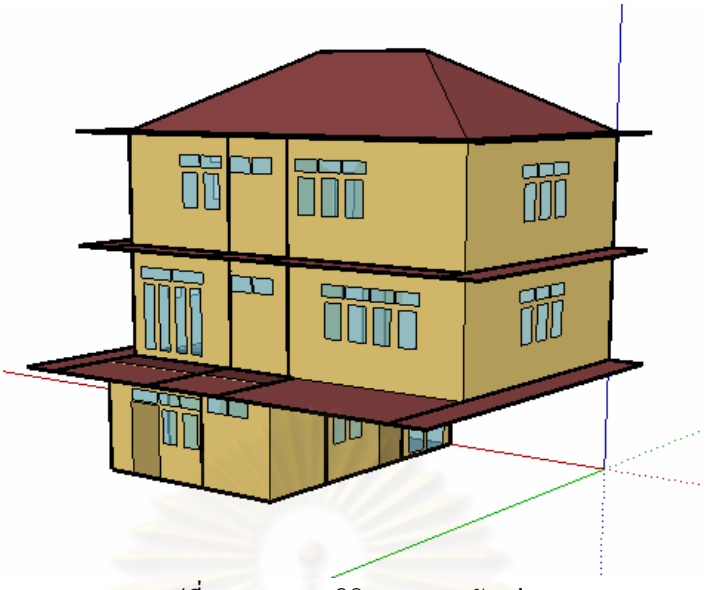
รูปที่ 4.2 แปลนชั้น 2 ของอาคารตัวอย่าง

ชั้นสามมีห้องนอนสองห้อง ห้องนอนห้องใหญ่อยู่ด้านตะวันตกของอาคาร มีด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเป็นผนังภายนอกอาคาร ห้องนอนห้องเล็กด้านทิศตะวันออกของอาคารจะมีทิศตะวันออกและทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร ด้านทิศใต้ของอาคารเป็นโถงอาคารเชื่อต่อไปยังชั้นล่าง สำหรับชั้นนี้จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องนอนทั้งสองห้อง



รูปที่ 4.3 แปลนชั้น 3 ของอาคารตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



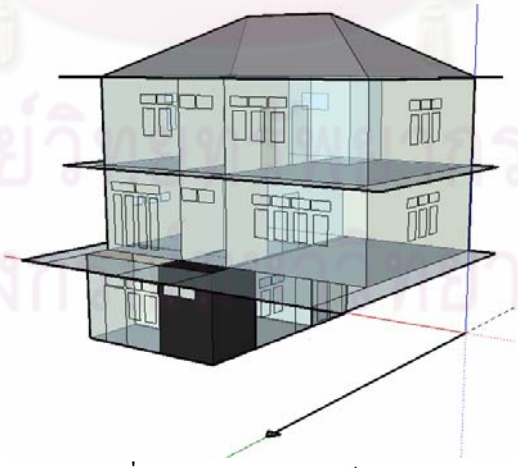
รูปที่ 4.4 ภาพสามมิติของอาคารตัวอย่าง

4.3 ลักษณะของห้องแต่ละห้องภายในอาคาร

อาคารตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ โดยห้องหนึ่งห้องเป็นโซนหนึ่งโซน ชั้นล่าง ชั้นสอง และชั้นสาม จะมีห้องชั้นละสามห้อง มีห้องโถงซึ่งเป็นทางเดินเชื่อมต่อแต่ละชั้น และมีช่องว่างใต้หลังคา ซึ่งจะแบ่งเป็นโซนหนึ่งโซน ดังนั้นอาคารตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 11 โซน

4.2.1 ห้องน้ำชั้นล่าง (Z11)

ห้องน้ำชั้นล่างขนาด 2.25 × 2.25 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันตกติดกับโรงจอดรถซึ่งเป็นผนังภายนอกอาคาร ผนังด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร มีช่องแสงที่เป็นกระจกขนาด 0.65 × 0.40 m^2 ด้านทิศใต้ของห้องติดกับห้องนอนและมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ด้านทิศตะวันออกของห้องติดกับห้องเก็บของ ด้านบนของห้องนี้จะติดกับห้องน้ำชั้นสอง

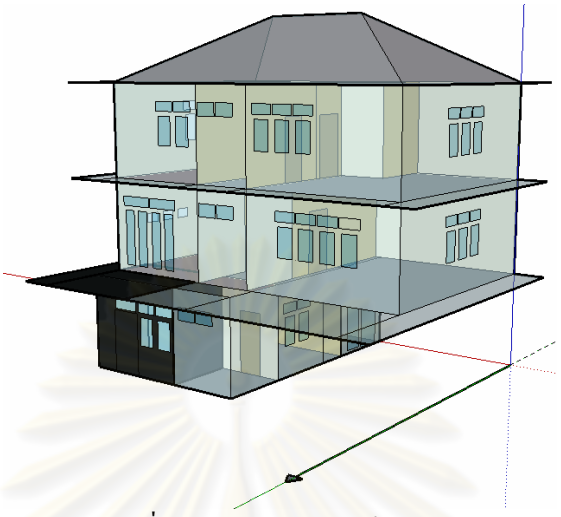


รูปที่ 4.5 ภาพสามมิติของห้อง Z11

4.2.2 ห้องเก็บของ (Z12)

ห้องน้ำชั้นล่างขนาด 3.29 × 2.25 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันออกและผนังด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร ผนังด้านทิศเหนือมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 และมี

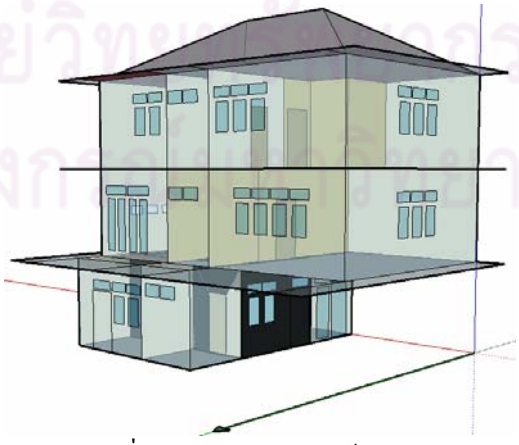
หน้าต่างขนาด 0.50 × 0.90 m^2 เหนือประตูมีช่องแสงที่เป็นกระจกขนาด 0.80 × 0.30 m^2 และช่องแสงขนาด 0.70 × 0.30 m^2 เหนือหน้าต่าง ด้านทิศใต้ของห้องติดกับห้องนอน และด้านทิศตะวันตกของห้องติดกับห้องนอนชั้นล่าง ด้านบนของห้องนี้จะติดกับห้องครัว



รูปที่ 4.6 ภาพสามมิติของห้อง Z12

4.2.3 ห้องนอนชั้นล่าง (Z13)

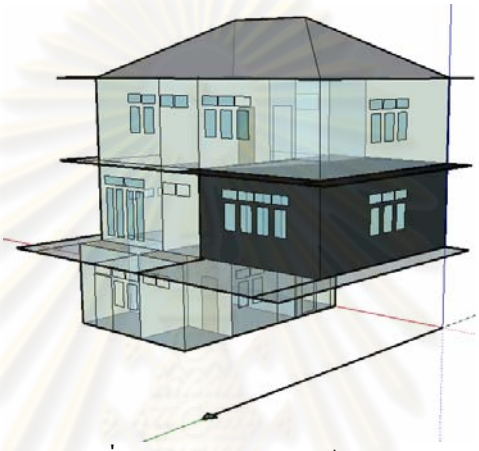
ห้องน้ำชั้นล่างขนาด 5.54 × 3.45 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันออกผนังภายนอกอาคารมีประตูเป็นบานเลื่อนทำจากกระจกขนาด 0.64 × 1.75 m^2 2 บาน และขนาด 0.74 × 1.95 m^2 2 บาน เหนือประตูมีช่องแสงขนาด 1.60 × 0.45 m^2 2 บาน ผนังด้านทิศตะวันตกติดกับโรงจอดรถซึ่งเป็นผนังภายนอกอาคาร มีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 เหนือประตูมีช่องแสงที่เป็นกระจกขนาด 0.80 × 0.30 m^2 และมีหน้าต่างขนาด 0.50 × 0.90 m^2 2 บาน มีช่องแสงขนาด 0.70 × 0.30 m^2 เหนือหน้าต่าง ด้านทิศใต้ของห้องติดกับโถง และด้านทิศเหนือของห้องติดกับห้องเก็บของและห้องน้ำ ด้านบนของห้องนี้ส่วนหนึ่งจะติดกับห้องครัว อีกส่วนหนึ่งจะติดกับบริเวณห้องโถงของชั้นสอง



รูปที่ 4.7 ภาพสามมิติของห้อง Z13

4.2.4 ห้องรับแขก (Z21)

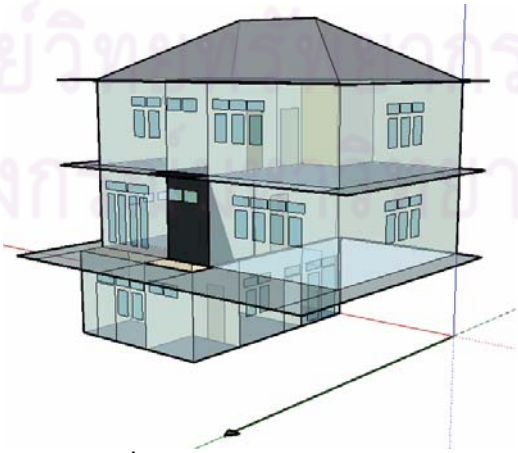
ห้องรับแขกมีขนาด 5.20 × 7.10 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันตกและผันงด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร ผนังด้านทิศตะวันตกมีหน้าต่างขนาด 0.50 × 0.90 m^2 3 บาน มีช่องแสงขนาด 0.70 × 0.30 m^2 เหนือหน้าต่าง 3 บาน ผนังด้านทิศเหนือมีหน้าต่างและช่องขนาดเดียวกัน จำนวน 4 บาน ผนังด้านทิศใต้เป็นผนังภายนอกอาคาร ด้านทิศตะวันออกของห้อง ส่วนหนึ่งจะติดกับห้อง อีกส่วนหนึ่งจะติดกันกับห้องโถง โดยด้านที่ติดกับห้องโถงจะมีประตูไม้หนึ่งบานขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ด้านล่างของห้องจะติดกับโรงจอดรถซึ่งเป็นผนังภายนอกอาคาร ด้านบนของห้องจะติดกับห้องนอนชั้นสาม



รูปที่ 4.8 ภาพสามมิติของห้อง Z21

4.2.5 ห้องน้ำชั้นสอง (Z22)

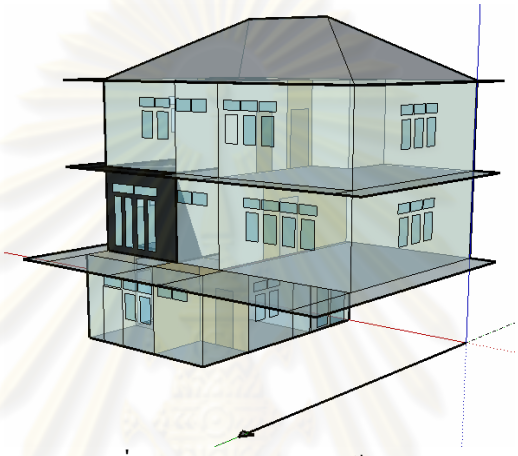
ห้องน้ำชั้นสองขนาด 1.90 × 2.25 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันตกติดกับห้องรับแขก ผนังด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร มีช่องแสงที่เป็นกระจกขนาด 0.65 × 0.40 m^2 2 บาน ด้านทิศใต้ของห้องติดกับโถงมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ด้านทิศตะวันออกของห้องติดกับห้องครัว ด้านล่างของห้องจะติดกับห้องน้ำชั้นล่าง ด้านบนของห้องจะติดกับห้องน้ำชั้นสาม



รูปที่ 4.9 ภาพสามมิติของห้อง Z22

4.2.6 ห้องน้ำครัว (Z23)

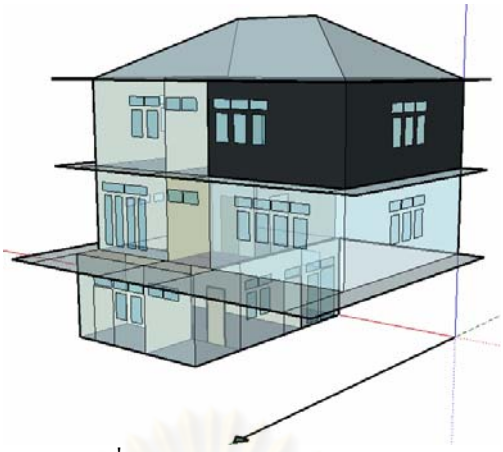
ห้องครัวมีขนาด 3.44 × 4.70 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันออกเป็นผนังภายนอกอาคารมีกระจกขนาด 0.50 × 0.30 m^2 จำนวน 3 บาน ด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคารมีประตูที่ทำจากกระจกขนาด 0.36 × 1.76 m^2 จำนวนสี่บาน เหนือประตูกระจกมีช่องแสงขนาด 1.08 × 0.27 m^2 จำนวนสองบาน ด้านทิศตะวันตกของห้องน้ำชั้นสองและห้องโถง ส่วนที่ติดกับห้องโถงจะมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ด้านทิศใต้ของห้องติดกับห้องโถง ด้านบนของห้องครัวติดกับห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก ด้านใต้ของห้องส่วนหนึ่งติดกับห้องเก็บของ อีกห้องส่วนหนึ่งติดกับห้องนอนชั้นล่าง



รูปที่ 4.10 ภาพสามมิติของห้อง Z23

4.2.7 ห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันตก (Z31)

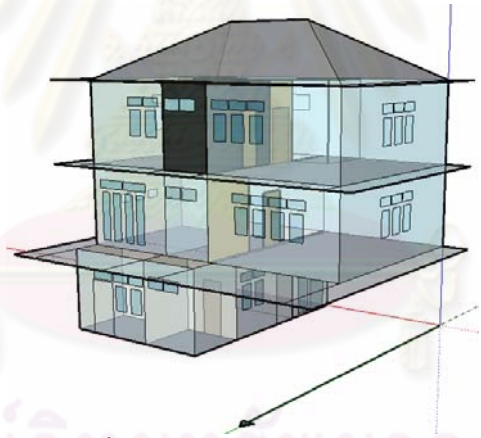
ห้องนอนชั้นสาม (Z31) ห้องนี้มีขนาด 5.20 × 7.10 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันออกและทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร ผนังทั้งสองด้านมีกระจกขนาด 0.50 × 0.90 m^2 จำนวน 3 บาน เหนือประตูกระจกมีช่องแสงขนาด 0.70 × 0.30 m^2 จำนวน 3 บาน ด้านทิศใต้เป็นผนังภายนอกอาคารเช่นกันแต่ไม่มีกระจก ผนังด้านทิศตะวันออกส่วนหนึ่งติดกับห้องน้ำชั้นสาม อีกส่วนหนึ่งติดกับห้องโถง ตะวันตกของห้องน้ำชั้นสองและห้องโถง ส่วนที่ติดกับห้องน้ำจะมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ส่วนที่ติดกับห้องโถงจะมีประตูไม้ขนาด 1.0 × 2.0 m^2 ด้านทิศใต้ของห้องติดกับห้องโถง ด้านบนของห้องครัวติดกับห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก ด้านใต้ของห้องส่วนหนึ่งติดกับห้องเก็บของ อีกห้องส่วนหนึ่งติดกับห้องนอนชั้นล่าง



รูปที่ 4.11 ภาพสามมิติของห้อง Z31

4.2.8 ห้องน้ำชั้นสาม (Z32)

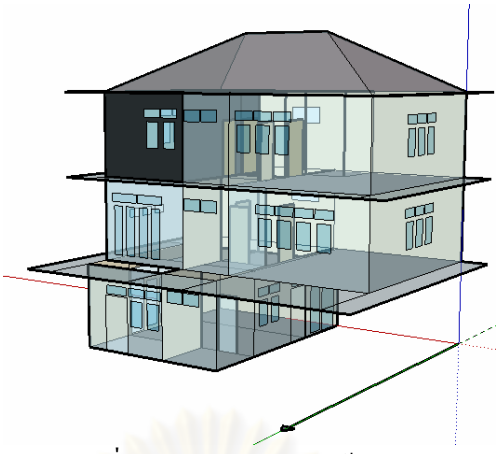
ห้องน้ำชั้นสามขนาด 1.90 × 3.50 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันตกติดกับห้องนอน (Z31) ผนังด้านตะวันออกติดกับห้องนอนอีกห้องหนึ่ง (Z33) แต่ละด้านมีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 ผนังด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร มีช่องแสงที่เป็นกระจกขนาด 0.65 × 0.40 m^2 2 บาน ด้านทิศใต้ติดกับห้องโถง ด้านใต้ของห้องของห้องส่วนหนึ่งติดกับห้องน้ำชั้นสอง อีกส่วนหนึ่งติดกับโถง ด้านบนของห้องจะเป็นห้องใต้หลังคา



รูปที่ 4.12 ภาพสามมิติของห้อง Z32

4.2.9 ห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก (Z33)

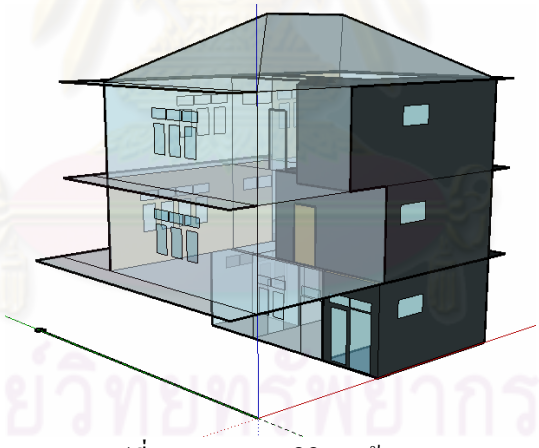
ห้องน้ำชั้นสาม (Z33) ขนาด 3.44 × 4.70 m^2 มีความสูง 3 m ผนังด้านทิศตะวันออกและด้านทิศเหนือเป็นผนังภายนอกอาคาร ผนังทั้งสองด้านมีกระจกขนาด 0.50 × 0.90 m^2 จำนวน 2 บาน เหนือประตูกระจกมีช่องแสงขนาด 0.70 × 0.30 m^2 จำนวน 2 บาน ผนังด้านทิศตะวันตกส่วนหนึ่งติดกับห้องน้ำชั้นสาม มีประตูไม้ขนาด 0.80 × 2.0 m^2 อีกส่วนหนึ่งติดกับห้องโถง มีประตูไม้ขนาด 1.0 × 2.0 m^2 ด้านทิศใต้ของห้องติดกับโถง ด้านใต้ของห้องติดกับห้องครัวซึ่งอยู่ชั้นสอง ด้านเหนือของห้องเป็นห้องใต้หลังคา



รูปที่ 4.13 ภาพสามมิติของห้อง Z33

4.2.10 ห้องโถง (Z0)

ห้องโถงเป็นทางเดินที่เชื่อมระหว่างชั้นต่างๆ จึงมีผนังหลายด้านที่ต่อกับห้องต่างๆ สำหรับผนังที่ติดกับสภาวะแวดล้อมภายนอก ได้แก่ ผนังห้องโถงชั้นล่างจะเป็นส่วนที่ติดกับโรงรถ จะมี ประตูกระจกขนาด 0.90 × 1.95 m^2 และ ขนาด 0.70 × 1.80 m^2 อย่างละ 1 บาน และมีช่องแสง ขนาด 0.90 × 0.30 m^2 ผนังห้องโถงด้านทิศใต้จะมี Glass Block ขนาด 1.20 × 0.60 m^2 ทั้งสามชั้น ผนังห้องโถงด้านทิศตะวันออกจะมีกระจกขนาด 0.60 × 0.60 m^2 สำหรับด้านเหนือของห้องโถง บริเวณชั้นสามจะติดกับห้องใต้หลังคา



รูปที่ 4.14 ภาพสามมิติของห้อง Z0

4.2.11 ห้องใต้หลังคา (ZRoof)

ห้องใต้หลังคาเป็นโซน โซนหนึ่งที่อยู่ใต้กระเบื้องและโครงหลังคา อยู่เหนือฝ้าของชั้นที่สามของอาคารตัวอย่าง ห้องนี้ไม่มีการใช้งาน และไม่มีการพักอาศัย

4.4 ส่วนประกอบต่างๆของอาคารตัวอย่าง

อาคารตัวอย่างใช้วัสดุที่ใช้ในการทำผนังเช่นเดียวกับอาคารที่ก่อสร้างทั่วๆไปในกรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1 ผนังอาคาร เป็น ผนังอิฐมอญและมีการฉาบปูนที่ผิวทั้งภายนอกและภายในอาคาร

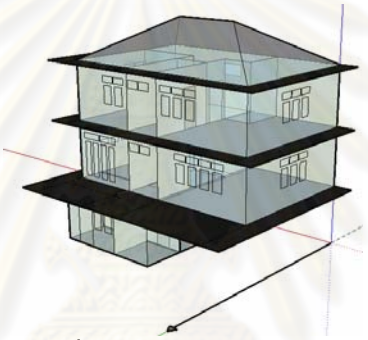
4.3.2 พื้นอาคารชั้นล่างสุด เป็น การเทปูน

4.3.3 พื้นอาคารระหว่างชั้น เป็นการวางแผ่นคอนกรีตสำเร็จแล้วเทปูนบนคานแล้ววางไม้ปาเก้ทับอีกชั้นหนึ่ง ด้านล่างของคานคอนกรีตจะเป็นช่องฝ้า

4.3.4 เพดานชั้นบนสุด มีเพียงฝ้าอย่างเดียว

4.3.5 หลังคา เป็น หลังคากระเบื้อง และมีการปูฉนวนกันความร้อน

4.3.6 อุปกรณ์บังเงา อาคารตัวอย่างจะมีการบังเงาในลักษณะของกันสาดที่ยื่นออกมาจากตัวอาคารทุกทิศทางของตัวอาคาร มีลักษณะตั้งฉากกับตัวอาคาร ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกมีความยาวด้านละ 1 เมตร ด้านทิศเหนือของอาคารซึ่งด้านชั้นล่างจะมีกันสาดยื่นออกมายาว 3 เมตร และสำหรับด้านทิศใต้ของตัวอาคารจะไม่มีการบังเงา



รูปที่ 4.15 ภาพสามมิติกันสาด

4.5 ภาระความร้อนภายในห้อง (Internal Load)

4.5.1 ภาระความร้อนจากผู้ที่พักอาศัยภายในห้อง ในการจำลองการทำงานจะกำหนดให้มีคนอยู่เฉพาะในห้องที่มีการปรับอากาศ เนื่องจากอาคารนี้เป็นบ้านพักอาศัยดังนั้นจะแยกการพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ

ในช่วงเวลากลางวันจะเป็นการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศในอาคารสำนักงาน ตั้งสมมุติฐานว่ามีกิจกรรมในระดับต่ำ จาก ASHRAE จึงใช้ค่าภาระความร้อนจากผู้พักอาศัยเป็น 117.23 Watt / คน

ในช่วงเวลากลางคืน เป็นช่วงเวลาที่ผู้พักอาศัยนอนจึงกำหนดค่าภาระความร้อนจากผู้พักอาศัยเป็น 72 Watt / คน

4.5.2 ภาระความร้อนจากการระบายอากาศ

การระบายอากาศจะมีเฉพาะในห้องที่มีการปรับอากาศ และจะให้มีการระบายเฉพาะในช่วงทีเครื่องปรับอากาศทำงาน กำหนดให้มีการระบายอากาศ 20 CFM / คน

แต่ในขณะที่ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศจะกำหนดให้มีการรั่วเข้าของอากาศจากภายนอกห้องแทน

4.5.3 ภาระความร้อนจากระบบแสงสว่าง

ความร้อนจากระบบแสงสว่างจะกำหนดตามขนาดพื้นที่ของห้อง ในช่วงเวลากลางวันจะเปิดไฟในช่วงเวลา 7.00 – 21.00 น. สำหรับเวลา

ห้อง	จำนวนคน	ปริมาณการระบายอากาศ (CFM/คน)	ปริมาณอากาศรั่วเข้า (ACH)	แสงสว่างภายในห้อง (W/m^2)
z11	-	-	1	-
z12	-	-	1	-
z13	1	20	0.5	16
z21	7	20	0.5	16
z22	-	-	1	-
z23	-	-	4	-
z31	2	20	0.5	10
z32	-	-	2	-
z33	1	20	0.5	10
z0	-	-	1	-
zRoof	-	-	1	-

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงภาระความร้อนภายในห้อง

4.6 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโปรแกรม Energy Plus จะทำการจำลองภาระความร้อนต่างๆทั้งอาคารโดยที่จะกำหนดให้มีการเปิดเครื่องปรับอากาศเพียงห้องเดียวในการจำลองการทำงานแต่ละกรณี

เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในกรุงเทพมหานครสามารถแบ่งออกเป็นเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารสำนักงาน และเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารที่พัก ซึ่งมีสำหรับในอาคารสำนักงานปกติจะมีเวลาทำการ 8.00 – 17.00 น. สำหรับเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในที่พักอาศัยมักจะทำงานในเวลากลางคืนในช่วงเวลา 20.00 – 6.00 น. ดังนั้นการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะแบ่งเป็นกรณีที่เครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน และ ช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงานเวลากลางคืน

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน

เวลา	เครื่องปรับอากาศ	ผู้อาศัยในห้อง	การระบายอากาศ	อากาศรั่วเข้า	แสงสว่าง
0:00-1:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
1:00-2:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
2:00-3:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
3:00-4:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
4:00-5:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
5:00-6:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
6:00-7:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
7:00-8:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
8:00-9:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
9:00-10:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
10:00-11:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
11:00-12:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
12:00-13:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
13:00-14:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
14:00-15:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
15:00-16:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
16:00-17:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
17:00-18:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
18:00-19:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
19:00-20:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
20:00-21:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
21:00-22:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
22:00-23:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
23:00-0:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน

เวลา	เครื่องปรับอากาศ	ผู้อาศัยในห้อง	การระบายอากาศ	อากาศรั่วเข้า	แสงสว่าง
0:00-1:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
1:00-2:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
2:00-3:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
3:00-4:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
4:00-5:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
5:00-6:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
6:00-7:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
7:00-8:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
8:00-9:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
9:00-10:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
10:00-11:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
11:00-12:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
12:00-13:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
13:00-14:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
14:00-15:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
15:00-16:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
16:00-17:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
17:00-18:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
18:00-19:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
19:00-20:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
20:00-21:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
21:00-22:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
22:00-23:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
23:00-0:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศบางครั้งอาจไม่ทราบว่าติดเพื่อใช้ในช่วงเวลาใดหรืออาจจะติดตั้งโดยมีการใช้งานตลอดทั้งวัน จึงเพิ่มกรณีการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศในกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศทั้งวัน ตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงช่วงเวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน

เวลา	เครื่องปรับอากาศ	ผู้อาศัยในห้อง	การระบายอากาศ	อากาศรั่วเข้า	แสงสว่าง
0:00-1:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
1:00-2:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
2:00-3:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
3:00-4:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด
4:00-5:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
5:00-6:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
6:00-7:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
7:00-8:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	ปิด
8:00-9:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
9:00-10:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
10:00-11:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
11:00-12:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
12:00-13:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
13:00-14:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
14:00-15:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
15:00-16:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
16:00-17:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	มี
17:00-18:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
18:00-19:00	ปิด	ไม่มี	ไม่มี	มี	เปิด
19:00-20:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
20:00-21:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
21:00-22:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
22:00-23:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	เปิด
23:00-0:00	เปิด	มี	มี	ไม่มี	ปิด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.7 ผลการคำนวณจากโปรแกรม Energy Plus

Energy Plus จะจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจริงของกรุงเทพมหานคร เพื่อทำการหาค่าสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Load Fraction) เป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี เนื่องจากสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นสัดส่วนของภาระการทำความเย็นจริงเป็นรายชั่วโมงต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Full Load)

$$Load\ Fraction = \frac{Hourly\ Cooling\ Load}{Full\ Load}$$

การหาค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะใช้ Energy Plus จำลองหาค่าในห้องแต่ละห้อง โดยใช้ค่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร 37.1˚C ผลต่างอุณหภูมิตลอดวัน 9.3˚C อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.3˚C จะได้ภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ผลการคำนวณจะได้ค่าภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13, Z21, Z31 และ Z33 เป็น 3300W, 7490W, 5750W และ 3075W ตามลำดับ โดยทั่วไปค่าภาระการทำความเย็นจะมีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศเนื่องจากความร้อนสะสมภายในห้อง และจะมีค่าลดลงและคงที่ในที่สุด แต่สำหรับห้อง Z21 และ ห้อง Z31 เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานเวลากลางวันห้องทั้งสองจะมีค่าภาระการทำความเย็นสูงขึ้นในช่วงบ่ายเนื่องห้องทั้งสองอยู่ทางทิศตะวันตกซึ่งได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

อุณหภูมิภายในห้องที่มีการปรับอากาศจะมีค่าลดลงจนถึง 25˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องที่ต้องการ และจะปรับสูงขึ้นเมื่อปิดเครื่องปรับอากาศ

สัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน

จากผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีพบว่า ในห้อง Z13 เครื่องปรับอากาศจะทำงานในช่วง 50-60%ของภาระการทำงาน Full Load มากที่สุด สำหรับกรณีของห้อง Z21 ห้อง Z31 แลห้อง Z33 เครื่องปรับอากาศจะทำงานในช่วง 60-70% ของภาระการทำงาน Full Load ของเครื่องปรับอากาศ

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

จากผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีพบว่า ในห้อง Z13 และ ห้อง Z33 เครื่องปรับอากาศจะทำงานในช่วง 30-40%ของภาระการทำงาน Full Load มากที่สุด สำหรับกรณีของห้อง Z21 และห้อง Z31 เครื่องปรับอากาศจะทำงานในช่วง 20-30% ของภาระการทำงาน Full Load ของเครื่องปรับอากาศ

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

จากผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีพบว่า แนวโน้มของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในช่วง 50% ยกเว้นในกรณีของห้อง Z13

MDB (Mean Coincident Dry Bulb, C)

ในทุกชั่วโมงที่เครื่องปรับอากาศทำงานจะรู้ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกอาคาร เมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงที่เครื่องปรับอากาศมีสัดส่วนการทำงานสูงที่สุด อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงดังกล่าวจะเป็นค่า MDB (Mean Coincident Dry Bulb) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในช่วงกล่าวจะเป็นค่า MRH (Mean Coincident Relative Humudity)

อนึ่งจะพบว่า เครื่องปรับอากาศจะมีสัดส่วนการทำงานสูงเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมีค่าสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ทีสัดส่วนการทำงานต่ำกว่า

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน

- ห้อง Z13 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 50-60% จะมีค่า MBD 29.6°C และ MRH 64.4%
- ห้อง Z21 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 60-70% จะมีค่า MBD 31.3°C และ MRH 60.7%
- ห้อง Z31 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 60-70% จะมีค่า MBD 31.7°C และ MRH 59.5%
- ห้อง Z33 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 60-70% จะมีค่า MBD 31.4°C และ MRH 60.6%

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

- ห้อง Z13 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 30-40% จะมีค่า MBD 25.7°C และ MRH 84.2%
- ห้อง Z21 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 20-30% จะมีค่า MBD 25.9°C และ MRH 83.7%
- ห้อง Z31 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 20-30% จะมีค่า MBD 25.6°C และ MRH 84.2%
- ห้อง Z33 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 30-40% จะมีค่า MBD 25.8°C และ MRH 84.0%

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

- ห้อง Z13 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 60-70% จะมีค่า MBD 30.5°C และ MRH 64.5%
- ห้อง Z21 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 50-60% จะมีค่า MBD 29.3°C และ MRH 69.8%
- ห้อง Z31 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 40-50% จะมีค่า MBD 28.3°C และ MRH 67.8%
- ห้อง Z33 ซึ่งมีสัดส่วนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในช่วง 40-50% จะมีค่า MBD 27.6°C และ MRH 76.6%

บทที่ 5
การสร้างสูตรเพื่อคำนวณ IEER

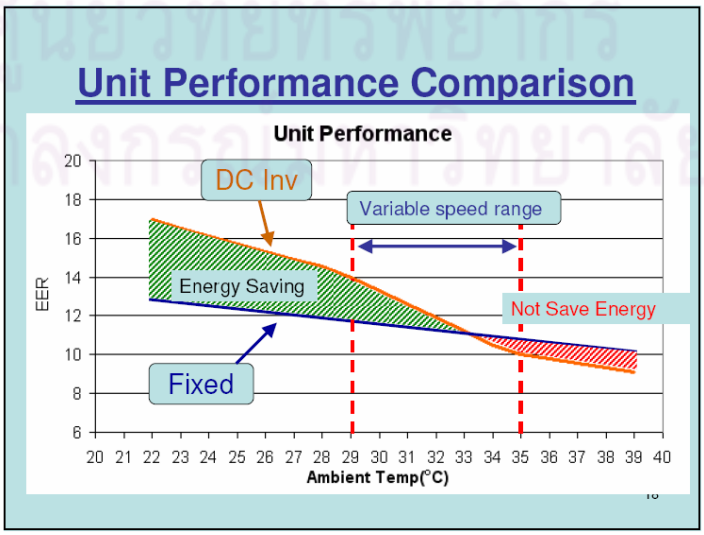
5.1 ความสำคัญและความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องทดสอบกับอุณหภูมิจากสภาวะแวดล้อม

ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการรวมถึงอุณหภูมิภายนอกอาคาร หากสมมุติให้ตัวแปรอื่นๆคงที่ และให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิภายนอกอาคารเพียงอย่างเดียว จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้นประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจะลดต่ำลง

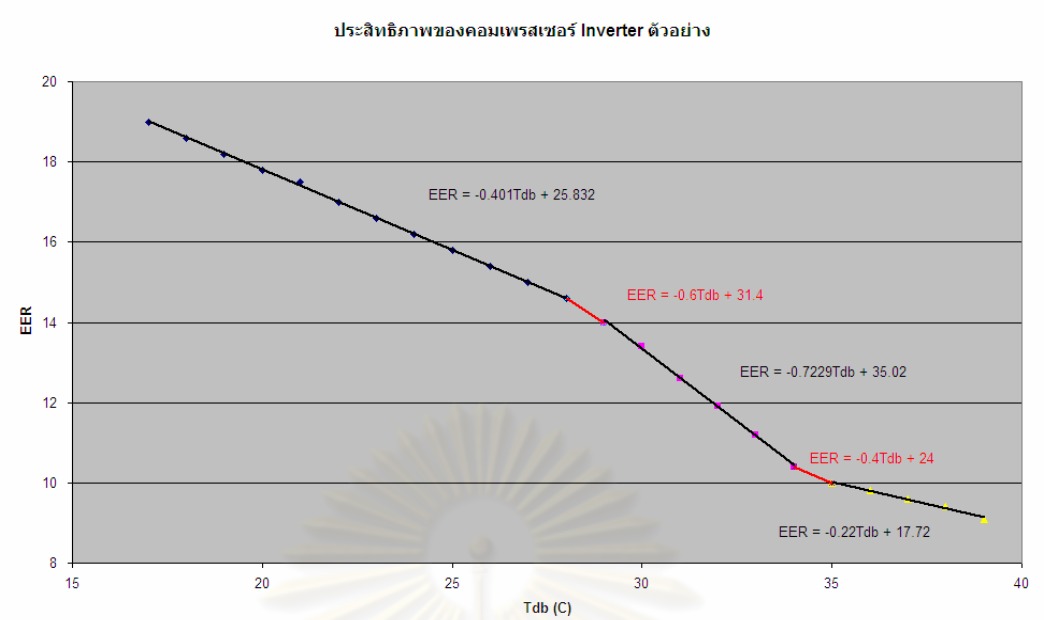
ตามมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) ที่ใช้ในประเทศไทย จะทำการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิภายในห้อง 27°C และอุณหภูมิภายนอกห้อง 35°C เพียงสภาวะเดียว ในขณะที่เครื่องปรับอากาศมีการติดตั้งใช้งานจริงจะทำงานที่อุณหภูมิภายนอกอาคารไม่คงที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อม ทำให้ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศมีค่ามีค่าแตกต่างจากค่า EER ที่ได้จากห้องทดสอบและมีค่าเปลี่ยนแปลงไปทุกชั่วโมง

5.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายนอกอาคารกับ EER ของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง

คอมเพรสเซอร์ที่ผู้ผลิตทำการการออกแบบและคอมเพรสเซอร์จะมีการทดสอบหาสมรรถนะการทำงาน ซึ่งสมรรถนะการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อม โดยที่ประสิทธิภาพการทำความเย็นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิภายนอกอาคารเพิ่มสูงขึ้น จากคอมเพรสเซอร์ตัวอย่างซึ่งเป็นคอมเพรสเซอร์แบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะมีช่วงการทำงานที่สามารถปรับเปลี่ยนภาระการทำความเย็นได้



รูปที่ 5.1 ประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง[9]



รูปที่ 5.2 แสดงการหาความสัมพันธ์ของ EER กับ Tdb

จากข้อมูลประสิทธิภาพการทำความเย็นของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง[9] ที่เป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิภายนอกอาคารเพียงอย่างเดียว เมื่อพิจารณาค่า EER ของคอมเพรสเซอร์ตัวอย่าง พบว่าหากทำการแบ่ง EER ออกเป็น 5 ช่วง จะสามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นรูปแบบเชิงเส้นได้ดังนี้

$$\left.\begin{array}{lll} EER = -0.401Tdb + 25.83 & \text{เมื่อ} & Tdb \le 28 \\ EER = -0.60Tdb + 31.40 & \text{เมื่อ} & 28 < Tdb \le 29C \\ EER = -0.723Tdb + 35.02 & \text{เมื่อ} & 29 < Tdb \le 34C \\ EER = -0.40Tdb + 24.00 & \text{เมื่อ} & 34 < Tdb \le 35C \\ EER = -0.22Tdb + 17.72 & \text{เมื่อ} & Tdb > 35C \end{array}\right\} \quad (5.1)$$

5.3 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)

การทำงานของเครื่องปรับอากาศจริงโดยทั่วไปเครื่องปรับอากาศจะไม่ได้ทำงานที่ภาระการทำงานเต็มที่ (Full Load) เนื่องจากการเลือกเครื่องปรับอากาศให้มีขนาดใหญ่เพื่อรับภาระการทำความเย็นได้ทุกสภาวะแต่เมื่ออุณหภูมิภายนอกอาคารปรับเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานที่ภาวะ Part Load การหาค่า EER ที่เหมาะสมจึงควรจะพิจารณาจากภาวการณ์ทำงานที่ Part Load จะสะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ถูกต้อง การหาค่า EER จึงควรจะหาว่าเครื่องปรับอากาศมีภาระการทำงานจริงเท่าใดซึ่งสามารถหาได้จากสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load) ซึ่งจะใช้เป็นจุดที่แนะนำสำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศ

5.4 การหาค่า EER จากสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)

EnergyPlus จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจริง โดยที่ไม่ได้ข้อมูลสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่ข้อมูลประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ไม่ได้สะท้อนการทำงานของเครื่องปรับอากาศในตามสภาวะการใช้งานจริงและสภาพอากาศจริง การหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load) จึงสามารถทำได้จากการเชื่อมโยงค่าของ EER เข้ากับ %Full Load ผ่านอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร

จากผลการจำลองจากโปรแกรม EnergyPlus จะแสดงผลการคำนวณสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load) เป็นรายชั่วโมงโดยที่มีอุณหภูมิภายนอกอาคารเป็นตัวแปรต้น ในขณะข้อมูลสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์จากสมการ 5.1 จะสามารถทำนายค่าของ EER จากอุณหภูมิภายนอกอาคารได้เป็นรายชั่วโมง ดังนั้นในแต่ละชั่วโมงจะสามารถหาความสัมพันธ์ของระหว่าง %Full Load กับ EER ได้ ดังแสดงในกรณีตัวอย่างผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศจากโปรแกรม EnergyPlus สำหรับห้อง Z21 เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน

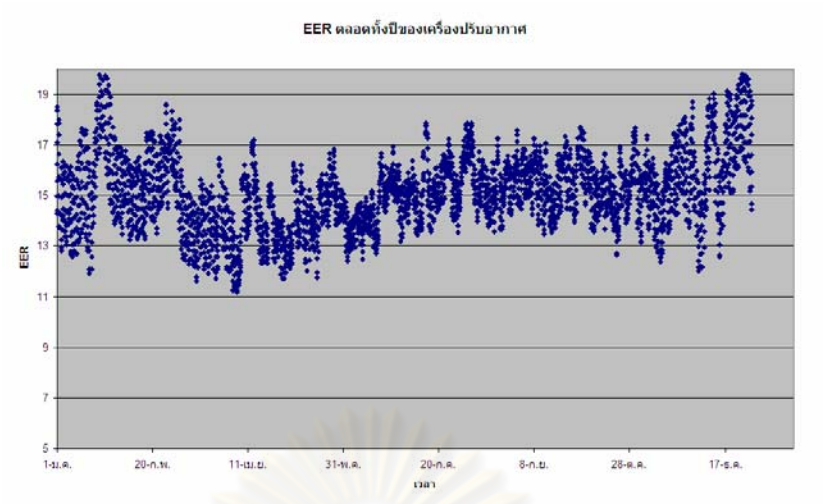
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการหาค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและค่า EER

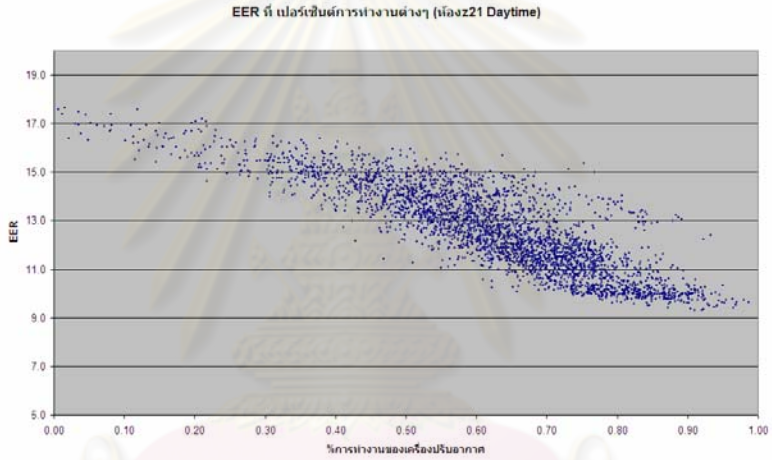
Time	อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (C)	%Full Load	ค่า EER จากสมการที่ 5.1
01:00	29.2	0	0
02:00	28.7	0	0
03:00	28.3	0	0
04:00	28.0	0	0
05:00	27.8	0	0
06:00	27.9	0	0
07:00	28.3	0	0
08:00	28.9	0	0
09:00	30.0	0.8234	13.356
10:00	31.3	0.7275	12.405
11:00	32.8	0.7402	11.319
12:00	34.3	0.7693	10.264
13:00	35.6	0.7995	9.885
14:00	36.5	0.8263	9.688
15:00	37.0	0.8542	9.584
16:00	36.9	0.8990	9.594
17:00	36.4	0.9473	9.703
18:00	35.6	0	0
19:00	34.4	0	0
20:00	33.2	0	0
21:00	32.1	0	0
22:00	31.2	0	0
23:00	30.3	0	0
24:00	29.7	0	0

เมื่อใช้โปรแกรม EnergyPlus ทำการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี แล้วนำข้อมูลของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและ EER มาเขียนลงบนกราฟเดียวกันเพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและ EER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



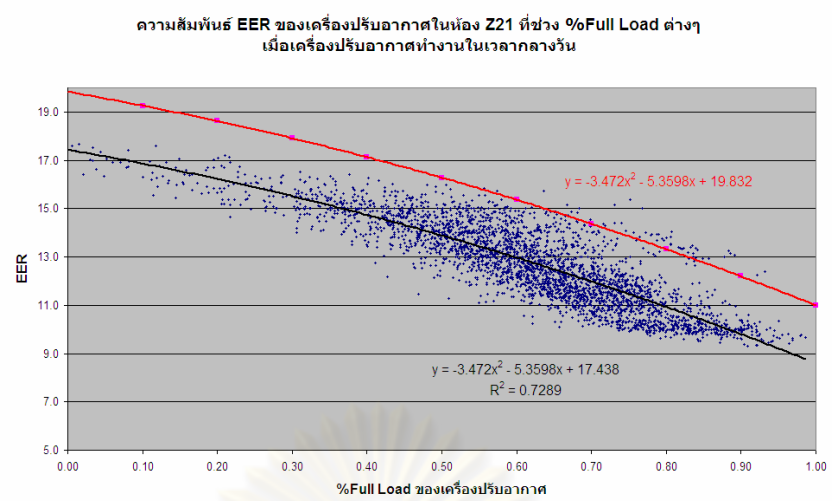
รูปที่ 5.3 EER ของเครื่องปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี



รูปที่ 5.4 ค่าของ EER ที่เป็นฟังก์ชันของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี

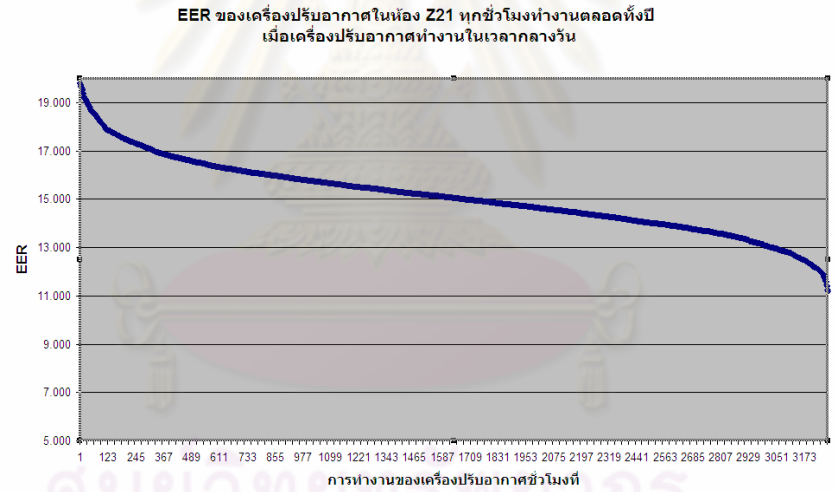
ทำการหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนภาระการทำงานและค่า EER โดยวิธีถดถอยแบบน้อยสุด (Least Squares Regression) โดยเลือกสมการเป็นรูปแบบสมการพหุนาม

เนื่องจากค่า EER ในกรณีศึกษาแต่ละกรณีมีลักษณะที่แตกต่างกันอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อลดความแตกต่างจากการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศจึงกำหนดจุดอ้างอิง ให้ $EER_{100\%FL} = 11$ ตามมาตรฐานการประหยัดพลังงานเบอร์ 5



รูปที่ 5.5 การหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่าของ EER ตลอดทั้งปีมาเรียงลำดับข้อมูลจากมากไปหาน้อยจะได้ค่า EER เป็นเส้นโค้งเรียบ หากทำการหาค่าพื้นที่ใต้โค้งจะได้ค่าเป็นผลรวมของ EER ของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี ดังรูป



รูปที่ 5.6 EER ของเครื่องปรับอากาศทุกชั่วโมงทำงานตลอดทั้งปี

5.5 การประยุกต์ใช้กฎของซิมป์สัน

5.6.1 ความสำคัญของพื้นที่ใต้โค้ง จากรูปที่ 5.6 เมื่อพื้นที่ใต้โค้งแสดงผลรวมของประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นหากเครื่องปรับอากาศมีพื้นที่ใต้โค้งมากจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สูงของเครื่องปรับอากาศ

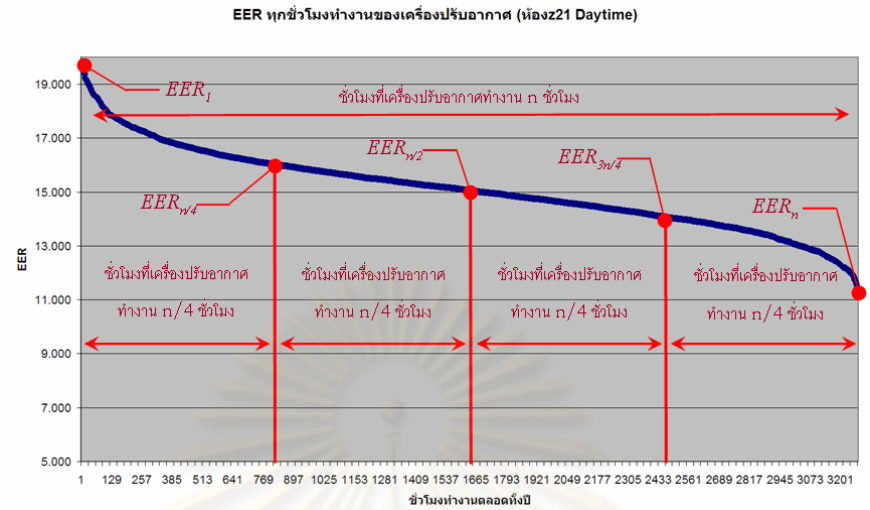
5.6.2 การหาพื้นที่ใต้โค้งโดยใช้กฎของซิมป์สัน

5.5.2.1 ทำการแบ่งพื้นที่ใต้โค้งของ EER ตลอดทั้งปีเป็น 4 ส่วน เท่าๆกัน

5.5.2.2 ทำการคำนวณพื้นที่ทั้งหมดโดยใช้กฎข้อ 1 ของซิมป์สันสองครั้ง

$$Area \approx \frac{h}{3}\left[f(x_0) + 4f(x_1) + 2f(x_2) + 4f(x_3) + f(x_4) \right] \quad (5.2)$$

เมื่อ h = ความกว้างของพื้นที่ส่วนย่อยแต่ละส่วน



รูปที่ 5.7 แสดงการแบ่งพื้นที่ใต้โค้ง

5.6.3 แทนค่า EER และ n ลงในสมการที่ 5.2

$$Area \approx \frac{n}{12}\left[EER_0 + 4EER_1 + 2EER_2 + 4EER_3 + EER_4 \right] \quad (5.3)$$

เมื่อ n = ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี

EER_0 = EER ของเครื่องปรับอากาศที่ n = 1

EER_1 = EER ของเครื่องปรับอากาศที่ n = n/4

EER_2 = EER ของเครื่องปรับอากาศที่ n = n/2

EER_3 = EER ของเครื่องปรับอากาศที่ n = 3n/4

EER_4 = EER ของเครื่องปรับอากาศที่ n = n

5.6 การหาค่า IEER

เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานที่สภาวะแวดล้อมแตกต่างกันไปในแต่ละชั่วโมงตลอดทั้งปี หากต้องการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศควรจะพิจารณาค่า EER ของเครื่องปรับอากาศทุกชั่วโมงตลอดทั้งปี จึงจะพิจารณาหาจากดัชนีชี้วัดตัวใหม่ คือ IEER (Integrated EER) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ EER ตลอดทั้งปี

เมื่อพื้นที่ใต้โค้งในรูปที่ 5.7 เป็นผลรวมของค่า EER ตลอดทั้งปี ดังนั้นค่า IEER จะหาได้จากสมการ

$$IEER = \frac{Area}{n} \quad (5.4)$$

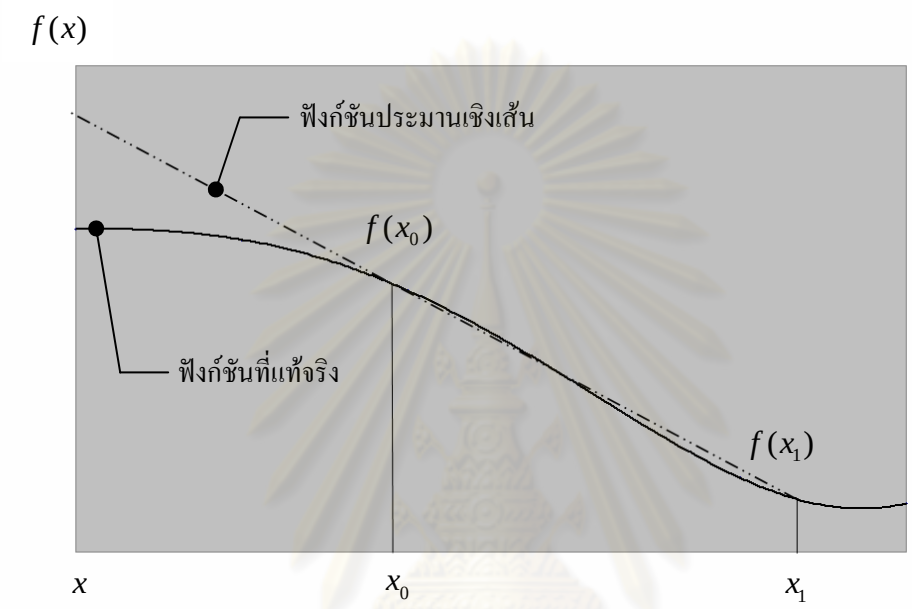
เมื่อแทนค่า พื้นที่ใต้โค้งจากสมการที่ (5.2) จะได้

$$IEER = \frac{1}{12}\left[EER_0 + 4EER_1 + 2EER_2 + 4EER_3 + EER_4 \right] \quad (5.5)$$

ค่าของ EER ที่นำมาใช้คำนวณ IEER จะได้มาจากสมการสหสัมพันธ์ของ EER กับค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องตัวอย่างแต่ละห้อง

เนื่องจากในห้องทดสอบไม่สามารถทำการทดสอบหาค่า EER_0 ซึ่งเป็นค่า EER ที่ 0%Load Fraction ได้ ดังนั้นการหาค่า EER_0 จะหาจากการประมาณค่านอกช่วงจาก EER_1 และ EER_2

การประมาณค่านอกช่วงโดยใช้สมการเส้นตรง



รูปที่ 5.8 แสดงการประมาณค่านอกช่วง

รูปแบบทั่วไปของสมการเส้นตรงคือ $f(x) = C_0 + C_1 \times (x - x_0)$

โดย C_0 และ C_1 เป็นค่าคงตัวที่ไม่รู้ค่า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากเงื่อนไขข้อมูลที่ตำแหน่ง x_0 และ x_1 ดังต่อไปนี้

$$\text{ที่ } x = x_0 \quad : \quad f(x_0) = C_0 + 0 = C_0$$

$$\text{ที่ } x = x_0 \quad : \quad f(x_1) = C_0 + C_1 \times (x_1 - x_0)$$

$$= f(x_0) + C_1 \times (x_1 - x_0)$$

$$C_1 = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad f(x) = f(x_0) + (x - x_0)\frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}$$

แทนค่า $f(x) = EER_0$ $x =$ สัดส่วนภาระการทำงานที่ n = 1

$f(x_0) = EER_1$ $x_1 =$ สัดส่วนภาระการทำงานที่ n = n/4

$f(x_1) = EER_0$ $x_2 =$ สัดส่วนภาระการทำงานที่ n = n/2

จะได้

$$EER_0 = EER_{n/4} - \%FL_{n/4}\left(\frac{EER_{n/2} - EER_{n/4}}{\%FL_{n/2} - \%FL_{n/4}}\right) \quad (5.6)$$

เนื่องจากสภาวะแวดล้อมของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวันแตกต่างจากเวลากลางคืนเห็นได้จากสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ได้จากผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศจากโปรแกรม EnergyPlus ในหัวข้อที่ 4.6 การพิจารณาหาค่า IEER จึงแยกพิจารณาเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน กรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน และกรณีที่เปิดเครื่องปรับอากาศต

5.6.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน

แบ่งชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีซึ่งได้รับการจัดเรียงข้อมูลแล้วออกเป็นสี่ส่วนๆเท่าๆกันในลักษณะเดียวกับรูปที่ 5.7 จะได้ค่าของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องต่างๆได้ดังนี้

ตารางที่ 5.2 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน

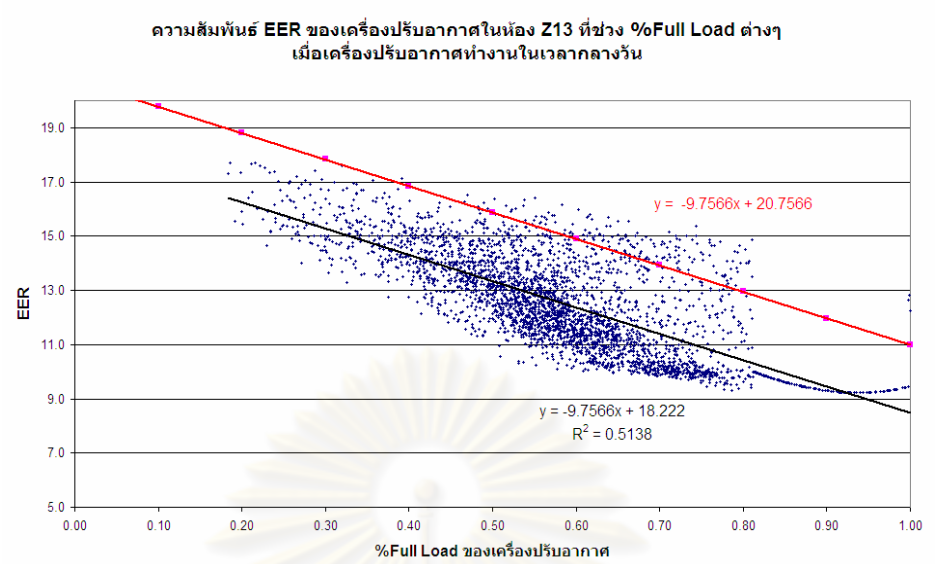
%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	%Full Load			
	z13	z21	z31	z33
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
25	56.92%	51.58%	49.41%	51.58%
50	65.32%	62.55%	60.21%	62.55%
75	75.35%	72.32%	70.29%	72.32%
100	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละกรณีมีค่าเป็นจุดทศนิยมยากแก่การนำไปใช้ จึงทำการปรับค่าให้เป็นจำนวนเต็ม และหาค่า Common Load Fraction ด้วยการเฉลี่ยค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในแต่ละเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงทำงานเพื่อใช้เป็นจุดแนะนำที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในช่วงเวลากลางวัน

ตารางที่ 5.3 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วนให้เป็นจำนวนเต็ม

%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	%Full Load			
	z13	z21	z31	z33
0	0%	0%	0%	0%
25	55%	50%	50%	50%
50	65%	65%	60%	65%
75	75%	75%	70%	75%
100	100%	100%	100%	100%

5.6.1.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ 5.9 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z13

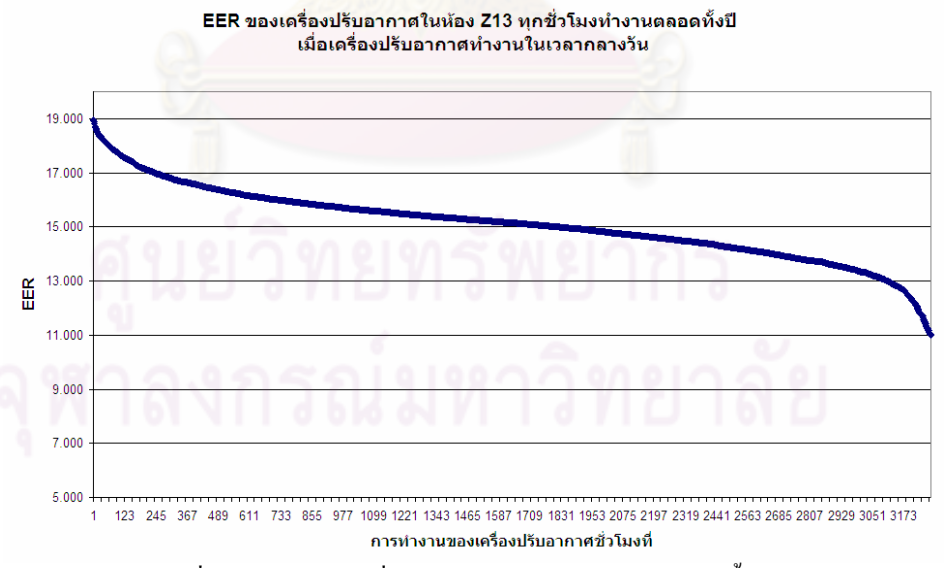
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -9.756 \times (\%FL) + 18.222 \quad (5.7)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -9.756 \times (\%FL) + 20.756 \quad (5.8)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.10 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}} = 49,649.64$ BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z13 ทำงาน 3,285 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{49,649.64}{3,285} = 15.11$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 11 \times EER_{50\%Full\ Load} - 10 \times EER_{55\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z13 เป็น

$$IEER = \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(11EER_{50\%Full\ Load} - 10EER_{55\%Full\ Load}\right) + 4EER_{50\%Full\ Load} \\ +2EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}15EER_{50\%Full\ Load} - 8EER_{55\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix}$$

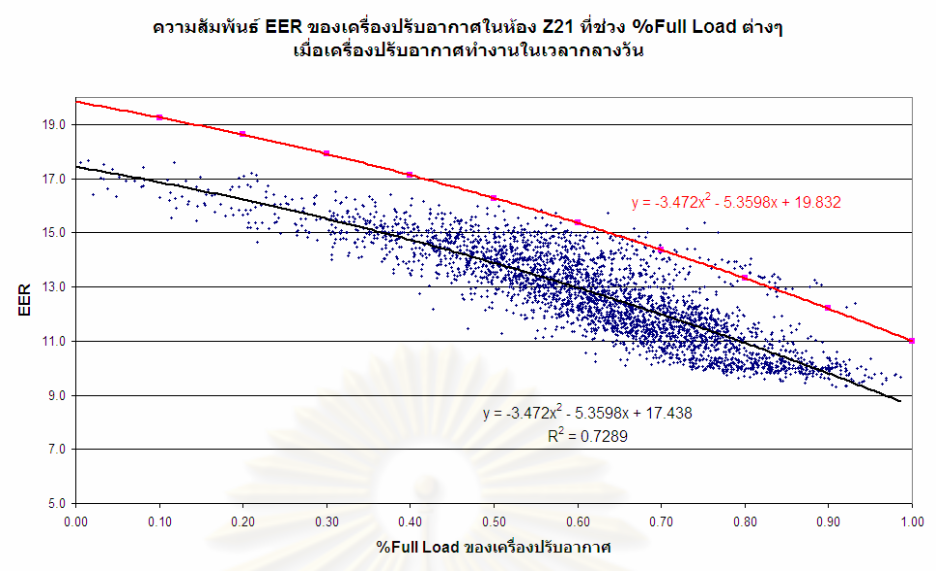
$$IEER = \frac{5}{4}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{2}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.7)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.2 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.3 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
0%	20.757	0%	20.757	0%	20.757	A	+ 5/4
49.95%	15.883	50%	15.878	50%	15.878	B	- 2/3
57.39%	15.157	55%	15.39	65%	14.415	C	+ 1/3
66.23%	14.295	65%	14.415	75%	13.439	D	+ 1/12
100%	11	100%	11	100%	11		
ผลรวม EER	50,021.00	ผลรวม EER	50,275.30	ผลรวม EER	48,673.26	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	15.23	ค่าเฉลี่ย EER	15.3	ค่าเฉลี่ย EER	14.82	IEER	15.31
Error	0.75%	Error	1.26%	Error	-1.97%	Error	1.29%

5.6.1.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ 5.11 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z21

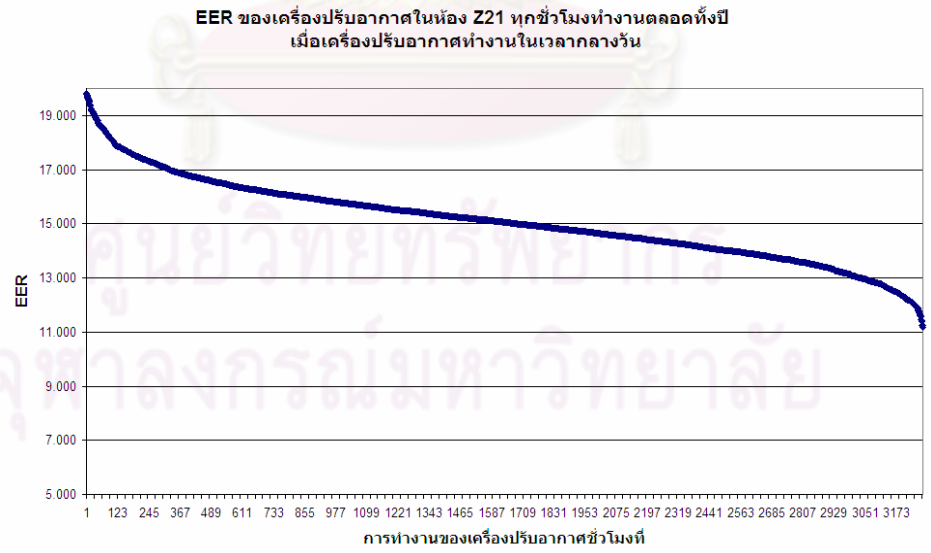
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -3.472\times(\%FL)^2 - 5.3598\times(\%FL) + 17.438 \quad (5.8)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -3.472\times(\%FL)^2 - 5.3598\times(\%FL) + 19.832 \quad (5.9)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (4.8)



รูปที่ 5.12 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 49,436.34 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z21 ทำงาน 3,274 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{49,436.34}{3,274} = 15.10$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%\,Full\ Load} = 6.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 5EER_{65\%\,Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z21 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(6.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 5EER_{65\%\,Full\ Load}\right) + 4EER_{50\%\,Full\ Load} \\ +2EER_{65\%\,Full\ Load} + 4EER_{75\%\,Full\ Load} + EER_{100\%\,Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}10.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 3EER_{65\%\,Full\ Load} + 4EER_{75\%\,Full\ Load} \\ + EER_{100\%\,Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

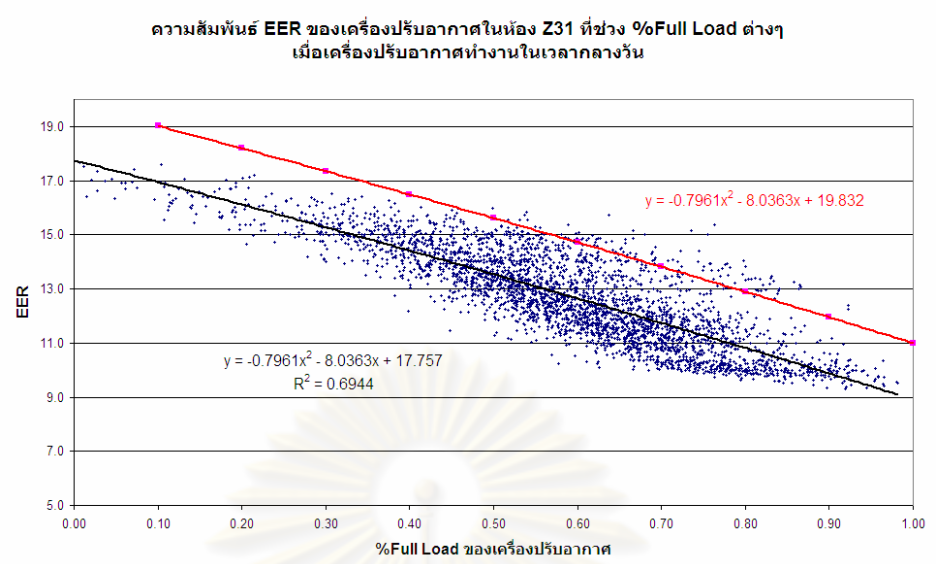
$$IEER = \frac{25}{36}EER_{50\%\,Full\ Load} - \frac{1}{9}EER_{65\%\,Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{75\%\,Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%\,Full\ Load} \qquad (5.10)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆเท่าๆกันตามตารางที่ 5.2 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.3 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง z21 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
51.58%	16.14	50%	16.28	50%	16.28	A	+ 25/36
62.55%	15.12	65%	14.88	65%	14.88	B	- 1/9
72.32%	14.14	75%	13.85	75%	13.85	C	+ 1/3
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00	D	+ 1/12
ผลรวม EER	49,741.95	ผลรวม EER	49,766.158	ผลรวม EER	49,766.158		
ค่าเฉลี่ย EER	15.18	ค่าเฉลี่ย EER	15.19	ค่าเฉลี่ย EER	15.19	-	-
Error	0.58%	Error	0.63%	Error	0.63%	IEER	15.191
51.58%	16.14	50%	16.28	50%	16.28	Error	0.61%

5.6.1.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ 5.13 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z31

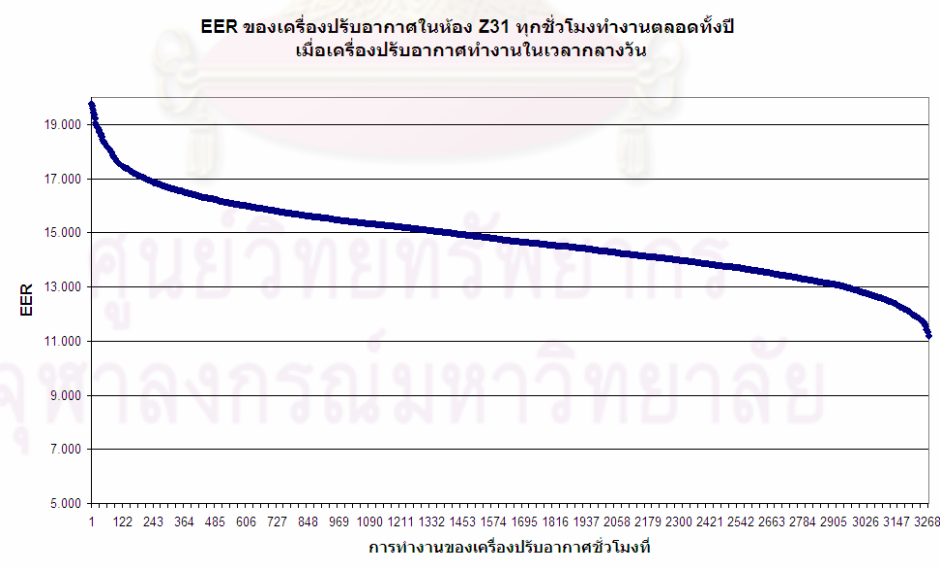
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง z13 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -0.7961\times(\%FL)^2 - 8.0363\times(\%FL) + 17.757 \quad (5.11)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -0.7961\times(\%FL)^2 - 8.0363\times(\%FL) + 19.832 \quad (5.12)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.12)



รูปที่ 5.14 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}} = 47,793.35$ BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z31 ทำงาน 3,234 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{47,793.35}{3,234} = 14.78$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 11 \times EER_{55\%Full\ Load} - 10 \times EER_{50\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z31 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(6EER_{50\%Full\ Load} - 5EER_{60\%Full\ Load}\right) + 4EER_{50\%Full\ Load} \\ +2EER_{60\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}10EER_{50\%Full\ Load} - 3EER_{60\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

แทนค่า พื้นที่ใต้โค้งลงในสมการที่ (5.4) จะได้

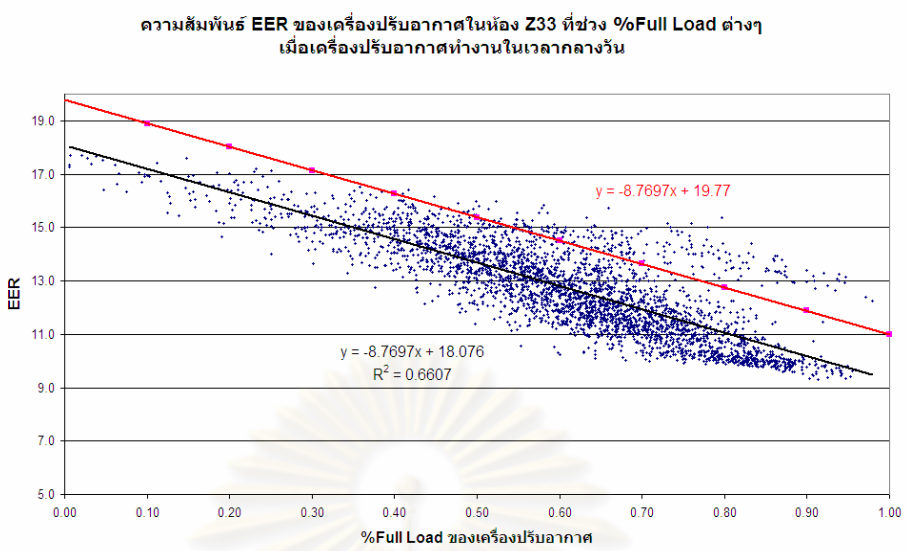
$$IEER = \frac{5}{6}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{4}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.13)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆเท่าๆกันตามตารางที่ 5.2 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.3 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	19.83	0%	20.07	0%	20.09	A	+ 5/6
49.41%	15.67	50%	15.62	50%	15.61	B	- 1/4
60.21%	14.71	60%	14.72	65%	14.27	C	+ 1/3
70.29%	13.79	70%	13.82	75%	13.36	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00		
ผลรวม EER	48,554.95	ผลรวม EER	48,602.23	ผลรวม EER	47,860.20	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	14.83	ค่าเฉลี่ย EER	14.85	ค่าเฉลี่ย EER	14.623	IEER	15.309
Error	0.38%	Error	0.48%	Error	-1.053%	Error	1.29%

5.6.1.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ 5.15 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z33

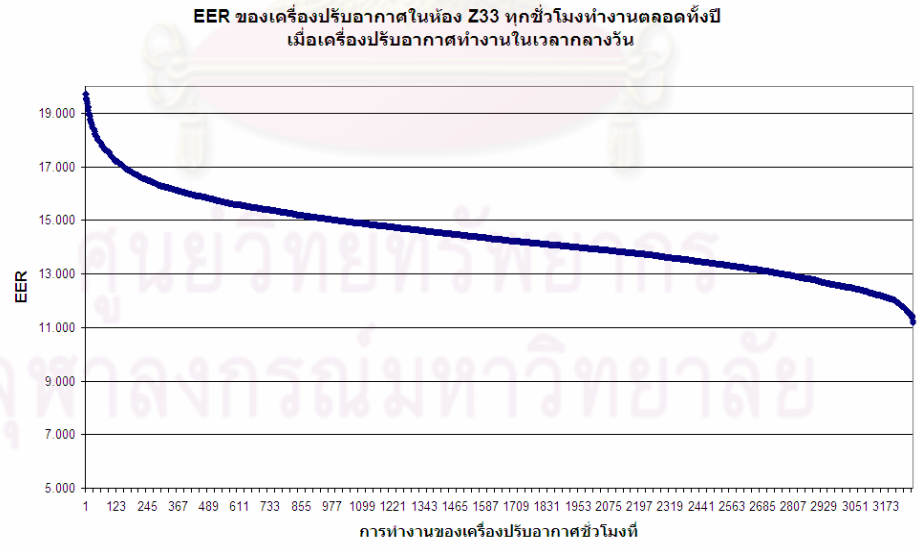
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -8.90 \times (\%FL) + 18.9 \quad (5.14)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -8.90 \times (\%FL) + 19.9 \quad (5.15)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.16 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 46,658.55 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z33 ทำงาน 3,239 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{46,658.55}{3,239} = 14.41$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%\,Full\ Load} = 6.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 5EER_{65\%\,Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z33 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(6.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 5EER_{65\%\,Full\ Load}\right) + 4EER_{50\%\,Full\ Load} \\ +2EER_{65\%\,Full\ Load} + 4EER_{75\%\,Full\ Load} + EER_{100\%\,Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}10.5EER_{50\%\,Full\ Load} - 3EER_{65\%\,Full\ Load} + 4EER_{75\%\,Full\ Load} \\ + EER_{100\%\,Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{25}{36}EER_{50\%\,Full\ Load} - \frac{1}{9}EER_{65\%\,Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{75\%\,Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%\,Full\ Load} \quad (5.10)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.2 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.3 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า %FL		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	19.83	0%	19.770	0%	19.770	A	+ 25/36
49.41%	15.67	50%	15.385	50%	15.385	B	- 1/9
60.21%	14.71	60%	14.069	65%	14.069	C	+ 1/3
70.29%	13.79	70%	13.192	75%	13.192	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.000	100%	11.000		
ผลรวม EER	48,554.95	ผลรวม EER	52,484.93	ผลรวม EER	52,484.93	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	14.83	ค่าเฉลี่ย EER	14.447	ค่าเฉลี่ย EER	14.447	IEER	14.435
Error	0.76%	Error	0.288%	Error	0.288%	Error	0.205%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน

แบ่งชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีซึ่งได้รับการจัดเรียงข้อมูลแล้วออกเป็นสี่ส่วนๆเท่าๆกันในลักษณะเดียวกับรูปที่ 5.6 จะได้ค่าของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องต่างๆได้ดังนี้

ตารางที่ 5.8 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน

%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	Load Fraction			
	z13	z21	z31	z33
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
25	56.92%	51.58%	49.41%	51.58%
50	65.32%	62.55%	60.21%	62.55%
75	75.35%	72.32%	70.29%	72.32%
100	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

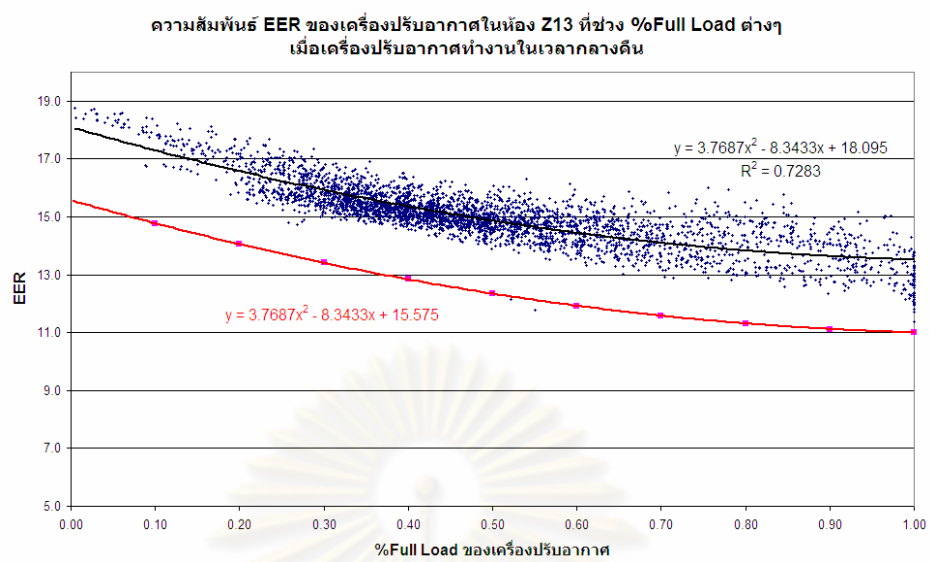
ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละกรณีมีค่าเป็นจุดทศนิยมยากแก่การนำไปใช้ จึงทำการปรับค่าให้เป็นจำนวนเต็ม และหาค่า Common Load Fraction ด้วยการเฉลี่ยค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในแต่ละเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงทำงานเพื่อใช้เป็นจุดแนะนำที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 5.9 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วนให้เป็นจำนวนเต็ม

%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	Load Fraction			
	z13	z21	z31	z33
0	0%	0%	0%	0%
25	55%	50%	50%	50%
50	65%	65%	60%	65%
75	75%	75%	70%	75%
100	100%	100%	100%	100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ 5.17 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง z13

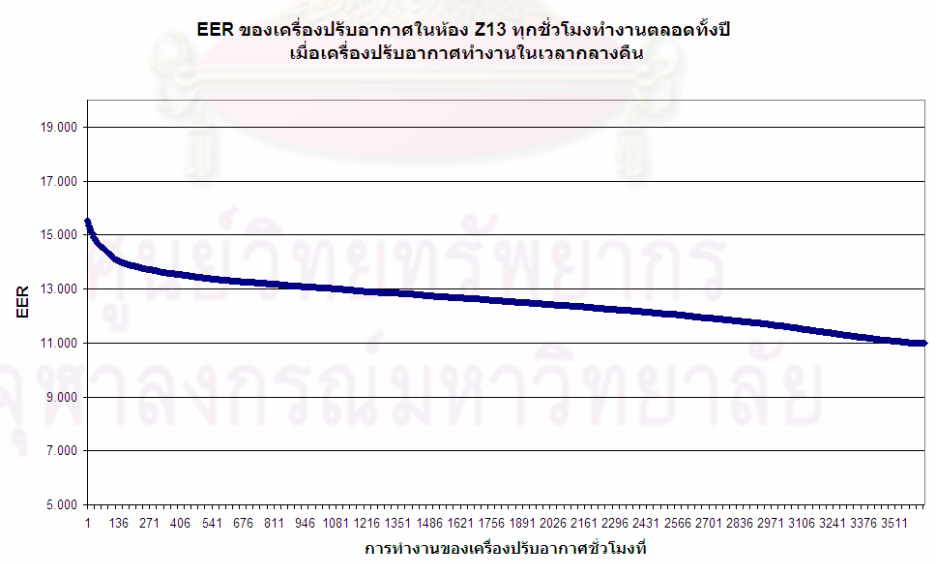
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = 3.7687\times(\%FL)^{2} - 8.3433\times(\%FL) + 15.575 \quad (5.11)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = 3.7687\times(\%FL)^{2} - 8.3433\times(\%FL) + 18.095 \quad (5.12)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (4.6)



รูปที่ 5.18 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 45,072.35 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z13 ทำงาน 3,599 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{45,072.35}{3,599} = 12.52$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 4.5 \times EER_{45\%Full\ Load} - 3.5 \times EER_{35\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z13 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(4.5EER_{25\%Full\ Load} - 3.5EER_{35\%Full\ Load}\right) + 4EER_{25\%Full\ Load} \\ +2EER_{35\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}7.5EER_{35\%Full\ Load} - 0.5EER_{45\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{5}{7}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{24}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.13)$$

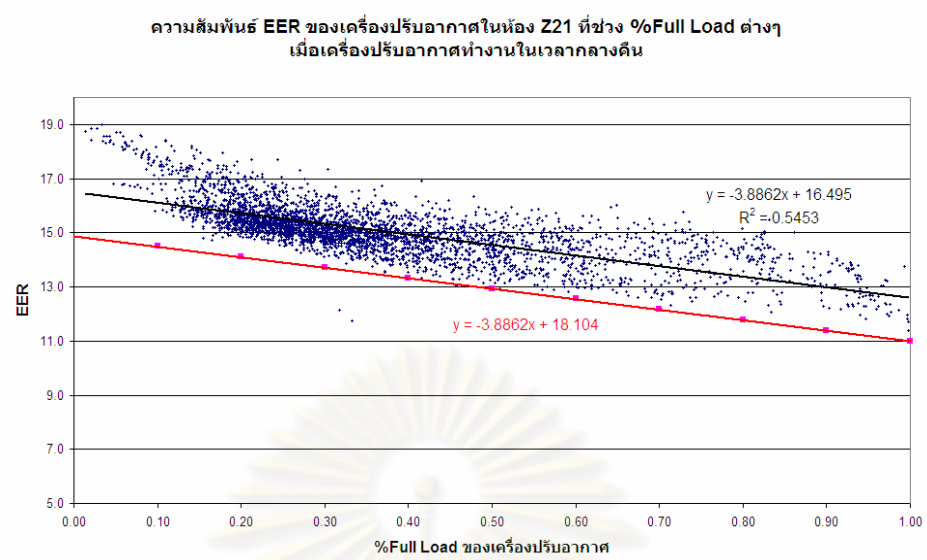
แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.8 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.9 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
0%	15.17	0%	15.33	0%	15.33	A	+ 5/7
26.5%	14.18	25%	14.25	30%	14.03	B	- 1/8
35.7%	13.78	35%	13.81	40%	13.60	C	+ 1/3
49.5%	13.18	50%	13.16	55%	12.95	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00		
ผลรวม EER	49,444.03	ผลรวม EER	49,567.11	ผลรวม EER	48,911.56	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	13.60	ค่าเฉลี่ย EER	13.63	ค่าเฉลี่ย EER	13.45	IEER	12.83
Error	-0.09%	Error	0.16%	Error	-1.17%	Error	2.44%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ 5.19 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง z21

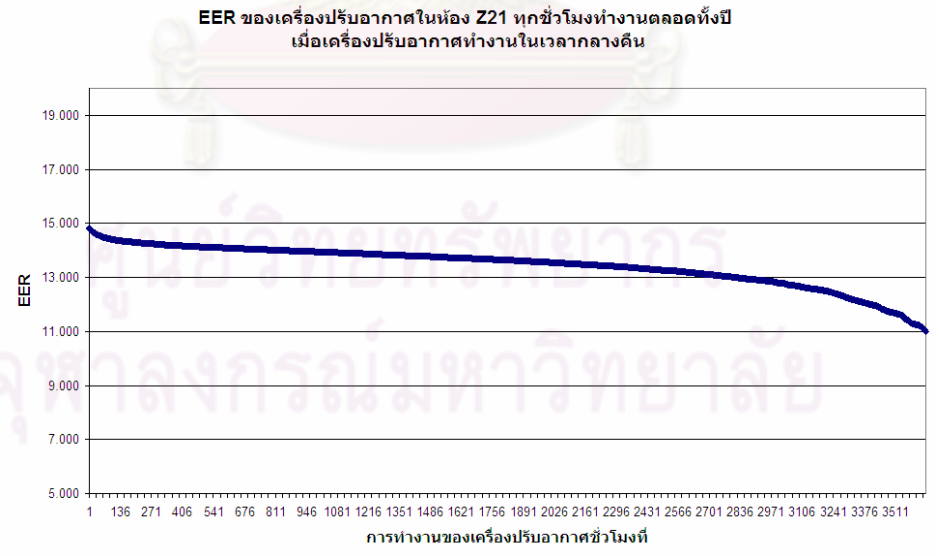
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -3.8862 \times (\%FL) + 16.495 \quad (5.14)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -3.8862 \times (\%FL) + 18.104 \quad (5.15)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.20 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า *EER* ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 48,405.81 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z21 ทำงาน 3,602 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{48{,}405.81}{3{,}602} = 13.44$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 3.5 \times EER_{25\%Full\ Load} - 2.5 \times EER_{35\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z21 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix} \left(3.5EER_{25\%Full\ Load} - 2.5EER_{35\%Full\ Load}\right) + 4EER_{25\%Full\ Load} \\ +2EER_{35\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load} \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix} 7.5EER_{35\%Full\ Load} - 0.5EER_{45\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{5}{8}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{24}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.16)$$

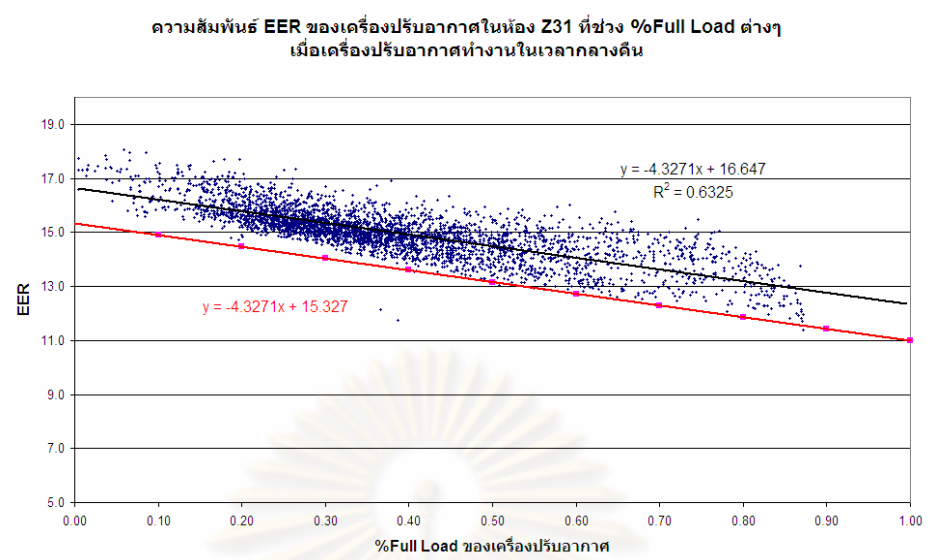
แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.8 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.9 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z21 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
0%	15.17	0%	15.33	0%	15.33	A	+ 5/8
26.5%	14.18	25%	14.25	30%	14.03	B	- 1/24
35.7%	13.78	35%	13.81	40%	13.60	C	+ 1/3
49.5%	13.18	50%	13.16	55%	12.95	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00		
ผลรวม EER	49,444.03	ผลรวม EER	49,567.11	ผลรวม EER	48,911.56	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	13.60	ค่าเฉลี่ย EER	13.63	ค่าเฉลี่ย EER	13.45	IEER	16.58
Error	-0.09%	Error	0.16%	Error	-1.17%	Error	-0.45%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ 5.21 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z31

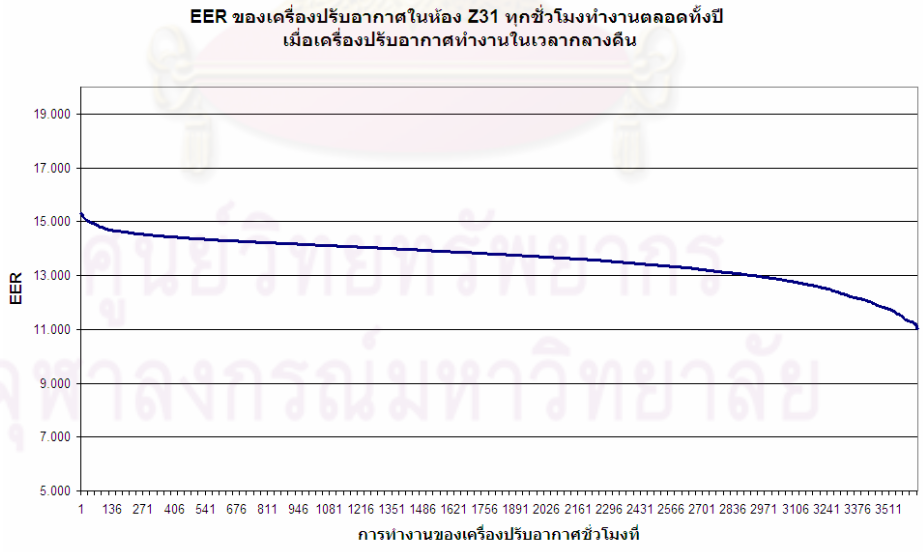
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -4.3271\times(\%FL) + 16.647 \quad (5.17)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -4.3271\times(\%FL) + 15.327 \quad (5.18)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.22 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 49,487.95 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z13 ทำงาน 3,636 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{49{,}487.95}{3{,}636} = 13.61$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 3.5 \times EER_{25\%Full\ Load} - 2.5 \times EER_{35\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z31 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(3.5EER_{25\%Full\ Load} - 2.5EER_{35\%Full\ Load}\right) + 4EER_{25\%Full\ Load} \\ +2EER_{35\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}7.5EER_{35\%Full\ Load} - 0.5EER_{45\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{5}{8}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{24}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (4.19)$$

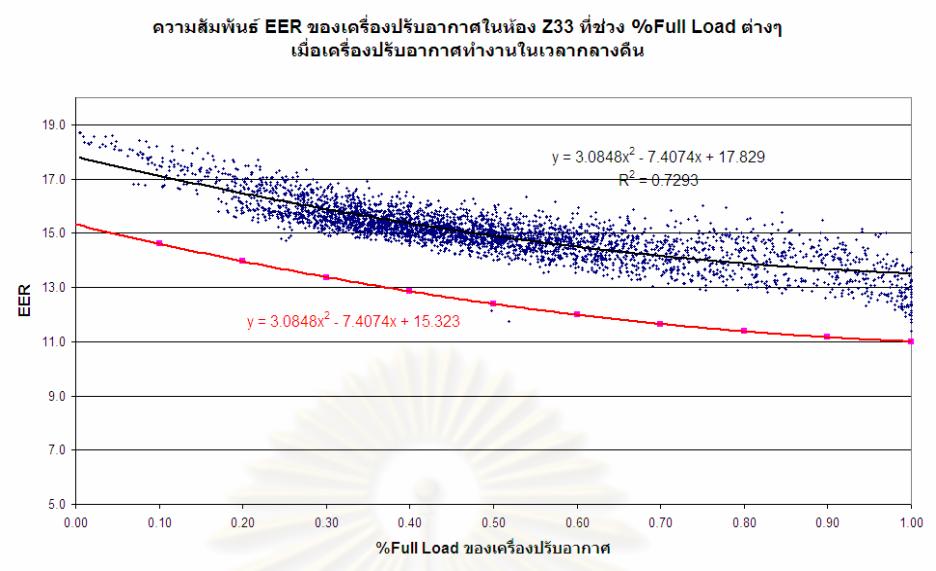
แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.8 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.9 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
0%	15.17	0%	15.33	0%	15.33	A	+ 5/8
26.5%	14.18	25%	14.25	30%	14.03	B	- 1/24
35.7%	13.78	35%	13.81	40%	13.60	C	+ 1/3
49.5%	13.18	50%	13.16	55%	12.95	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00		
ผลรวม EER	49,444.03	ผลรวม EER	49,567.11	ผลรวม EER	48,911.56	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	13.60	ค่าเฉลี่ย EER	13.63	ค่าเฉลี่ย EER	13.45	IEER	13.63
Error	-0.09%	Error	0.16%	Error	-1.17%	Error	0.16%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.2.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ 5.23 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z33

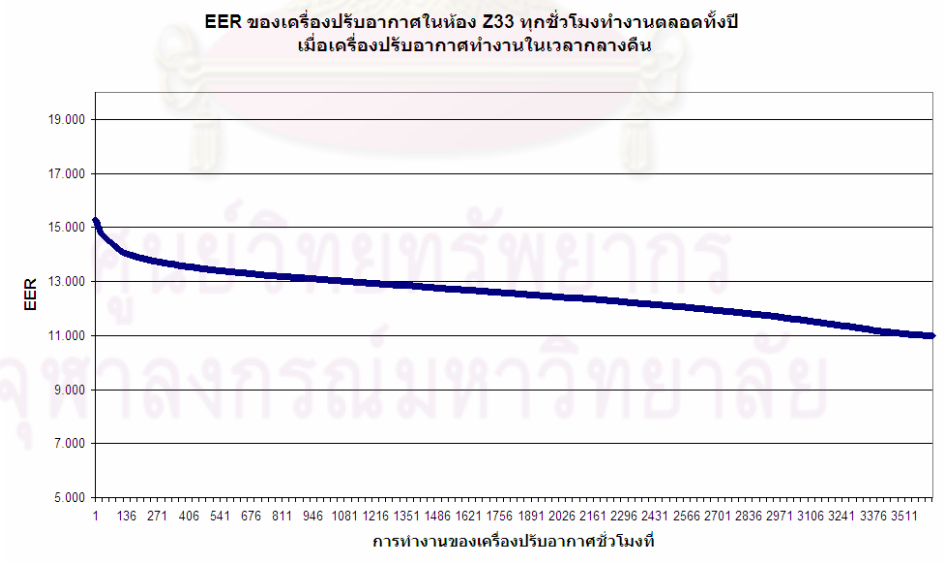
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = 3.0848\times(\%FL)^2 - 7.4074\times(\%FL) + 17.829 \quad (5.20)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = 3.0848\times(\%FL)^2 - 7.4074\times(\%FL) + 15.323 \quad (5.21)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.24 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 45,537.62 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z33 ทำงาน 3,633 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{45,537.62}{3,633} = 12.53$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = 4.5 \times EER_{35\%Full\ Load} - 3.5 \times EER_{45\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z33 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(4.5EER_{35\%Full\ Load} - 3.5EER_{45\%Full\ Load}\right) + 4EER_{35\%Full\ Load} \\ +2EER_{45\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}8.5EER_{35\%Full\ Load} - 1.5EER_{45\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{5}{7}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{8}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.22)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.8 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.9 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่าสัมประสิทธิ์	EER
0%	15.32	0%	14.87	0%	14.95	A	+ 5/7
34.66%	13.13	35%	13.11	30%	13.38	B	- 1/8
46.27%	12.56	45%	12.61	40%	12.85	C	+ 1/3
62.28%	11.91	60%	11.99	55%	12.18	D	+ 1/12
100%	11.00	100%	11.00	100%	11.00		
ผลรวม EER	45,872.26	ผลรวม EER	45,839.16	ผลรวม EER	46,579.68	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	12.63	ค่าเฉลี่ย EER	12.62	ค่าเฉลี่ย EER	12.821	IEER	12.62
Error	0.74%	Error	0.66%	Error	2.29%	Error	0.69%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน

แบ่งชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีซึ่งได้รับการจัดเรียงข้อมูลแล้วออกเป็นสี่ส่วนๆเท่าๆกันในลักษณะเดียวกับรูปที่ 5.6 จะได้ค่าของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องต่างๆได้ดังนี้

ตารางที่ 5.14 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานออกเป็นสี่ส่วนเท่าๆกัน

%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	Load Fraction			
	z13	z21	z31	z33
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
25	37.61%	34.41%	33.95%	38.18%
50	53.39%	49.96%	47.54%	52.52%
75	67.49%	65.34%	62.91%	67.88%
100	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

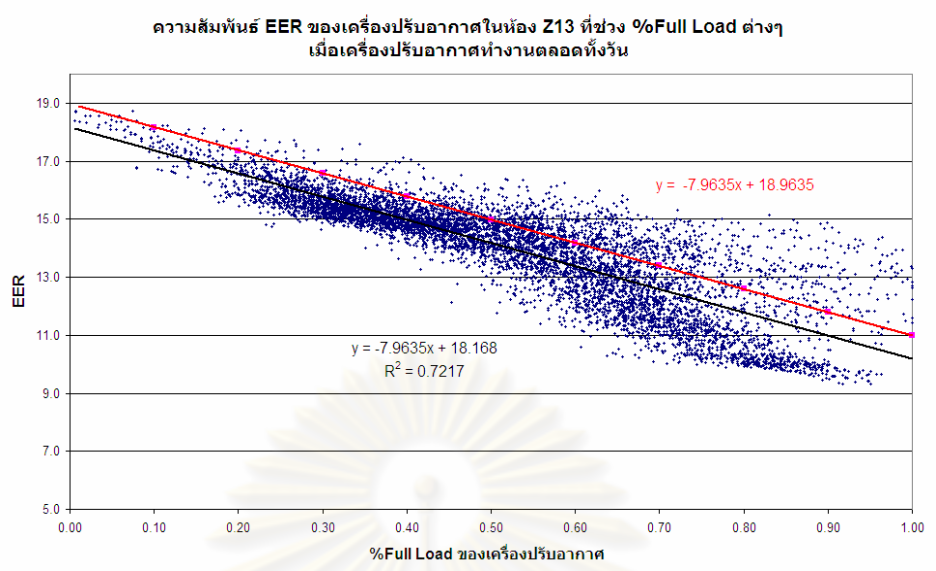
ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละกรณีมีค่าเป็นจุดทศนิยมยากแก่การนำไปใช้ จึงทำการปรับค่าให้เป็นจำนวนเต็ม และหาค่า Common Load Fraction ด้วยการเฉลี่ยค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในแต่ละเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงทำงานเพื่อใช้เป็นจุดแนะนำที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในช่วงเวลากลางคืน

ตารางที่ 5.15 ค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อปรับค่าสัดส่วนให้เป็นจำนวนเต็ม

%ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปี	Load Fraction			
	z13	z21	z31	z33
0	0%	0%	0%	0%
25	40%	35%	35%	40%
50	55%	50%	50%	55%
75	70%	65%	65%	70%
100	100%	100%	100%	100%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.6.3.1 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ 5.25 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z13

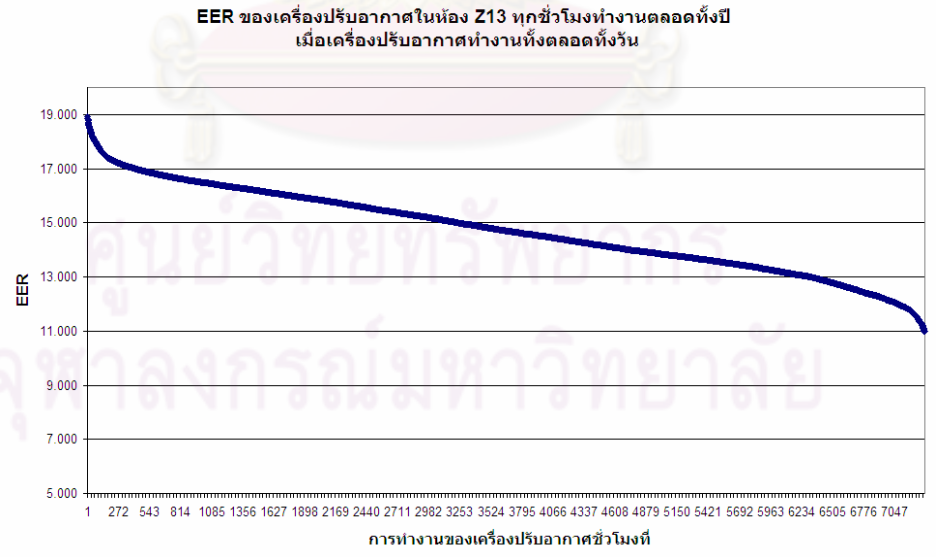
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -7.9635 \times (\%FL) + 18.168 \quad (5.23)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -7.9635 \times (\%FL) + 18.963 \quad (5.24)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.26 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 108,168.248 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z13 ทำงาน 7,307 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{108,168.248}{7,307} = 14.80$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = \frac{25}{15} \times EER_{40\%Full\ Load} - \frac{40}{15} \times EER_{55\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z13 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{55}{15}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{40}{15}EER_{55\%Full\ Load}\right) + 4EER_{40\%Full\ Load} \\ +2EER_{55\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \\ &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\frac{115}{15}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{10}{15}EER_{55\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \end{aligned}$$

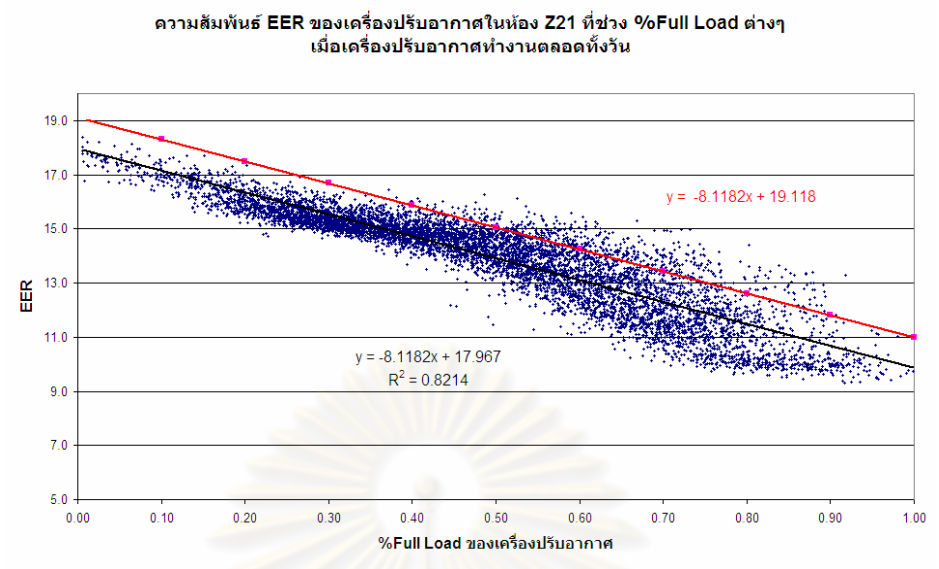
$$IEER = \frac{23}{36}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{1}{18}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{70\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.25)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.14 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.15 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z13 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	18.964	0%	18.964	0%	19.362	A	+ 23/36
37.61%	15.968	40%	15.778	35%	16.176	B	- 1/18
53.39%	14.712	55%	14.584	50%	14.982	C	+ 1/3
67.49%	13.589	70%	13.389	65%	13.787	D	+ 1/12
100%	11.000	100%	11.000	100%	11.000		
ผลรวม EER	108,168.248	ผลรวม EER	107,061.74	ผลรวม EER	109,729.12	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	14.803	ค่าเฉลี่ย EER	14.652	ค่าเฉลี่ย EER	15.017	IEER	14.650
Error	0.506%	Error	-0.522%	Error	1.957%	Error	-0.54%

5.6.3.2 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ 5.27 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z21

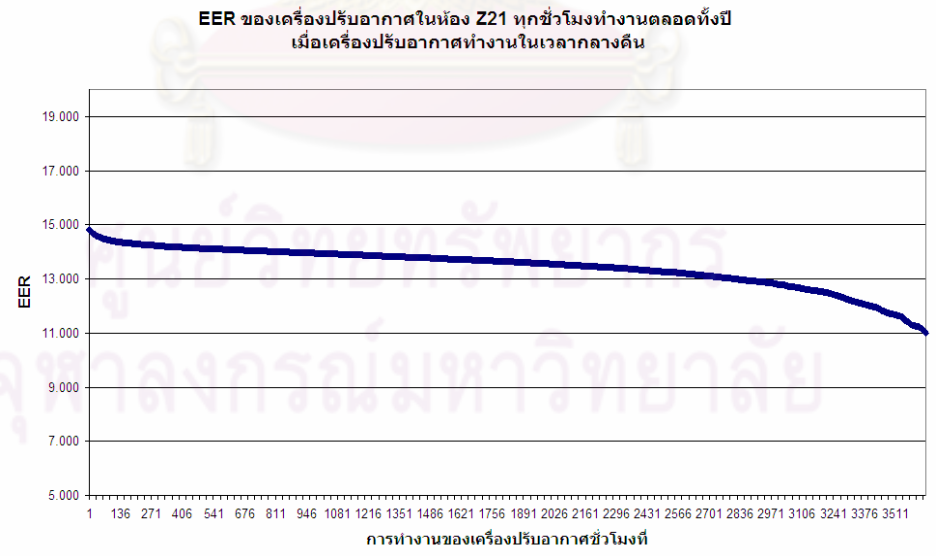
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = -8.1182 \times (\%FL) + 17.967 \quad (5.26)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -8.1182 \times (\%FL) + 19.118 \quad (5.27)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.28 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 109,501.38 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z21 ทำงาน 7,267 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{109,501.38}{7,267} = 15.07$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = \frac{50}{15}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15}EER_{50\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z21 เป็น

$$IEER = \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{50}{15}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15}EER_{50\%Full\ Load}\right) + 4EER_{35\%Full\ Load} \\ +2EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right]$$

$$= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\frac{22}{3}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{3}EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right]$$

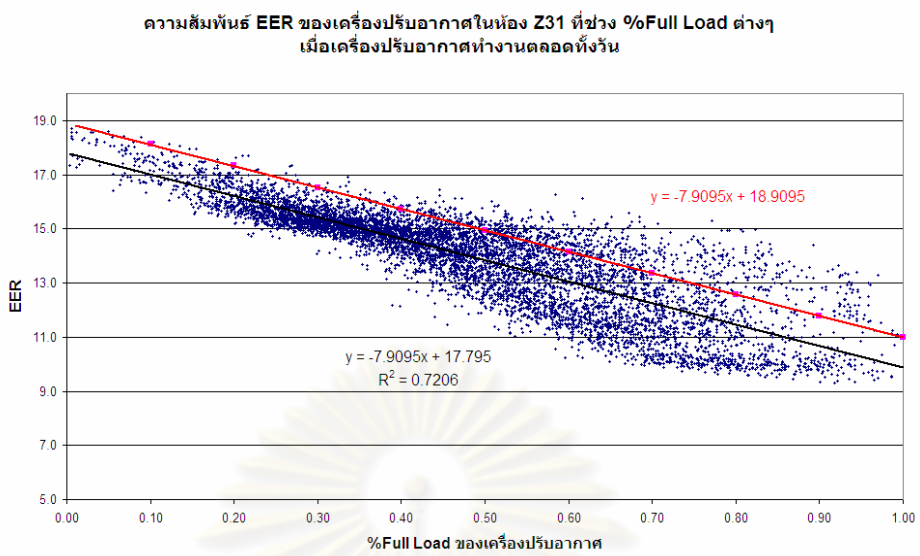
$$IEER = \frac{11}{18}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{36}EER_{50\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.28)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.14 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.15 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z21 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	19.118	0%	19.118	0%	19.118	A	+ 11/18
34.41%	16.325	35%	16.277	35%	16.277	B	- 1/36
49.96%	15.062	50%	15.059	50%	15.059	C	+ 1/3
65.34%	13.813	65%	13.841	65%	13.841	D	+ 1/12
100%	11.000	100%	11.000	100%	11.000		
ผลรวม EER	109,501.384	ผลรวม EER	109,448.09	ผลรวม EER	109,448.09	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	15.068	ค่าเฉลี่ย EER	15.061	ค่าเฉลี่ย EER	15.061	IEER	15.059
Error	0.052%	Error	0.004%	Error	0.004%	Error	-0.01%

5.6.3.3 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ 5.29 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง Z31

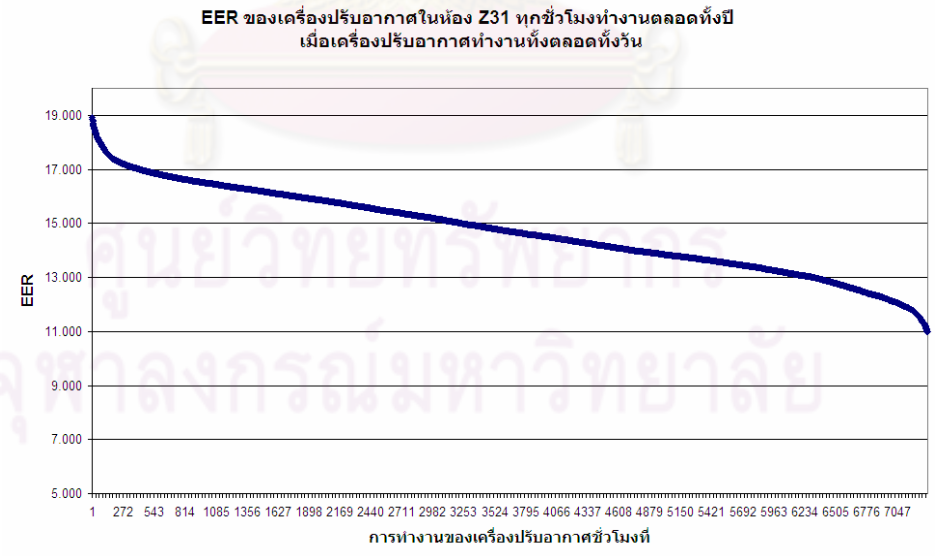
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตามกระบวนการในหัวข้อ 4.4 จะได้

$$EER = -4.3271\times(\%FL) + 16.647 \quad (5.29)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = -4.3271\times(\%FL) + 15.327 \quad (5.30)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.30 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 109,948.68 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z31 ทำงาน 7,297 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{109,948.68}{7,297} = 15.07$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = \frac{50}{15} EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15} EER_{50\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z31 เป็น

$$IEER = \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{50}{15} EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15} EER_{50\%Full\ Load}\right) + 4EER_{35\%Full\ Load} \\ +2EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right]$$

$$= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\frac{22}{3} EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{3} EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right]$$

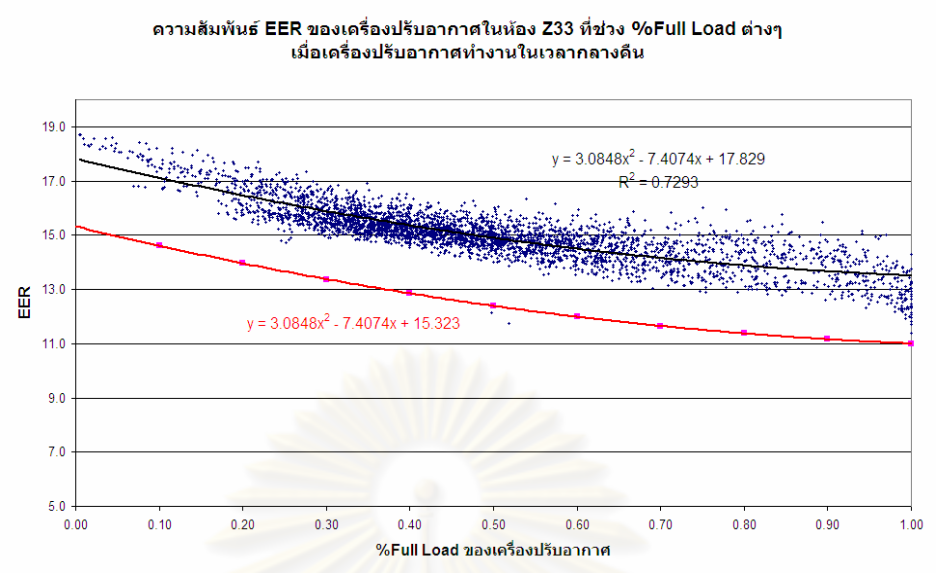
$$IEER = \frac{11}{18} EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{36} EER_{50\%Full\ Load} + \frac{1}{3} EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{12} EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.31)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.14 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.15 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z31 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	18.910	0%	19.305	0%	19.305	A	+ 11/18
34.41%	16.224	35%	16.141	35%	16.141	B	- 1/36
49.96%	15.149	50%	14.955	50%	14.955	C	+ 1/3
65.34%	13.933	65%	13.768	65%	13.768	D	+ 1/12
100%	11.000	100%	11.000	100%	11.000		
ผลรวม EER	109,948.68	ผลรวม EER	109,350.30	ผลรวม EER	109,350.30	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	15.068	ค่าเฉลี่ย EER	14.986	ค่าเฉลี่ย EER	14.986	IEER	14.955
Error	0.172%	Error	-0.373%	Error	-0.373%	Error	-0.58%

5.6.3.4 การหาค่า IEER ของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ 5.31 สหสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง (33

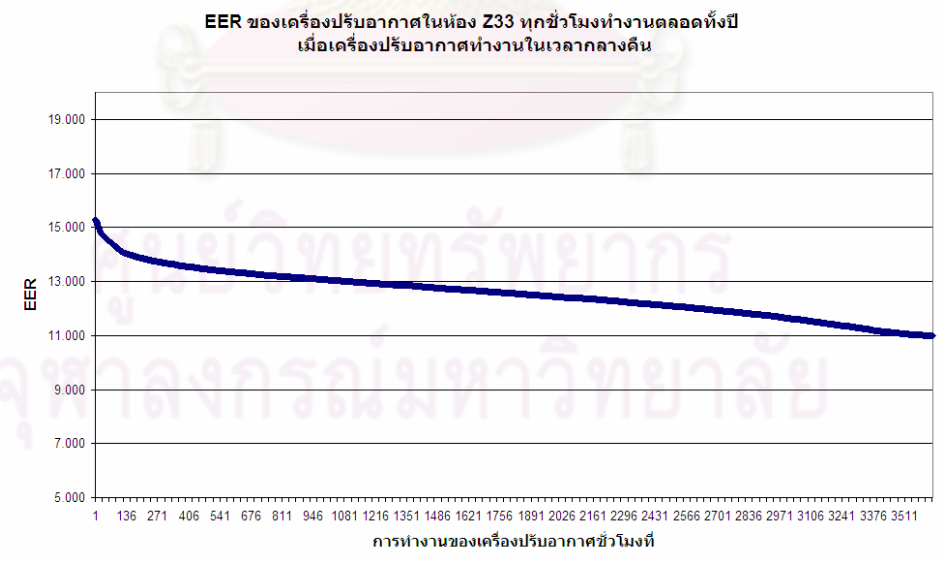
จากผลการจำลองจะหาความสัมพันธ์ของ EER กับสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตามกระบวนการในหัวข้อ 5.4 จะได้

$$EER = 3.0848\times(\%FL)^2 - 7.4074\times(\%FL) + 17.829 \quad (5.32)$$

ปรับค่า EER ที่ 100% Full Load เป็น 11 จะได้ สมการของ EER เป็น

$$EER = 3.0848\times(\%FL)^2 - 7.4074\times(\%FL) + 15.323 \quad (5.33)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีลงในสมการที่ (5.6)



รูปที่ 5.32 EER ของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33 ตลอดทั้งปี

เมื่อนำค่า EER ตลอดทั้งปี มาหาผลรวมจะได้ ค่า $EER_{\text{รวมตลอดทั้งปี}}$ = 108,015.78 BTUH/W

เวลาที่เครื่องปรับอากาศในห้อง Z33 ทำงาน 7,293 ชั่วโมงตลอดทั้งปี

จะได้ ค่าเฉลี่ย EER ของเครื่องปรับอากาศจากผลการจำลองเป็น $\frac{108,015.78}{7,293} = 14.81$ BTUH/W

การสร้างสูตรคำนวณอย่างง่ายสำหรับคำนวณค่า IEER

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้นจากสมการที่ (5.6) จะได้ค่า

$$EER_{0\%Full\ Load} = \frac{25}{15} \times EER_{40\%Full\ Load} - \frac{40}{15} \times EER_{55\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า IEER ของห้อง Z33 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{55}{15}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{40}{15}EER_{55\%Full\ Load}\right) + 4EER_{40\%Full\ Load} \\ +2EER_{55\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \\ &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\frac{115}{15}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{10}{15}EER_{55\%Full\ Load} + 4EER_{70\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{23}{36}EER_{40\%Full\ Load} - \frac{1}{18}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{70\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.34)$$

แทนค่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อแบ่งช่วงการทำงานเป็นส่วนๆ เท่าๆกันตามตารางที่ 5.14 เมื่อปรับค่าสัดส่วนภาระการทำงานตามตารางที่ 5.15 และ เมื่อใช้สูตรอย่างง่ายในการคำนวณค่า IEER เปรียบเทียบค่ากับค่าผลรวม EER จากการคำนวณโดยกฎของซิมป์สันกับผลรวม EER จากการผลรวมโดยตรง ได้ผลตามตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ตารางเปรียบเทียบค่า EER ของห้อง Z33 ในกรณีต่างๆ

แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ส่วน		หลังปรับค่า Load Fraction		เมื่อใช้ค่า Common Load Fraction		เมื่อใช้สูตรอย่างง่าย	
%โหลด	EER	%โหลด	EER	%โหลด	EER	ค่า สัมประสิทธิ์	EER
0%	19.051	0%	19.051	0%	19.051	A	+ 23/36
37.61%	15.977	40%	15.831	35%	16.233	B	- 1/18
53.39%	14.823	55%	14.623	50%	15.026	C	+ 1/3
67.49%	13.586	70%	13.415	65%	13.818	D	+ 1/12
100%	11.000	100%	11.000	100%	11.000		
ผลรวม EER	108,015.78	ผลรวม EER	107,002.60	ผลรวม EER	109,446.11	-	-
ค่าเฉลี่ย EER	14.811	ค่าเฉลี่ย EER	14.672	ค่าเฉลี่ย EER	15.007	IEER	15.026
Error	0.23%	Error	-0.71%	Error	1.55%	Error	1.68%

5.7 การหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับหาค่า IEER

จากกรณีตัวอย่างแต่ละกรณีเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในแต่ห้องจะมีค่าสัมประสิทธิ์ที่จะใช้ในสูตรอย่างง่ายแตกต่างกันไป หากต้องการนำไปใช้จริงต้องหาค่าที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

5.7.1 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน

จากตารางที่ 5.3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของกรณีตัวอย่างทั้งสี่ห้อง เท่ากับ 50%, 65%, 75% และ 100% ดังนั้นการหาค่า IEER จะพิจารณาจากสัดส่วนภาระทำงานดังกล่าว

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้น จะได้ค่า $EER_{0\%Full\ Load}$

$$EER_{0\%Full\ Load} = 6.5EER_{50\%Full\ Load} - 5EER_{65\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(6.5EER_{50\%Full\ Load} - 5EER_{65\%Full\ Load}\right) + 4EER_{50\%Full\ Load} \\ +2EER_{65\%Full\ Load} + 4EER_{75\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \\ &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}10.5EER_{50\%Full\ Load} - 3EER_{65\%Full\ Load} + 4EER_{75\%Full\ Load} \\ +EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{25}{36}EER_{50\%Full\ Load} - \frac{1}{9}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{75\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.35)$$

$$IEER = A \times EER_{50\%Full\ Load} + B \times EER_{65\%Full\ Load} + C \times EER_{75\%Full\ Load} + D \times EER_{100\%Full\ Load}$$

จะได้ว่า สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ คือ

A = 25/36

B = -1/9

C = 1/3

D = 1/12

ความผิดพลาดจากการใช้สูตรคำนวณอย่างง่ายที่สัดส่วนภาระการทำงานร่วมกันของทั้งสี่กรณี จะมีค่าดังตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.20 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่างง่ายเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน

ห้อง	ค่า IEER จากการคำนวณ อย่างง่าย	ความผิดพลาดจากการคำนวณ
Z13	14.34	2.00%
Z21	15.19	0.61%
Z31	14.63	-1.02%
Z33	14.43	0.21%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7.2 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน

จากตารางที่ 5.9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของกรณีตัวอย่างทั้งสี่ห้อง เท่ากับ 30%, 40%, 55% และ 100% ดังนั้นการหาค่า IEER จะพิจารณาจากสัดส่วนภาระทำงานดังกล่าว

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้น จะได้ค่า $EER_{0\%Full\ Load}$

$$EER_{0\%Full\ Load} = 4EER_{30\%Full\ Load} - 3EER_{40\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้

$$\begin{aligned} iEER &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}\left(4EER_{30\%Full\ Load} - 3EER_{40\%Full\ Load}\right) + 4EER_{30\%Full\ Load} \\ +2EER_{40\%Full\ Load} + 4EER_{55\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{12}\begin{bmatrix}8EER_{30\%Full\ Load} - EER_{40\%Full\ Load} + 4EER_{55\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$iEER = \frac{2}{3}EER_{30\%Full\ Load} - \frac{1}{12}EER_{40\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{55\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.36)$$

จากสูตร

$$iEER = A \times EER_{30\%Full\ Load} + B \times EER_{40\%Full\ Load} + C \times EER_{55\%Full\ Load} + D \times EER_{100\%Full\ Load}$$

จะได้ว่า สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ คือ

A = 2/3

B = -1/12

C = 1/3

D = 1/12

ความผิดพลาดจากการใช้สูตรคำนวณอย่างง่ายที่สัดส่วนภาระการทำงานร่วมกันของทั้งสี่กรณี จะมีค่าดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่างง่าย เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน

ห้อง	ค่า IEER จากการคำนวณ อย่างง่าย	ความผิดพลาดจากการคำนวณ
Z13	12.83	2.44%
Z21	13.20	-1.76%
Z31	13.45	-1.16%
Z33	12.82	2.32%

5.7.3 สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน

จากตารางที่ 5.15 พบว่า ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของกรณีตัวอย่างทั้งสี่ห้อง เท่ากับ 35%, 50%, 65% และ 100% ดังนั้นการหาค่า IEER จะพิจารณาจากสัดส่วนภาระทำงานดังกล่าว

จากการประมาณค่าแบบเชิงเส้น จะได้ค่า $EER_{0\%Full\ Load}$

$$EER_{0\%Full\ Load} = \frac{50}{15}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15}EER_{50\%Full\ Load}$$

แทนค่า $EER_{0\%Full\ Load}$ ลงในสมการที่ (5.5) จะได้สูตรอย่างง่ายสำหรับทำนายค่า ณEER ของห้อง Z21 เป็น

$$\begin{aligned} IEER &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\left(\frac{50}{15}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{35}{15}EER_{50\%Full\ Load}\right) + 4EER_{35\%Full\ Load} \\ +2EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \\ &= \frac{1}{12}\left[\begin{array}{l}\frac{22}{3}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{3}EER_{50\%Full\ Load} + 4EER_{65\%Full\ Load} \\ + EER_{100\%Full\ Load}\end{array}\right] \end{aligned}$$

$$IEER = \frac{11}{18}EER_{35\%Full\ Load} - \frac{1}{36}EER_{50\%Full\ Load} + \frac{1}{3}EER_{65\%Full\ Load} + \frac{1}{12}EER_{100\%Full\ Load} \quad (5.36)$$

จากสูตร

$$iEER = A\times EER_{35\%Full\ Load} + B\times EER_{50\%Full\ Load} + C\times EER_{65\%Full\ Load} + D\times EER_{100\%Full\ Load}$$

จะได้ว่า สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ คือ

A = 11/18

B = 1/36

C = 1/3

D = 1/12

ความผิดพลาดจากการใช้สูตรคำนวณอย่างง่ายที่สัดส่วนภาระการทำงานร่วมกันของทั้งสี่กรณี จะมีค่าดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 ตารางเปรียบเทียบความผิดพลาดของ IEER จากสูตรอย่างง่าย เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน

ห้อง	ค่า IEER จากการคำนวณ อย่างง่าย	ความผิดพลาดจากการคำนวณ
Z13	14.98	1.72%
Z21	15.05	-0.01%
Z31	14.95	-0.58%
Z33	15.02	1.68%

5.8 สภาวะสำหรับการทดสอบเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณค่า IEER จะคำนวณจาก EER ที่สัดส่วนภาระการทำงาน (%Full Load) หลายค่า และจากการจำลองจากโปรแกรม EnergyPlus พบว่าสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load) จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิภายนอกอาคาร ดังนั้นสภาวะที่จะใช้ทดสอบเครื่องปรับอากาศที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศตำแหน่งต่างๆ จึงควรจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งเฉลี่ยภายนอกอาคารได้คือค่า Mean Coincident Dry Bulb (MDB)

เนื่องจากสภาวะการทำงานของเครื่องปรับอากาศจริงจะมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งที่สูงกว่า Mean Coincident Dry Bulb อยู่ 50% ดังนั้นการเลือกใช้ค่า MDB สำหรับห้องทดสอบอาจจะทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถรองรับการทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่า MDB ได้ ดังนั้นการเลือกใช้อุณหภูมิในห้องทดสอบจึงจะใช้เกณฑ์ 95% Confidential Interval ซึ่งจะครอบคลุมสภาวะแวดล้อมการทำงานของเครื่องปรับอากาศมากกว่า

จากอุณหภูมิภายนอกห้องอาคารของห้องทั้งสี่ห้องมีค่าแตกต่างกันในแต่และกรณี ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิเฉลี่ยสำหรับการกำหนดอุณหภูมิในห้องทดสอบ

5.8.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน

ตารางที่ 5.23 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางวัน

สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ (C)				
	Z13	Z21	Z31	Z33	ค่าเฉลี่ย
50%	29.1	28.9	29.6	29.4	29.3
65%	31.1	31.2	31.9	31.6	31.4
75%	32.1	32.7	33.3	32.9	32.7
100%	33.1	36.5	36.5	36	35.5

5.8.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน

ตารางที่ 5.24 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในเวลากลางคืน

สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ (C)				
	Z13	Z21	Z31	Z33	ค่าเฉลี่ย
30%	29.1	28.9	29.6	29.4	29.3
40%	31.1	31.2	31.9	31.6	31.4
55%	32.1	32.7	33.3	32.9	32.7
100%	33.1	36.5	36.5	36.0	35.5

5.8.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 5.25 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารสำหรับห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวัน

สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดสอบเครื่องปรับอากาศ (C)				
	Z13	Z21	Z31	Z33	ค่าเฉลี่ย
35%	28.4	27.3	29.0	27.35	28.0
50%	29.9	28.4	31.0	28.26	29.4
55%	31.7	29.9	33.0	29.92	31.1
100%	36.1	38.0	37.9	38.70	37.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กในอาคารตัวอย่างจากโปรแกรม EnergyPlus โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครทั้งปี พบว่าเครื่องปรับอากาศส่วนมากจะไม่ได้ทำงานที่สัดส่วนภาระทำงานเต็มที่ ดังนั้นผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศในห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศจึงไม่สามารถสะท้อนค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งปีได้ การวิจัยนี้จึงจะเสนอแนวทางการหาค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานรวม (IEER) โดยถ่วงน้ำหนักจากสัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load) ในรูป

$$iEER = A \times EER_1 + B \times EER_2 + C \times EER_3 + D \times EER_4$$

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศที่ทำงานในช่วงเวลากลางวัน เวลากลางคืน และเครื่องปรับอากาศที่ทำงานตลอดทั้งวันมีลักษณะการกระจายของสัดส่วนภาระการทำความเย็นที่แตกต่างกันการหาสูตรอย่างง่ายจึงพิจารณาแยกส่วนกัน

เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน

ตารางที่ 6.1 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางวัน

สภาวะทดสอบ	Testing %Full Load	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของห้องร้อน (C)	สัมประสิทธิ์	ค่าสัมประสิทธิ์	
				ทศนิยม	เศษส่วน
1	50%	32.7	A	0.69	+ 25/36
2	65%	35.0	B	-0.11	- 1/9
3	75%	36.3	C	0.33	+ 1/3
4	100%	38.9	D	0.08	+ 1/12

เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน

ตารางที่ 6.2 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในเวลากลางคืน

สภาวะทดสอบ	Testing %Full Load	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของห้องร้อน (C)	สัมประสิทธิ์	ค่าสัมประสิทธิ์	
				ทศนิยม	เศษส่วน
1	30%	27.9	A	0.66	+ 2/3
2	40%	29.0	B	-0.08	- 1/12
3	55%	30.0	C	0.33	+ 1/3
4	100%	30.4	D	0.08	+ 1/12

เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 6.2 สภาวะทดสอบและค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคำนวณ IEER เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดทั้งวัน

สภาวะทดสอบ	Testing %Full Load	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของห้องร้อน (C)	สัมประสิทธิ์	ค่าสัมประสิทธิ์	
				ทศนิยม	เศษส่วน
1	35%	27.9	A	0.61	+ 11/18
2	50%	29.0	B	-0.03	- 1/36
3	65%	30.0	C	0.33	+ 1/3
4	100%	30.4	D	0.08	+ 1/12

ข้อเสนอแนะ

1. ทดสอบเครื่องปรับอากาศแบบ inverter ที่มีในท้องตลาดตามเงื่อนไขทดสอบข้างต้น แล้วนำมาคำนวณหาค่า IEER เพื่อหาค่า IEER ที่เหมาะสมสำหรับการนำมาเป็นมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ในอนาคต
2. ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบผลการคำนวณของโปรแกรม EnergyPlus
3. ทำการทดลองหาค่า EER ที่เป็นฟังก์ชันของOutdoor Dry Bulb โดยตรง
4. การลดจำนวนตำแหน่งทดสอบเพื่อลดค่าใช้จ่ายสามารถลดจำนวนจุดลงได้ แต่ว่าสูตรที่ใช้จำเป็นต้องได้รับการปรับเปลี่ยนและประดิษฐ์ขึ้นใหม่ตามแนวทางข้างต้น
5. เพิ่มกรณีศึกษาในการจำลองจากโปรแกรม EnergyPlus เช่น
   - เปลี่ยนอาคารจากบ้านพักอาศัยเป็นอาคารสำนักงาน หรืออาคารชุด
   - ปรับเปลี่ยนวัสดุหรือปรับค่าคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการสร้างอาคาร

- เพิ่มเติมเปลี่ยนแปลงข้อมูลสภาวะอากาศ
- ใช้ข้อมูลของคอมเพรสเซอร์แบบ inverter รุ่นอื่นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Air-Conditioning and Refrigeration Institute, **Unitary air-conditioning and air source heat pump equipment (ARI Standard 210/240-2006)**. Arlington: ANSI, 2006.

[2] Liu, Sheng-Chun; Ma, Yi-Tai; Lu, Wei: Analysis about EER and SEER of air conditioner. **Journal of Tianjin University Science and Technology** 39 (September 2006): 1088-1092.

[3] Ji Young JANG1, Se-Yoon OH1, Chan Ho SONG1, Ho Seon CHOI1 and Simon JIN. **AN EXPERIMENTAL COMPARISON OF ENERGY EFFICIENCY INDICATORS, EER AND SEER IN RESIDENTIAL AIRCONDITIONERS** [Online]. Digital Appliance Laboratory LG Electronics, Available from: http://mail.mtprog.com/CD_Layout/Day_2_22.06.06/1615-1815/ID166_JANG_final.pdf [2008,September]

[4] Air-Conditioning and Refrigeration Institute. **Water chilling packages using the vapor compression cycle (ARI Standard 550/590-2003)**. Arlington: ANSI, 2003.

[5] F.W. Yu, K.T. Chan. Experimental determination of the energy efficiency of an air-cooled chiller under part load conditions. **Energy** 30 (July 2005): 1747-1758.

[6] Energy, Department. USA. Energy Plus (version1.30a) [Computer Software]. Washington, DC.

[7] ASHRAE. **2005 ASHRAE Handbooks Fundamentals (SI)**. Atlanta, USA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, 2005.

[8] Energy, Department. USA. Weather Data [Online]. Available from: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/Weather_data.cfm [2008, September]

[9] ไพศาล ประจันทร์พานิชย์. Inverter Compressor. ใน **สัมมนาวิชาการเรื่องเทคโนโลยีระบบปรับอากาศยุคใหม่**, 19 มีนาคม 2551 ณ โรงแรมแกรนด์เมอเคียวฟอร์จูน จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

ภาคผนวก

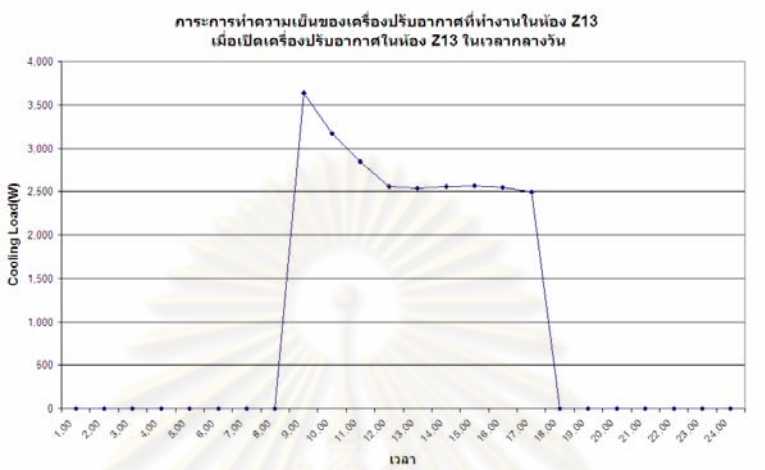
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

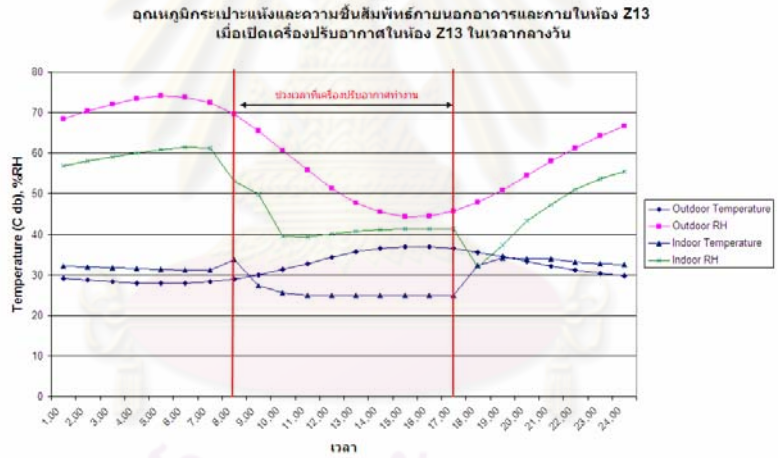
ผลการจำลองจากโปรแกรม EnergyPlus

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวัน

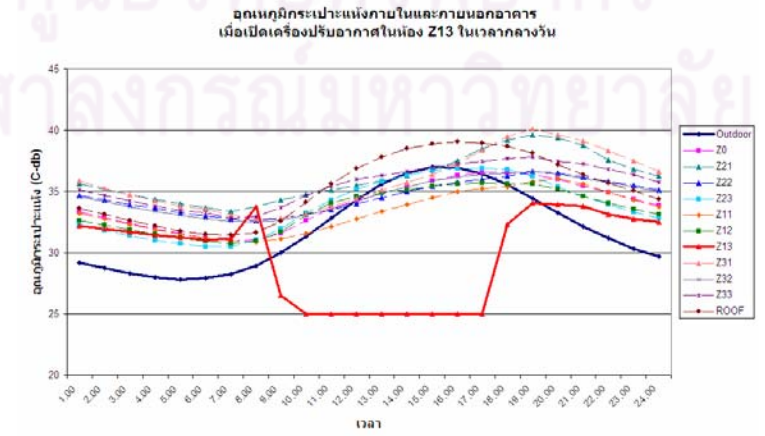
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นล่าง (Z13)



รูปที่ ก.1 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ ก.2 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z13



รูปที่ ก.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

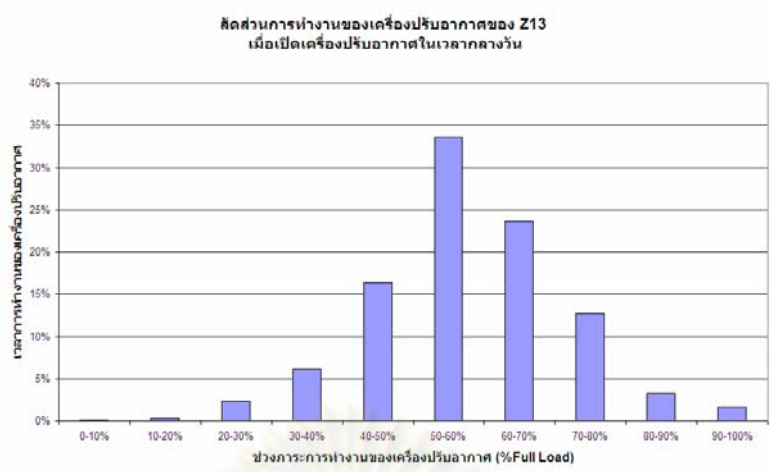
ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	2	0.06%	18.3	0.63	19.54	17.09
10-20%	10	0.30%	21.6	2.2	25.93	17.3
20-30%	76	2.31%	24.9	2.29	29.34	20.36
30-40%	202	6.15%	26.9	2.08	30.97	22.84
40-50%	538	16.38%	27.9	1.95	31.73	24.1
50-60%	1104	33.61%	29.6	1.82	33.13	26
60-70%	775	23.59%	31.1	1.91	34.84	27.34
70-80%	419	12.75%	32.3	2.2	36.58	27.97
80-90%	107	3.26%	33.3	2.66	38.48	28.05
90-100%	52	1.58%	31.1	2.65	36.26	25.89
รวม	3285	100%				

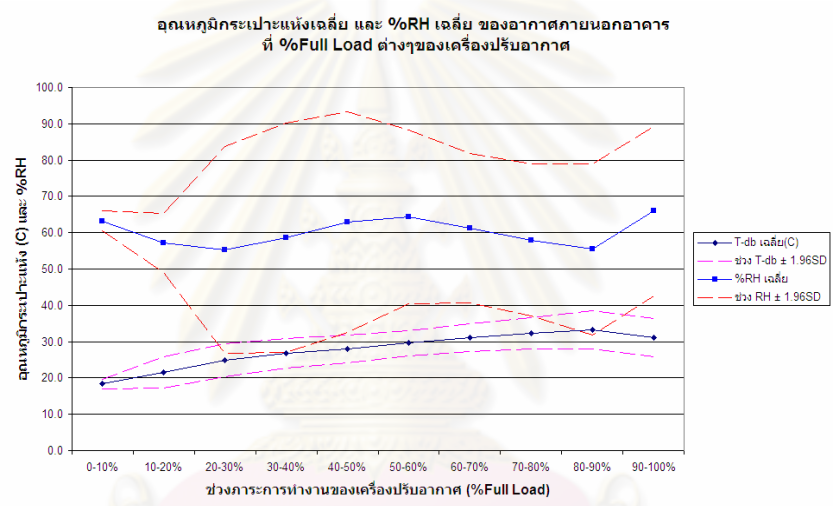
ตารางที่ ก.2 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	2	0.06%	63.3	1.42	66.03	60.47
10-20%	10	0.30%	57.2	4.17	65.39	49.05
20-30%	76	2.31%	55.2	14.51	83.63	26.73
30-40%	202	6.15%	58.7	16.12	90.24	27.07
40-50%	538	16.38%	63.0	15.47	93.28	32.64
50-60%	1104	33.61%	64.4	12.21	88.35	40.49
60-70%	775	23.59%	61.3	10.53	81.91	40.62
70-80%	419	12.75%	58.0	10.69	78.97	37.05
80-90%	107	3.26%	55.4	12.04	79.01	31.82
90-100%	52	1.58%	65.9	11.92	89.28	42.56
รวม	3285	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



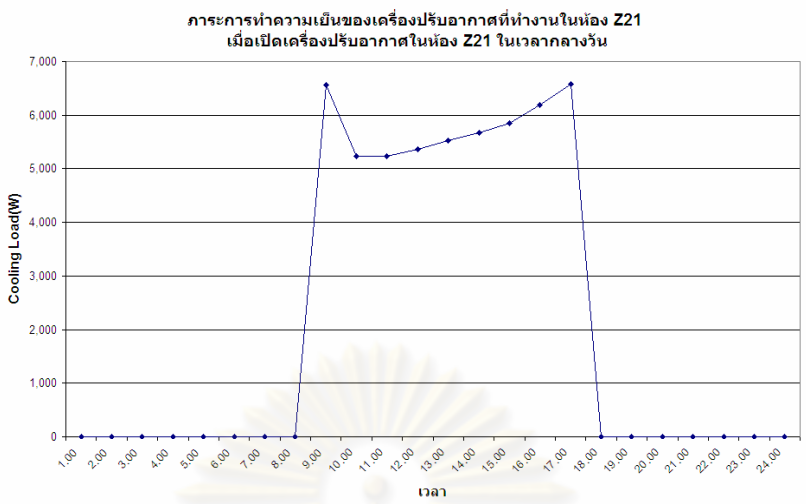
รูปที่ ก.4 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13



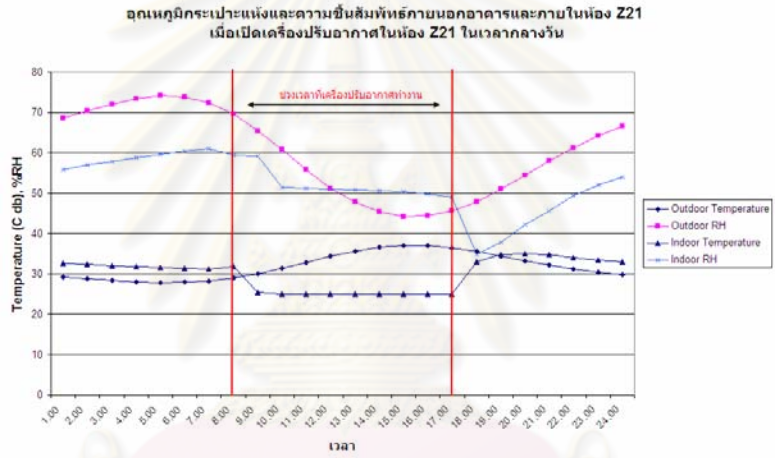
รูปที่ ก.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

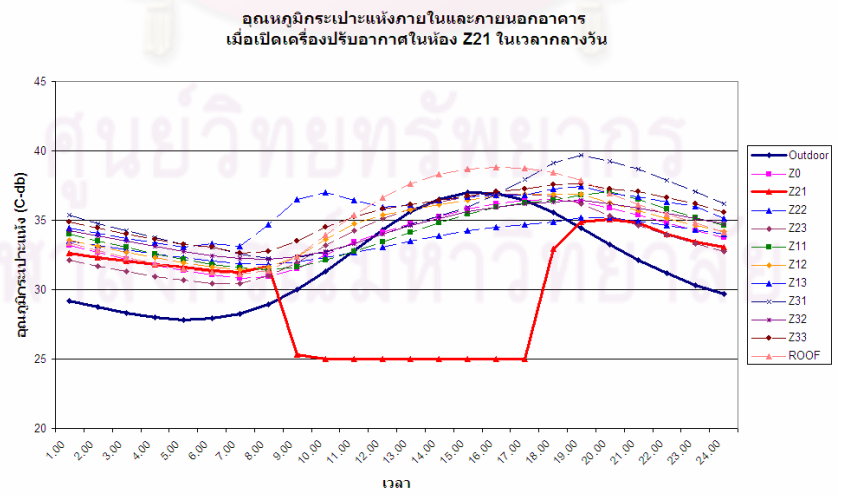
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องรับแขก (Z21)



รูปที่ ก.6 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ ก.7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z21



รูปที่ ก.8 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

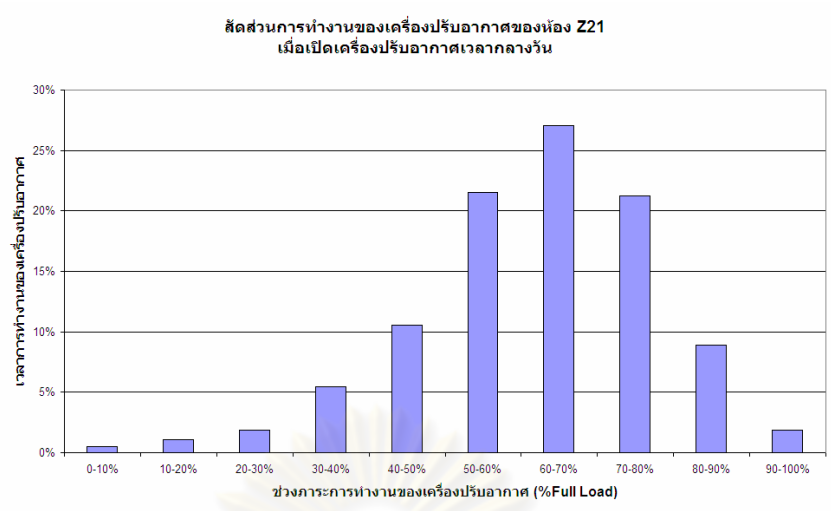
ตารางที่ ก.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	17	0.52%	21.9	0.98	23.85	20.02
10-20%	36	1.10%	23.7	1.21	26.12	21.38
20-30%	60	1.83%	25.1	1.56	28.17	22.05
30-40%	178	5.44%	26.7	1.37	29.42	24.05
40-50%	345	10.53%	28.3	1.51	31.25	25.34
50-60%	705	21.53%	29.6	1.47	32.46	26.67
60-70%	886	27.05%	31.3	1.49	34.20	28.36
70-80%	696	21.25%	32.8	1.46	35.64	29.92
80-90%	291	8.89%	34.2	1.67	37.45	30.91
90-100%	61	1.86%	35.6	1.39	38.33	32.88
รวม	3275	100%				

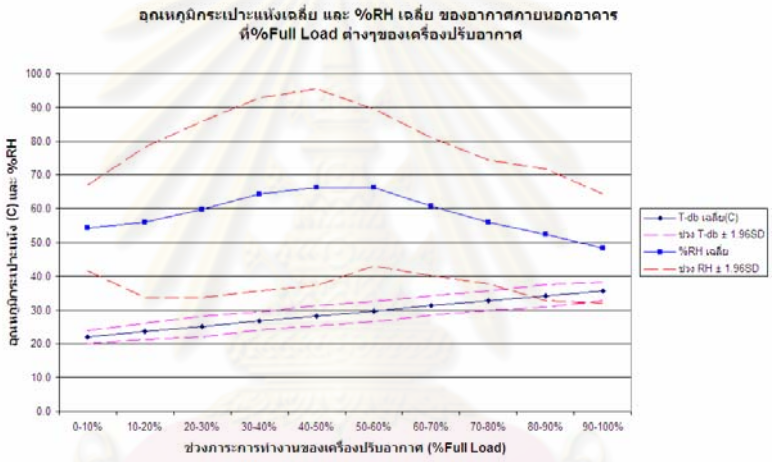
ตารางที่ ก.4 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	17	0.52%	69.2	12.61	93.87	44.44
10-20%	36	1.10%	82.8	11.96	106.25	59.37
20-30%	60	1.83%	83.7	8.96	101.28	66.16
30-40%	178	5.44%	80.8	9.12	98.70	62.94
40-50%	345	10.53%	78.3	9.03	96.03	60.61
50-60%	705	21.53%	79.5	8.64	96.43	62.57
60-70%	886	27.05%	74.1	9.34	92.45	55.84
70-80%	696	21.25%	75.1	8.74	92.24	57.97
80-90%	291	8.89%	72.1	8.09	87.96	56.25
90-100%	61	1.86%	67.8	6.60	80.78	54.91
รวม	3275	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



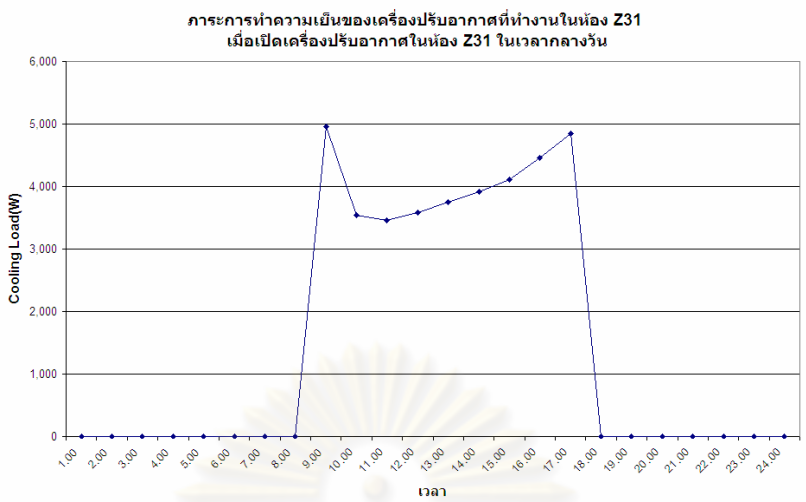
รูปที่ ก.9 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21



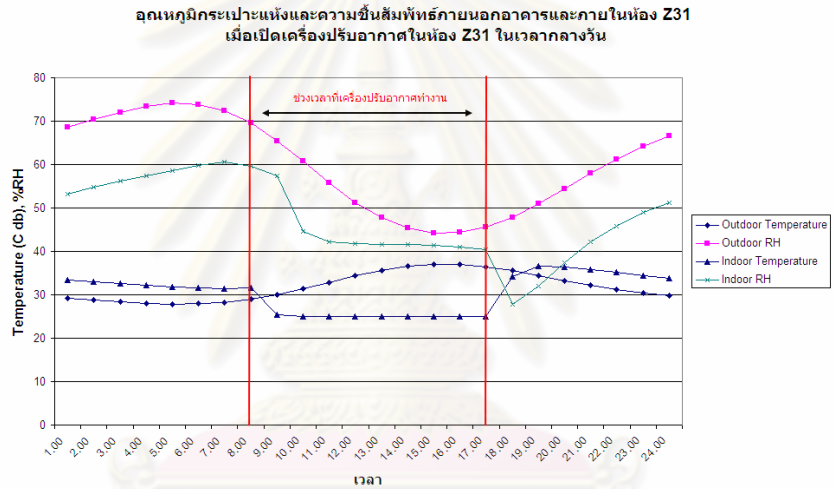
รูปที่ ก.10 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

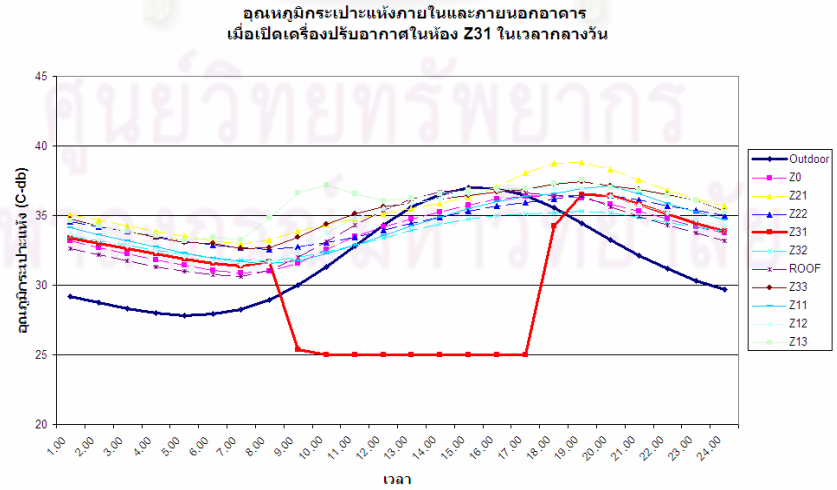
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันตก (Z31)



รูปที่ ก.11 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ ก.12 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z31



รูปที่ ก.13 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

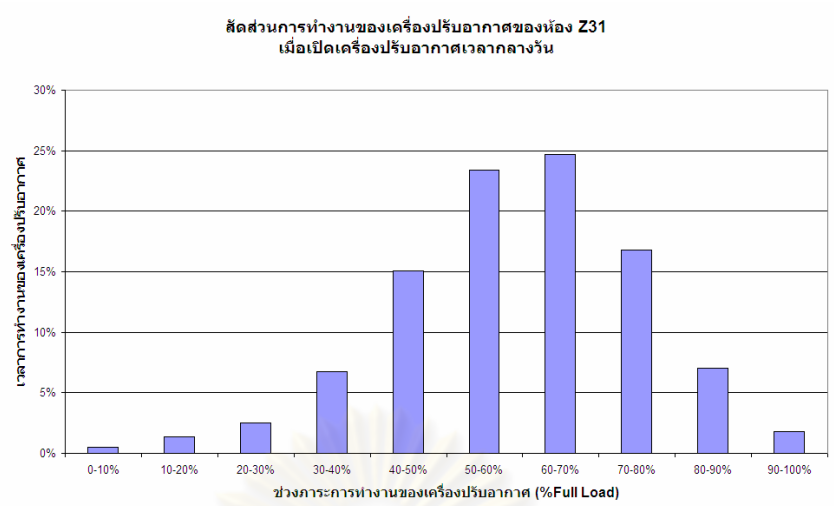
ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	16	0.49%	22.2	1.0	24.13	20.26
10-20%	45	1.37%	23.9	1.3	26.59	21.31
20-30%	83	2.54%	25.7	1.6	28.83	22.59
30-40%	221	6.75%	27.1	1.5	30.07	24.20
40-50%	494	15.09%	28.8	1.4	31.68	26.01
50-60%	765	23.37%	30.2	1.6	33.31	27.10
60-70%	809	24.72%	31.7	1.6	34.79	28.55
70-80%	550	16.80%	33.0	1.6	36.16	29.86
80-90%	231	7.06%	34.3	1.7	37.69	30.84
90-100%	59	1.80%	35.4	1.5	38.27	32.58
รวม	3273	100%				

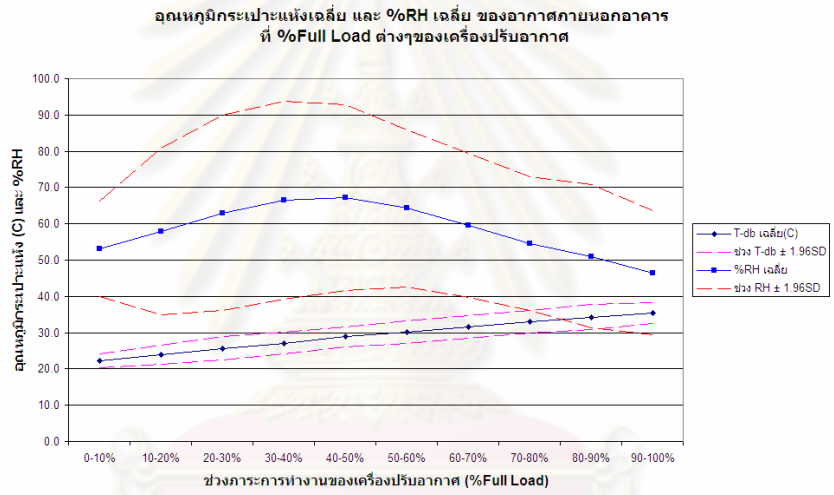
ตารางที่ ก.6 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	16	0.49%	53.0	6.7	66.16	39.89
10-20%	45	1.37%	57.8	11.7	80.75	34.86
20-30%	83	2.54%	63.0	13.7	89.97	36.10
30-40%	221	6.75%	66.5	13.9	93.88	39.21
40-50%	494	15.09%	67.2	13.1	92.92	41.58
50-60%	765	23.37%	64.2	11.1	85.92	42.55
60-70%	809	24.72%	59.5	10.1	79.38	39.65
70-80%	550	16.80%	54.5	9.4	72.88	36.11
80-90%	231	7.06%	51.0	10.1	70.82	31.23
90-100%	59	1.80%	46.5	8.7	63.55	29.43
รวม	3273	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



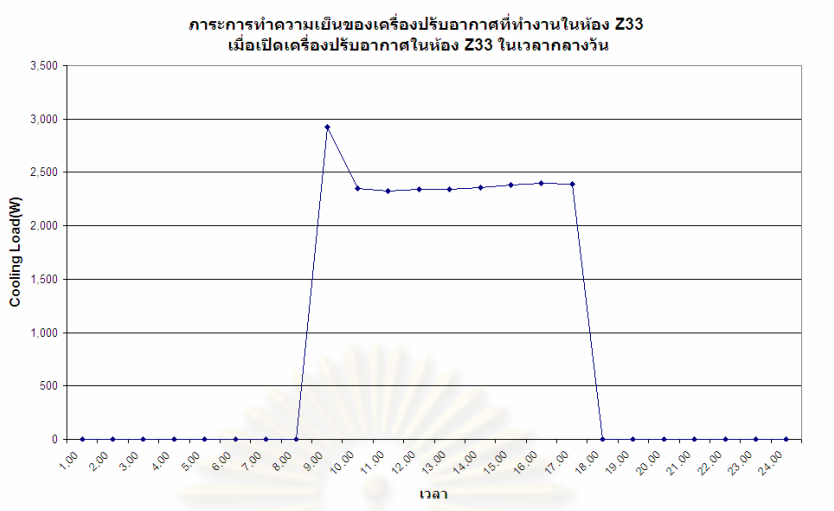
รูปที่ ก.14 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31



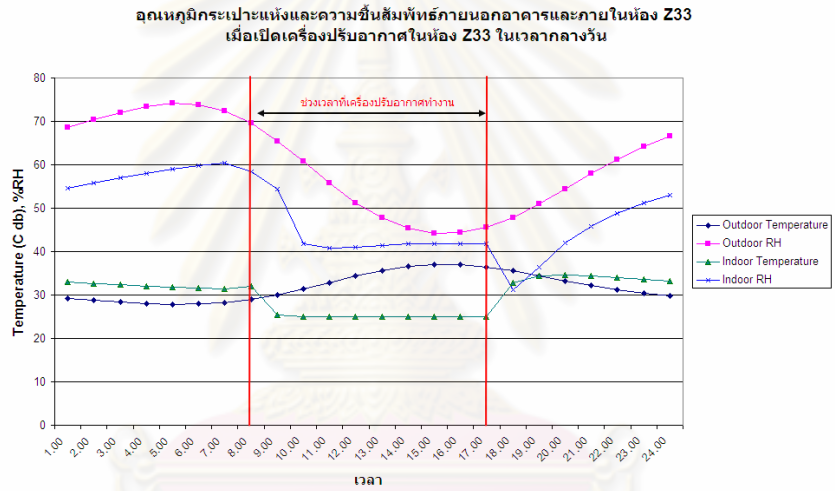
รูปที่ ก.15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

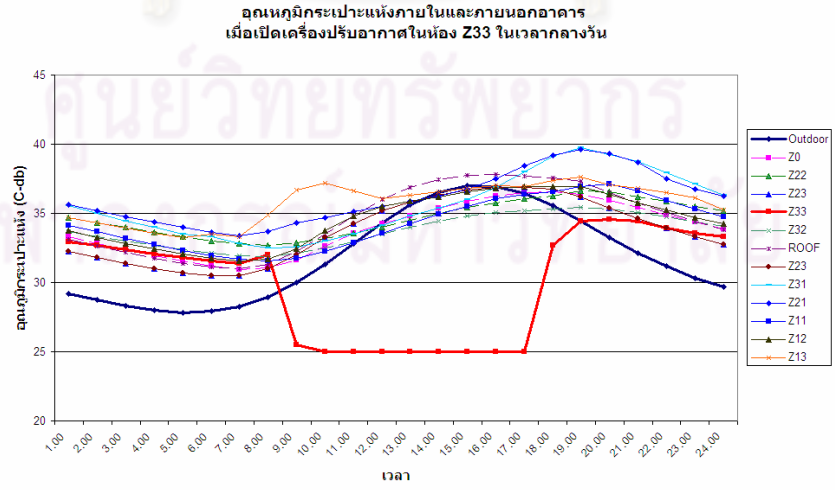
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก (Z33)



รูปที่ ก.16 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ ก.17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z33



รูปที่ ก.18 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

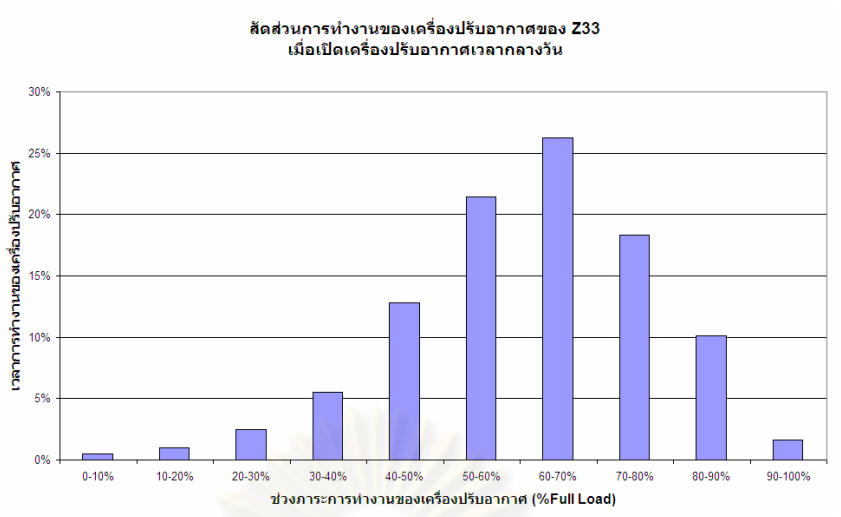
ตารางที่ ก.7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	17	0.52%	21.6	1.08	23.76	19.53
10-20%	33	1.01%	23.8	1.64	26.98	20.54
20-30%	82	2.50%	25.3	1.67	28.62	22.08
30-40%	180	5.49%	27.1	1.54	30.14	24.12
40-50%	420	12.81%	28.5	1.65	31.71	25.24
50-60%	702	21.41%	29.9	1.59	33.01	26.79
60-70%	861	26.26%	31.4	1.53	34.35	28.37
70-80%	600	18.30%	32.7	1.64	35.92	29.50
80-90%	331	10.09%	34.1	1.87	37.77	30.43
90-100%	53	1.62%	35.0	2.68	40.22	29.70
รวม	3279	100%				

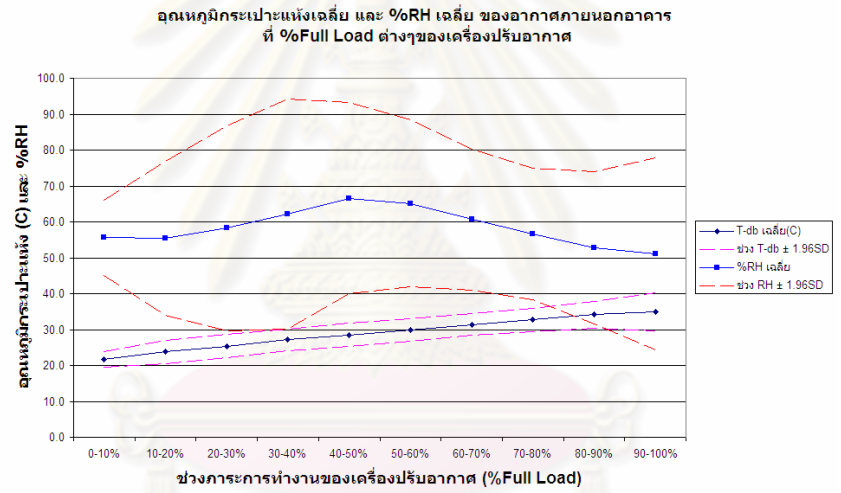
ตารางที่ ก.8 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	17	0.52%	55.6	5.36	66.05	45.05
10-20%	33	1.01%	55.4	10.90	76.79	34.05
20-30%	82	2.50%	58.3	14.56	86.81	29.73
30-40%	180	5.49%	62.1	16.38	94.23	30.02
40-50%	420	12.81%	66.6	13.57	93.20	40.01
50-60%	702	21.41%	65.1	11.86	88.32	41.82
60-70%	861	26.26%	60.6	10.07	80.34	40.88
70-80%	600	18.30%	56.7	9.31	74.90	38.42
80-90%	331	10.09%	52.8	10.78	73.92	31.67
90-100%	53	1.62%	51.0	13.66	77.79	24.25
รวม	3279	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.19 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33

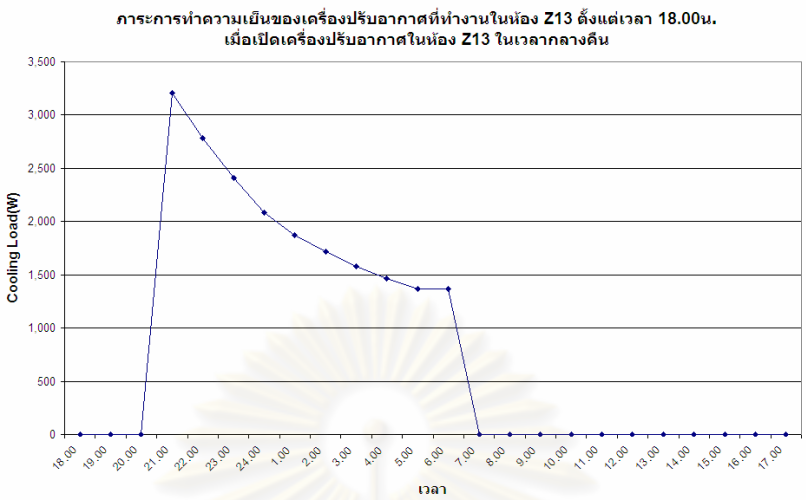


รูปที่ ก.20 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33

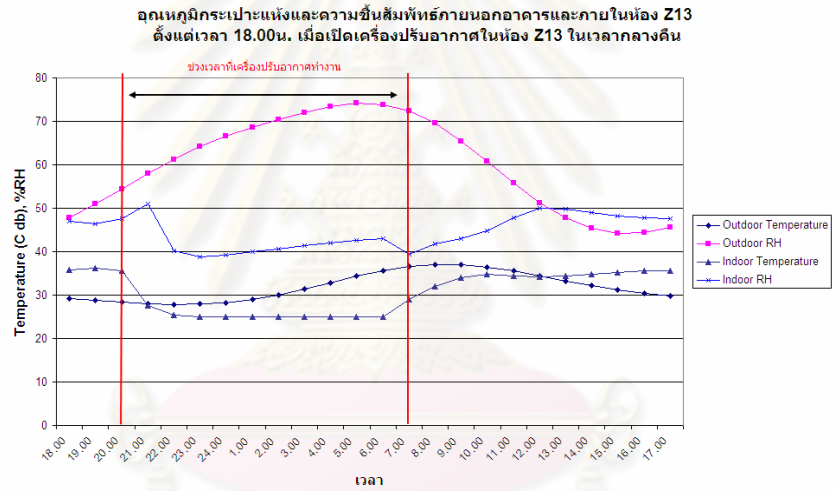
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลากลางคืน

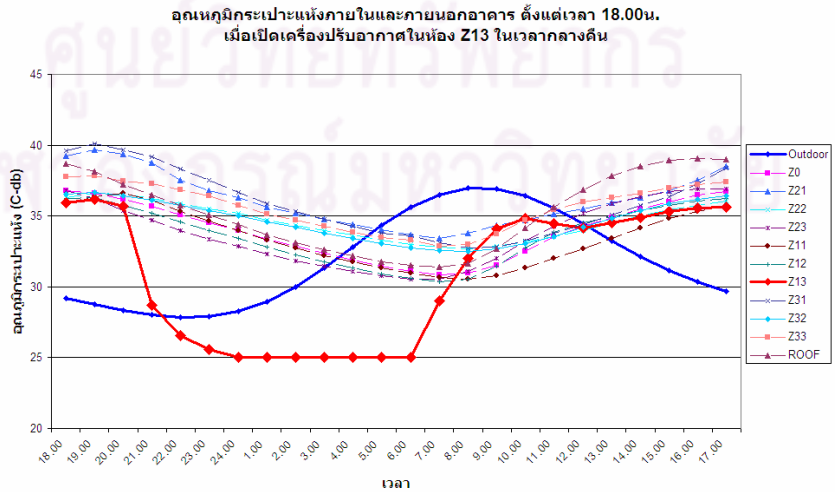
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นล่าง (Z13)



รูปที่ ก.21 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ ก.22 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z13



รูปที่ ก.23 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

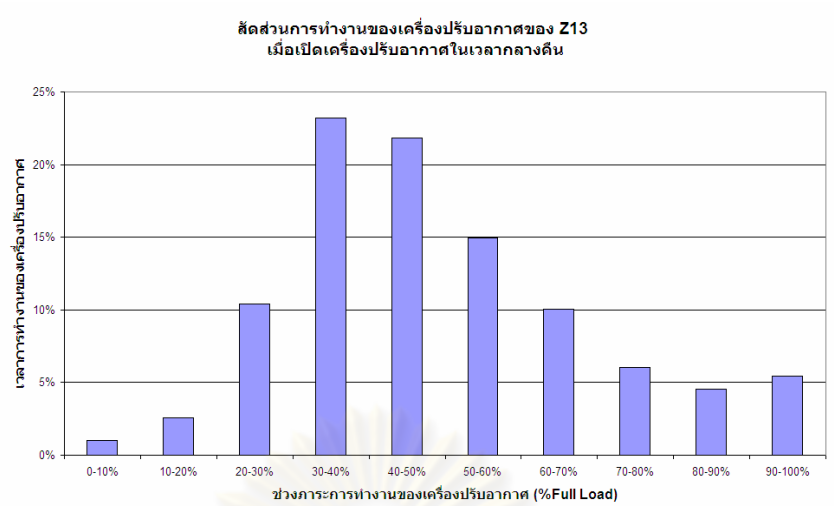
ตารางที่ ก.9 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	37	1.02%	19.0	1.06	21.08	16.92
10-20%	93	2.56%	21.4	1.26	23.85	18.92
20-30%	379	10.41%	24.1	1.45	26.97	21.29
30-40%	844	23.19%	25.7	1.03	27.77	23.72
40-50%	794	21.82%	26.8	0.98	28.74	24.90
50-60%	545	14.98%	27.6	1.10	29.75	25.44
60-70%	365	10.03%	28.3	1.09	30.43	26.15
70-80%	219	6.02%	28.7	1.26	31.16	26.24
80-90%	165	4.53%	28.9	1.26	31.40	26.45
90-100%	198	5.44%	30.0	1.17	32.30	27.72
รวม	3639	100%				

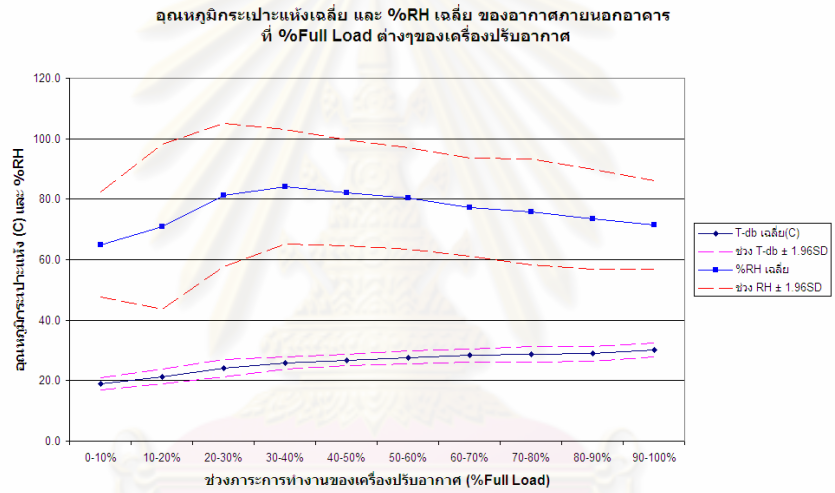
ตารางที่ ก.10 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	37	1.02%	65.0	8.89	82.44	47.60
10-20%	93	2.56%	70.8	13.91	98.06	43.54
20-30%	379	10.41%	81.3	12.07	104.98	57.66
30-40%	844	23.19%	84.2	9.66	103.10	65.23
40-50%	794	21.82%	82.0	8.92	99.48	64.53
50-60%	545	14.98%	80.3	8.58	97.15	63.50
60-70%	365	10.03%	77.3	8.29	93.54	61.03
70-80%	219	6.02%	75.7	8.94	93.23	58.19
80-90%	165	4.53%	73.4	8.41	89.85	56.88
90-100%	198	5.44%	71.5	7.51	86.24	56.81
รวม	3639	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



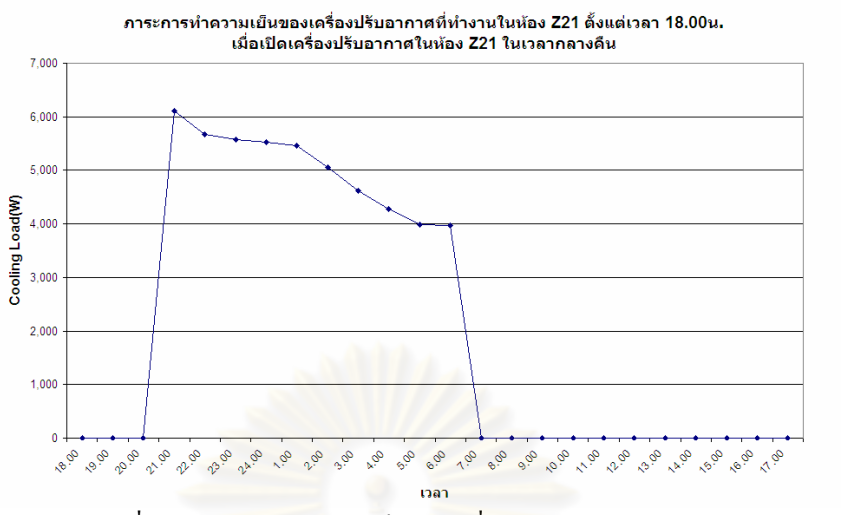
รูปที่ ก.24 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13



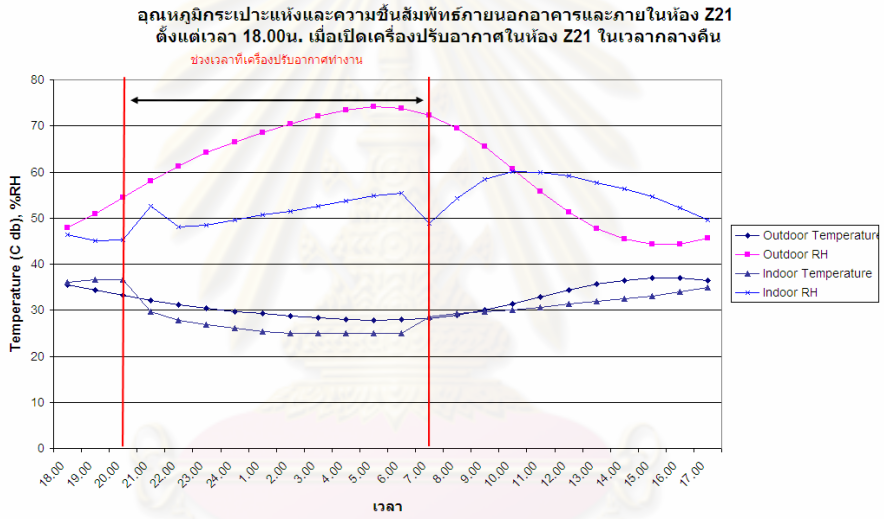
รูปที่ ก.25 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

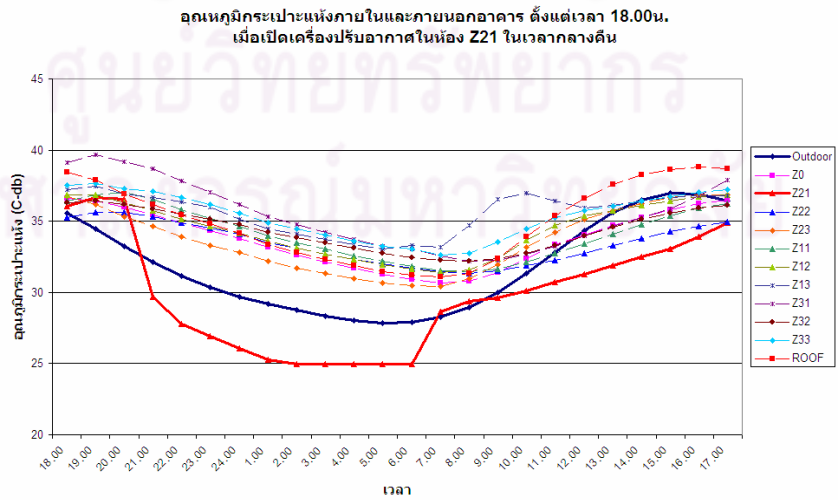
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องรับแขก (Z21)



รูปที่ ก.26 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ ก.27 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z21



รูปที่ ก.28 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

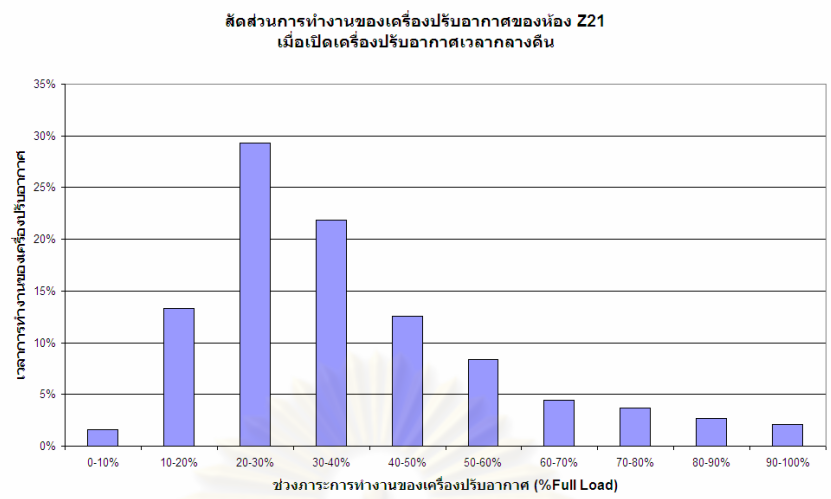
ตารางที่ ก.11 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	59	1.62%	20.0	2.21	24.32	15.67
10-20%	484	13.29%	24.2	1.88	27.89	20.53
20-30%	1068	29.32%	25.9	1.33	28.53	23.33
30-40%	796	21.86%	27.1	1.29	29.61	24.56
40-50%	458	12.58%	27.8	1.32	30.37	25.19
50-60%	306	8.40%	28.3	1.33	30.91	25.68
60-70%	161	4.42%	28.7	1.43	31.55	25.94
70-80%	134	3.68%	28.9	1.33	31.50	26.29
80-90%	99	2.72%	29.3	1.16	31.55	27.01
90-100%	77	2.11%	30.6	0.96	32.49	28.75
รวม	3642	100%				

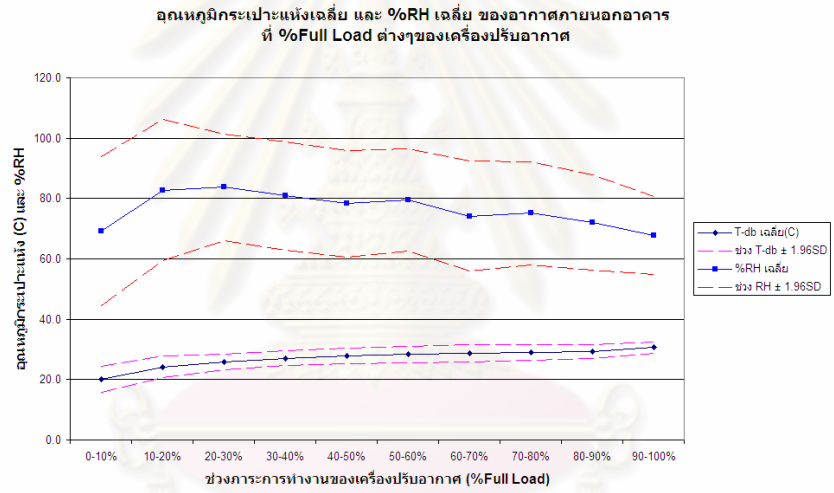
ตารางที่ ก.12 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	59	1.62%	69.2	12.61	93.87	44.44
10-20%	484	13.29%	82.8	11.96	106.25	59.37
20-30%	1068	29.32%	83.7	8.96	101.28	66.16
30-40%	796	21.86%	80.8	9.12	98.70	62.94
40-50%	458	12.58%	78.3	9.03	96.03	60.61
50-60%	306	8.40%	79.5	8.64	96.43	62.57
60-70%	161	4.42%	74.1	9.34	92.45	55.84
70-80%	134	3.68%	75.1	8.74	92.24	57.97
80-90%	99	2.72%	72.1	8.09	87.96	56.25
90-100%	77	2.11%	67.8	6.60	80.78	54.91
รวม	3642	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



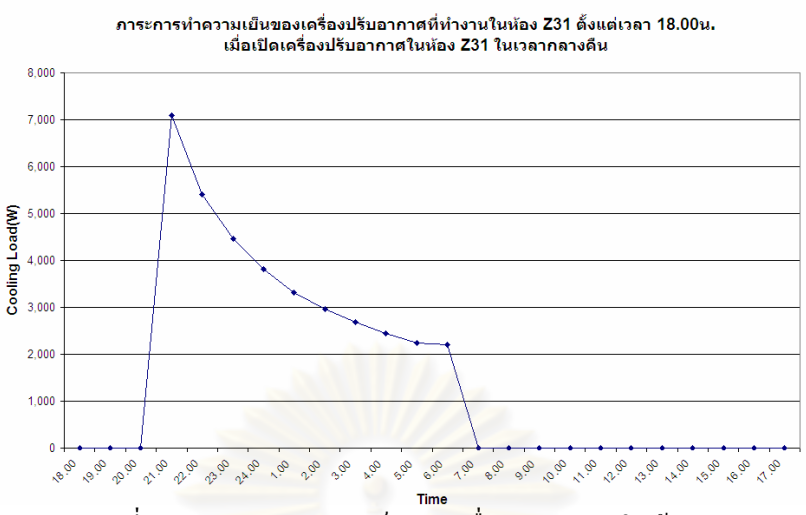
รูปที่ ก.29 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21



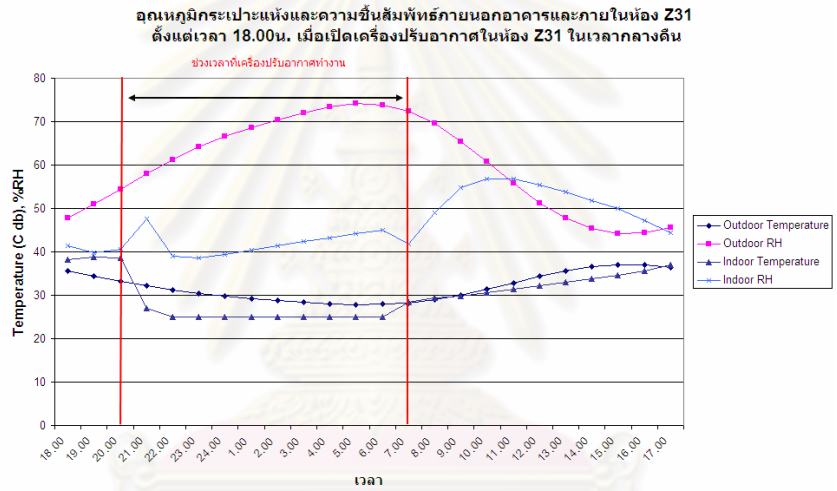
รูปที่ ก.30 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

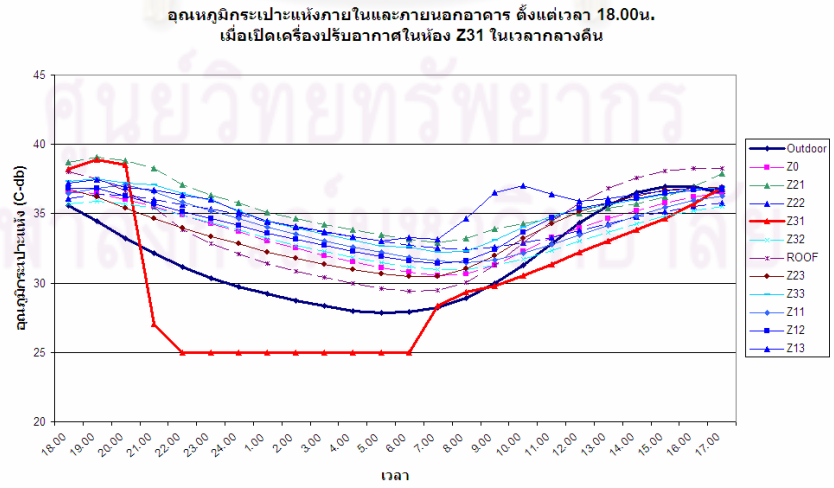
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันตก (Z31)



รูปที่ ก.31 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ ก.32 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z31



รูปที่ ก.33 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

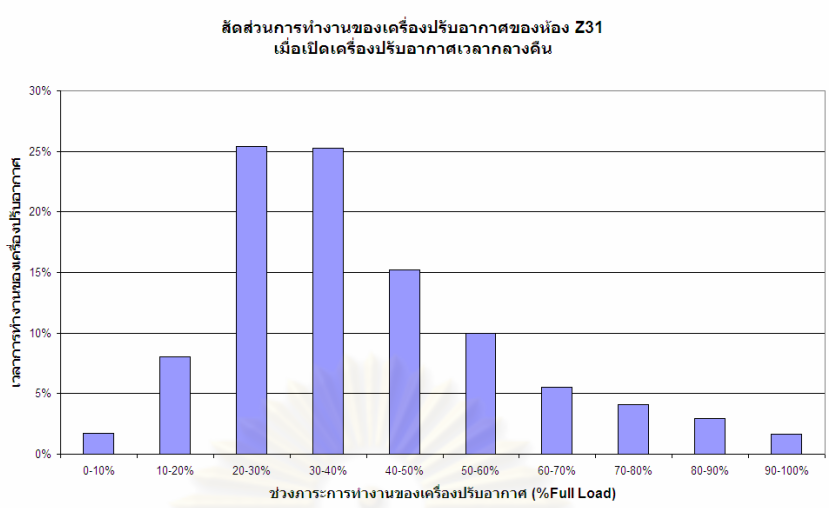
ตารางที่ ก.13 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	62	1.71%	20.0	1.9	23.75	16.35
10-20%	292	8.03%	23.3	1.7	26.60	20.10
20-30%	924	25.41%	25.6	1.2	27.89	23.25
30-40%	919	25.28%	26.8	1.1	28.98	24.64
40-50%	554	15.24%	27.7	1.2	29.99	25.38
50-60%	364	10.01%	28.3	1.2	30.71	25.84
60-70%	202	5.56%	28.8	1.3	31.38	26.17
70-80%	150	4.13%	29.0	1.3	31.49	26.56
80-90%	108	2.97%	29.4	1.2	31.72	27.16
90-100%	61	1.68%	30.8	0.9	32.50	29.12
รวม	3636	100%				

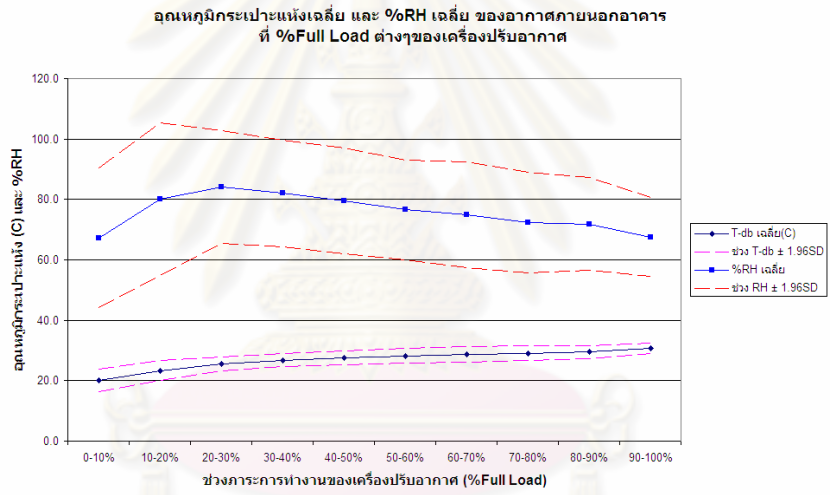
ตารางที่ ก.14 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	62	1.71%	67.3	11.8	90.38	44.24
10-20%	292	8.03%	80.1	12.9	105.45	54.83
20-30%	924	25.41%	84.2	9.5	102.90	65.56
30-40%	919	25.28%	82.0	9.0	99.65	64.37
40-50%	554	15.24%	79.5	8.9	96.98	62.09
50-60%	364	10.01%	76.5	8.4	93.09	59.97
60-70%	202	5.56%	74.9	8.9	92.36	57.42
70-80%	150	4.13%	72.4	8.5	89.11	55.70
80-90%	108	2.97%	71.9	7.9	87.31	56.47
90-100%	61	1.68%	67.6	6.6	80.54	54.63
รวม	3636	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



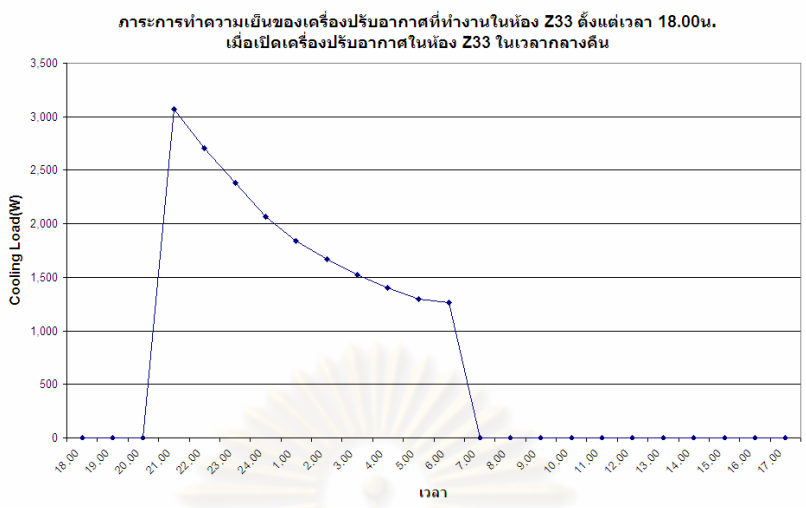
รูปที่ ก.34 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31



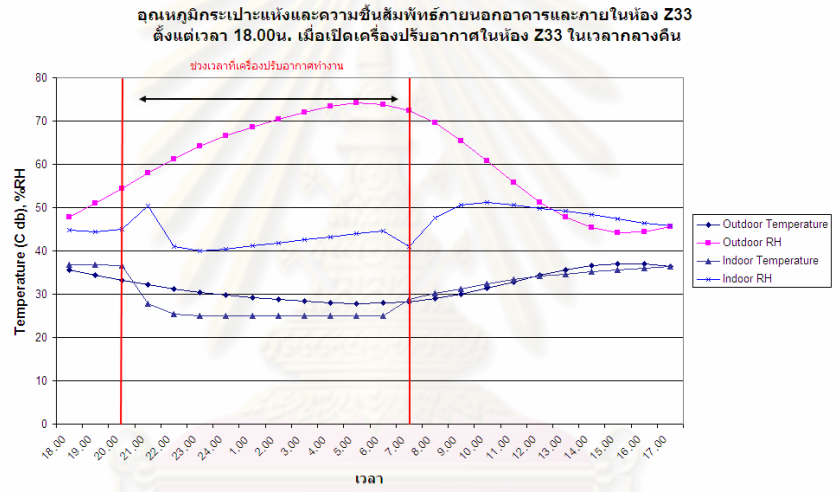
รูปที่ ก.35 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

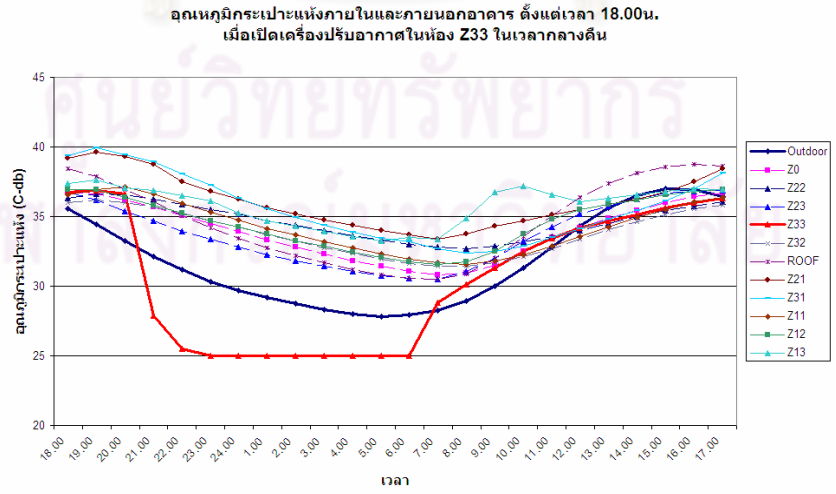
ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก (Z33)



รูปที่ ก.36 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ ก.37 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกห้อง Z33



รูปที่ ก.38 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

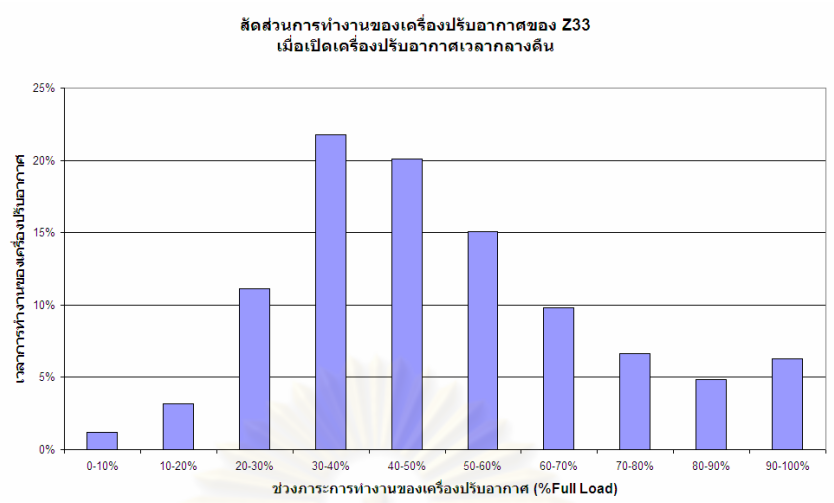
ตารางที่ ก.15 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	43	1.18%	19.5	1.17	21.77	17.19
10-20%	116	3.19%	22.1	1.52	25.04	19.08
20-30%	405	11.15%	24.4	1.41	27.14	21.60
30-40%	791	21.77%	25.8	1.03	27.79	23.75
40-50%	729	20.07%	26.8	0.96	28.66	24.89
50-60%	548	15.08%	27.6	1.03	29.60	25.55
60-70%	356	9.80%	28.2	1.09	30.29	26.02
70-80%	242	6.66%	28.6	1.17	30.90	26.32
80-90%	175	4.82%	28.9	1.22	31.26	26.48
90-100%	228	6.28%	30.0	1.14	32.23	27.77
รวม	3633	100%				

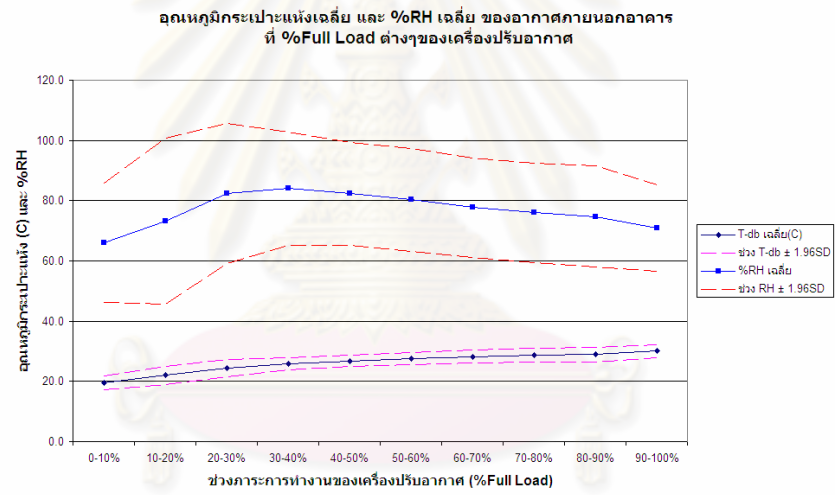
ตารางที่ ก.16 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	43	1.18%	65.9	10.10	85.71	46.12
10-20%	116	3.19%	73.2	14.07	100.75	45.61
20-30%	405	11.15%	82.4	11.90	105.70	59.04
30-40%	791	21.77%	84.0	9.59	102.82	65.24
40-50%	729	20.07%	82.3	8.78	99.46	65.04
50-60%	548	15.08%	80.3	8.68	97.27	63.25
60-70%	356	9.80%	77.8	8.43	94.30	61.24
70-80%	242	6.66%	75.9	8.48	92.57	59.31
80-90%	175	4.82%	74.7	8.55	91.47	57.94
90-100%	228	6.28%	71.0	7.34	85.36	56.60
รวม	3633	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.39 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33

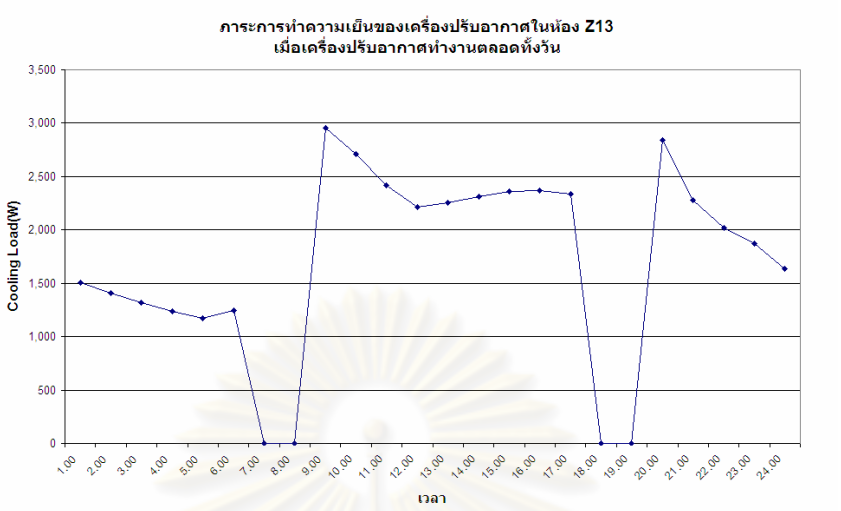


รูปที่ ก.40 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33

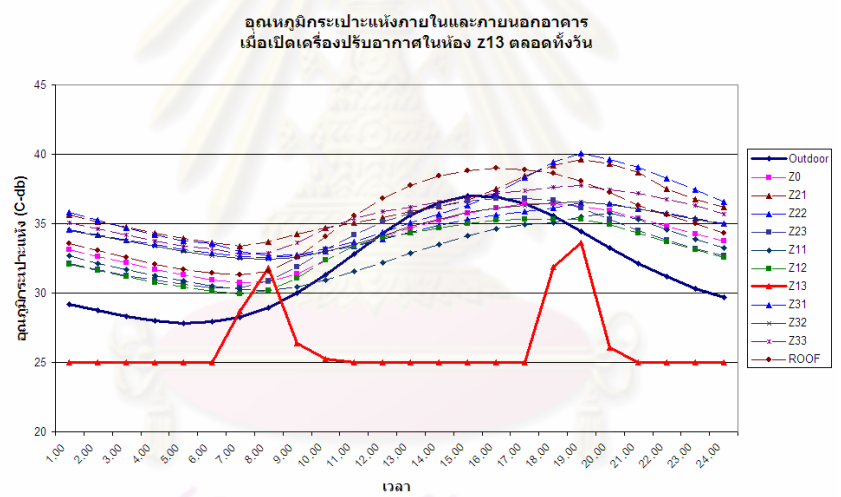
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน

ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นล่าง (Z13)



รูปที่ ก.41 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13



รูปที่ ก.42 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

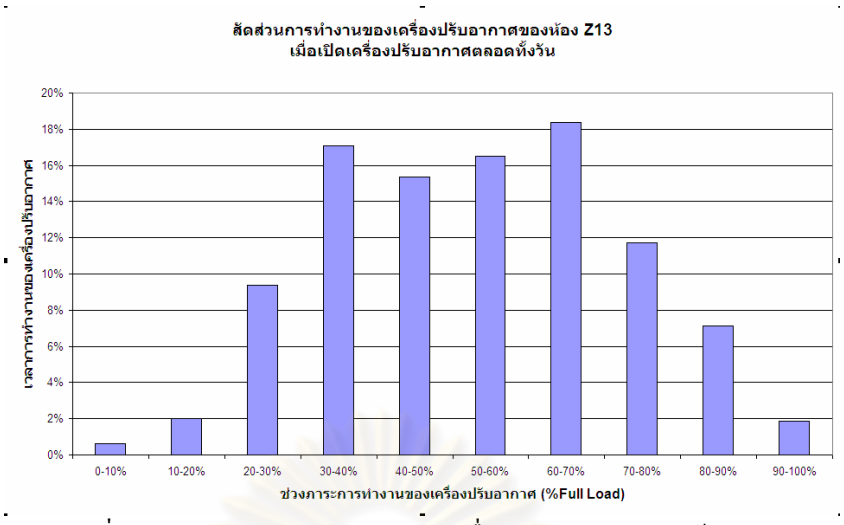
ตารางที่ ก.17 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	46	0.63%	19.3	1.11	21.45	17.11
10-20%	148	2.03%	22.1	1.54	25.10	19.09
20-30%	684	9.36%	24.7	1.38	27.40	22.00
30-40%	1247	17.07%	26.2	1.12	28.43	24.06
40-50%	1121	15.34%	27.5	1.20	29.87	25.15
50-60%	1207	16.52%	28.8	1.48	31.74	25.92
60-70%	1343	18.38%	30.5	1.73	33.92	27.13
70-80%	856	11.71%	31.9	1.89	35.59	28.19
80-90%	520	7.12%	33.2	2.29	37.71	28.74
90-100%	135	1.85%	31.9	2.18	36.16	27.62
รวม	7307	100%				

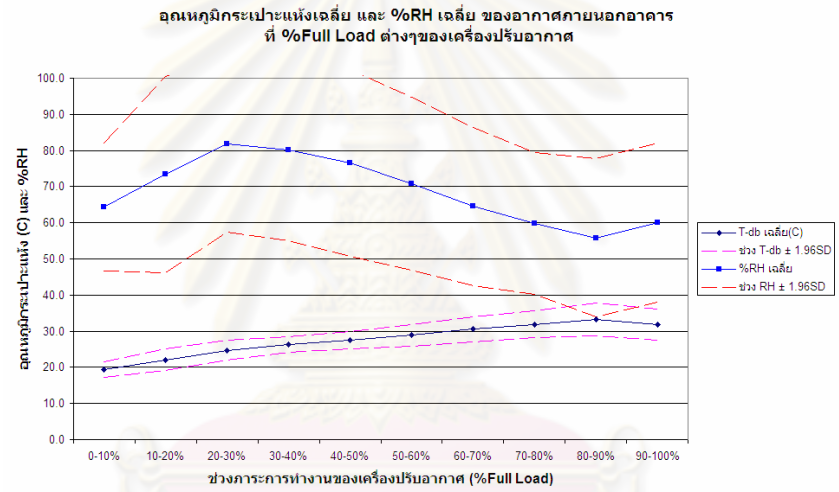
ตารางที่ ก.18 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z13

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	46	0.63%	64.4	9.02	82.07	46.72
10-20%	148	2.03%	73.3	13.82	100.44	46.25
20-30%	684	9.36%	81.9	12.48	106.33	57.40
30-40%	1247	17.07%	80.2	12.88	105.48	54.97
40-50%	1121	15.34%	76.6	13.13	102.30	50.84
50-60%	1207	16.52%	70.7	12.22	94.68	46.80
60-70%	1343	18.38%	64.5	11.19	86.43	42.55
70-80%	856	11.71%	59.8	10.03	79.41	40.10
80-90%	520	7.12%	55.9	11.16	77.72	33.99
90-100%	135	1.85%	60.1	11.19	82.02	38.16
รวม	7307	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



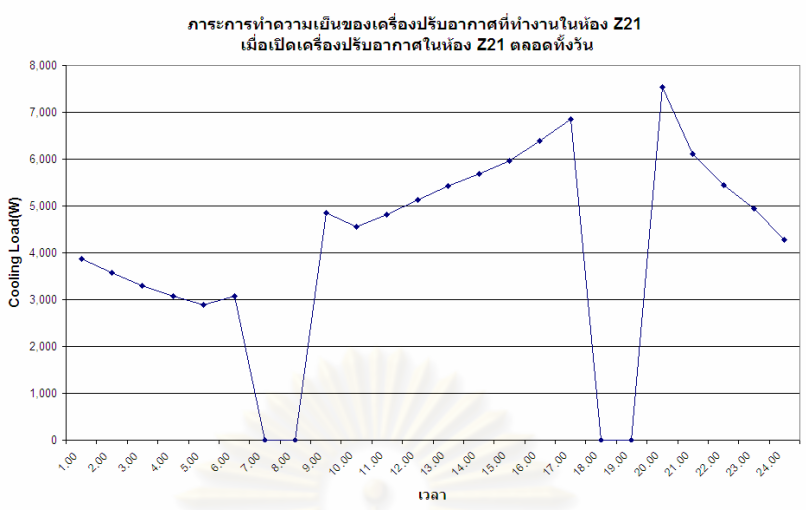
รูปที่ ก.43 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z13



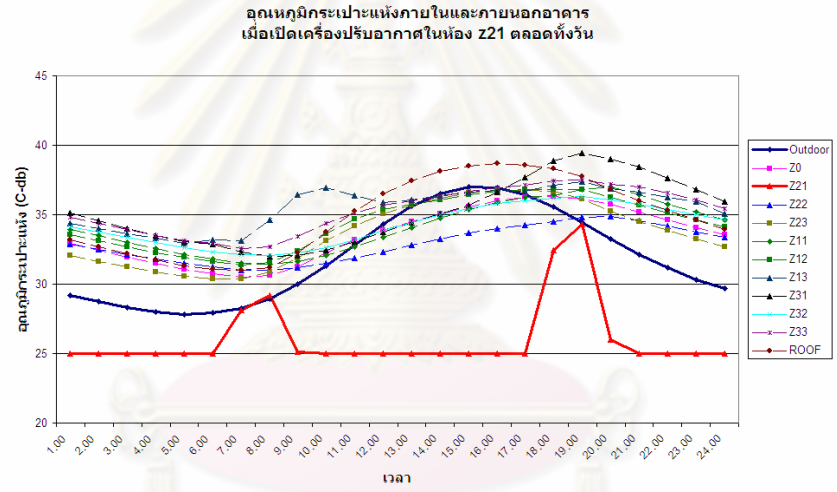
รูปที่ ก.44 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องรับแขก (Z21)



รูปที่ ก.45 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21



รูปที่ ก.46 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

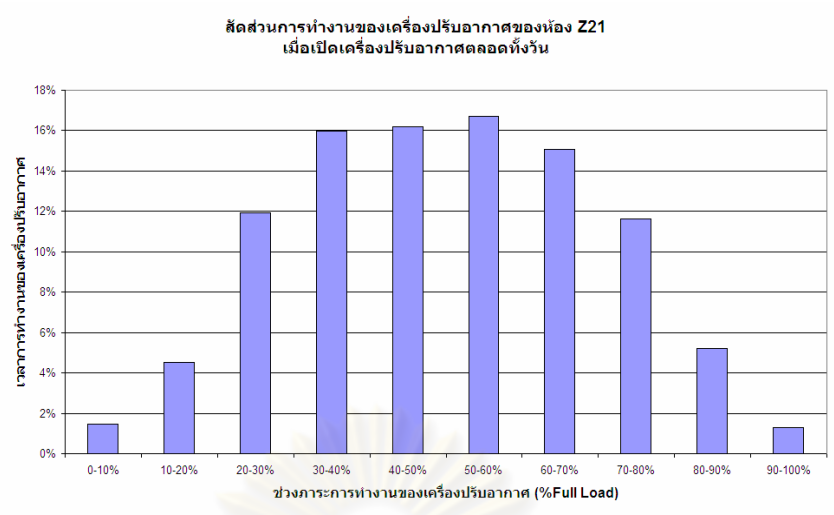
ตารางที่ ก.19 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	105	1.44%	21.2	1.00	23.13	19.23
10-20%	329	4.53%	23.6	1.20	25.93	21.24
20-30%	867	11.93%	25.5	0.97	27.35	23.56
30-40%	1162	15.99%	26.7	0.91	28.46	24.90
40-50%	1178	16.21%	27.9	1.08	29.99	25.77
50-60%	1213	16.69%	29.3	1.28	31.77	26.74
60-70%	1095	15.07%	30.9	1.46	33.74	28.00
70-80%	844	11.61%	32.4	1.64	35.58	29.16
80-90%	380	5.23%	33.6	1.75	37.06	30.19
90-100%	94	1.29%	35.2	1.47	38.08	32.30
รวม	7267	100%				

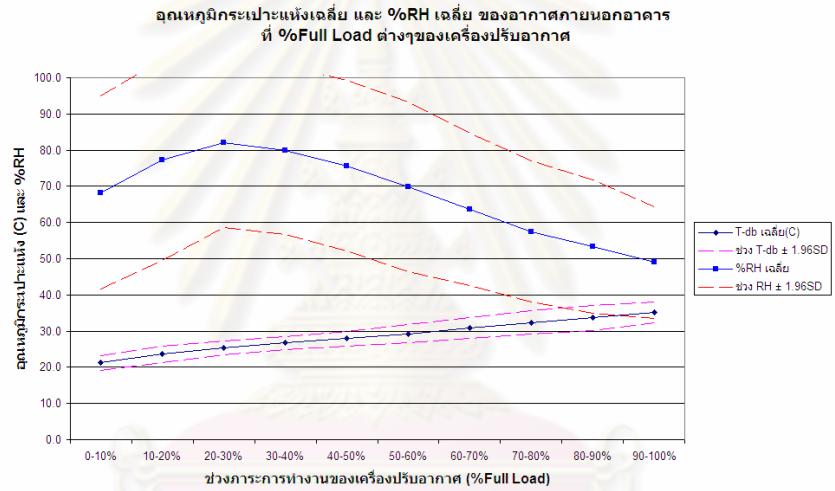
ตารางที่ ก.20 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z21

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	105	1.44%	68.3	13.58	94.86	41.64
10-20%	329	4.53%	77.2	14.16	104.97	49.46
20-30%	867	11.93%	82.0	11.95	105.45	58.62
30-40%	1162	15.99%	79.9	11.89	103.24	56.62
40-50%	1178	16.21%	75.7	12.03	99.25	52.08
50-60%	1213	16.69%	69.8	11.95	93.18	46.34
60-70%	1095	15.07%	63.7	10.75	84.79	42.65
70-80%	844	11.61%	57.5	9.98	77.07	37.94
80-90%	380	5.23%	53.4	9.39	71.82	35.02
90-100%	94	1.29%	49.0	7.90	64.47	33.51
รวม	7267	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



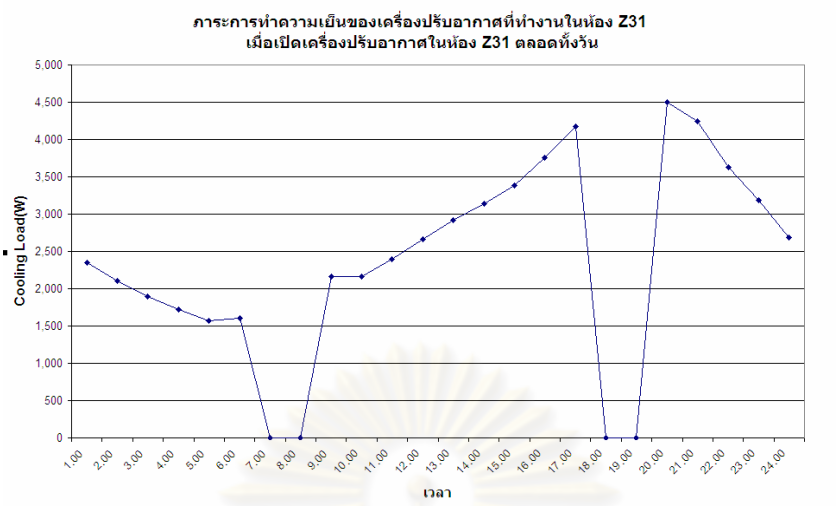
รูปที่ ก.47 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z21



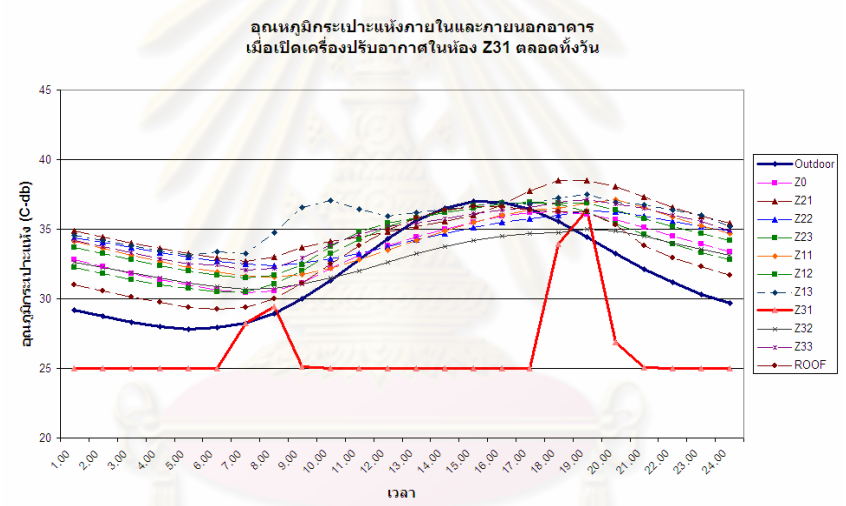
รูปที่ ก.48 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันตก (Z31)



รูปที่ ก.49 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31



รูปที่ ก.50 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

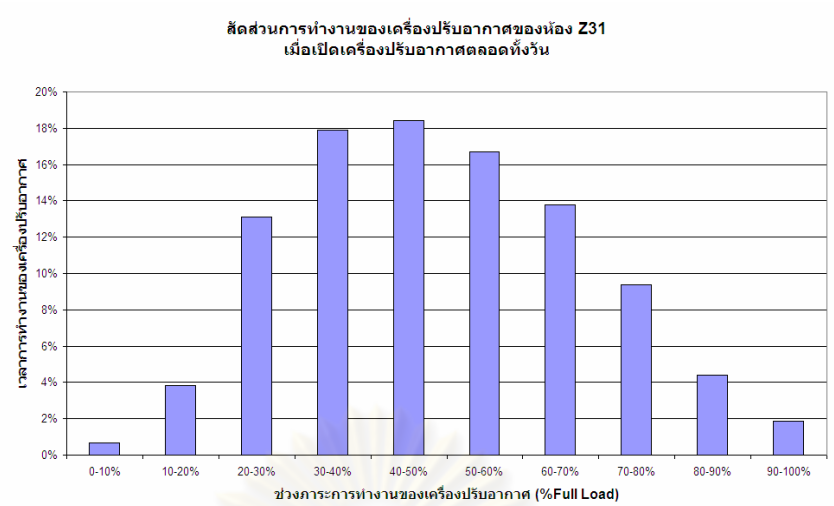
ตารางที่ ก.21 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	49	0.67%	20.4	1.48	23.27	17.45
10-20%	279	3.84%	23.1	1.52	26.09	20.13
20-30%	952	13.10%	25.4	1.18	27.68	23.04
30-40%	1301	17.90%	26.8	1.13	29.02	24.60
40-50%	1339	18.43%	28.3	1.40	31.03	25.55
50-60%	1212	16.68%	29.7	1.73	33.09	26.32
60-70%	1000	13.76%	31.1	1.92	34.85	27.34
70-80%	680	9.36%	32.4	1.99	36.26	28.45
80-90%	321	4.42%	33.1	2.38	37.75	28.42
90-100%	134	1.84%	33.4	2.32	37.96	28.85
รวม	7267	100%				

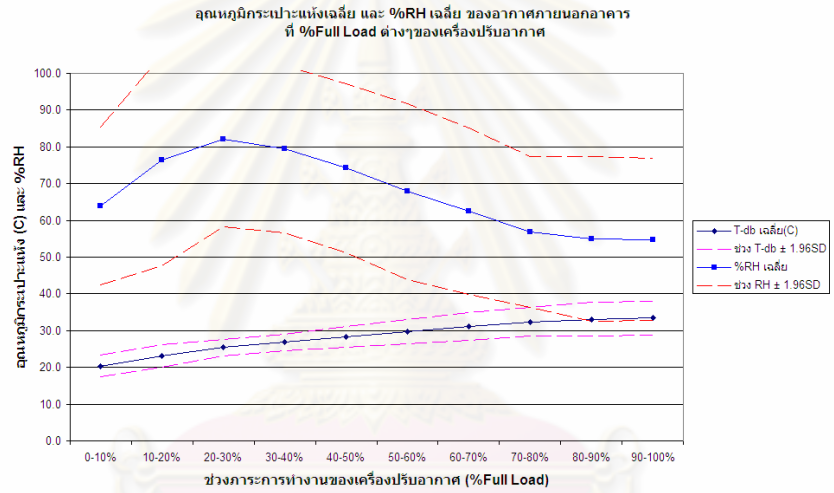
ตารางที่ ก.22 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z31

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	49	0.67%	64.0	10.97	85.48	42.46
10-20%	279	3.84%	76.3	14.62	104.98	47.66
20-30%	952	13.10%	82.0	12.08	105.67	58.33
30-40%	1301	17.90%	79.4	11.62	102.16	56.60
40-50%	1339	18.43%	74.2	11.76	97.28	51.18
50-60%	1212	16.68%	67.8	12.18	91.70	43.97
60-70%	1000	13.76%	62.5	11.57	85.20	39.86
70-80%	680	9.36%	56.9	10.46	77.37	36.37
80-90%	321	4.42%	55.0	11.44	77.47	32.60
90-100%	134	1.84%	54.8	11.21	76.79	32.86
รวม	7267	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



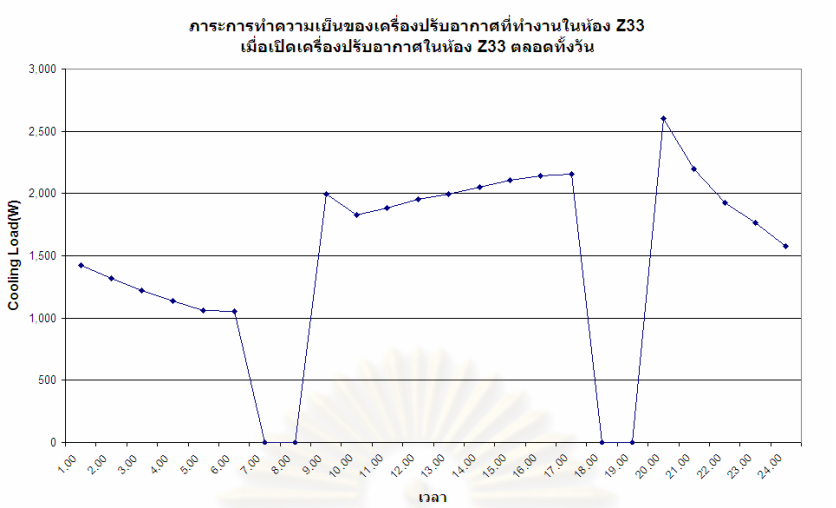
รูปที่ ก.51 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z31



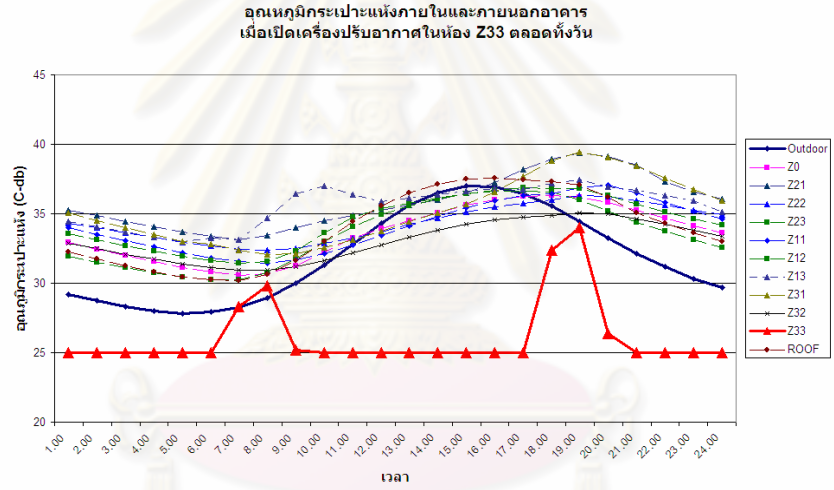
รูปที่ ก.52 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นสามด้านทิศตะวันออก (Z33)



รูปที่ ก.53 ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33



รูปที่ ก.54 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายในห้องทุกๆห้องในอาคารและอุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

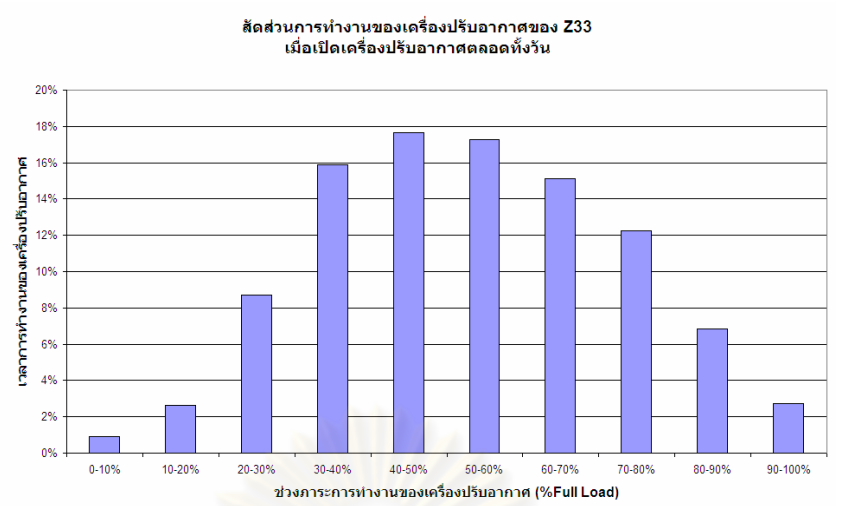
ตารางที่ ก.23 อุณหภูมิกระเปาะแห้งภายนอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	68	0.93%	20.4	1.44	23.19	17.55
10-20%	191	2.62%	22.6	1.48	25.50	19.69
20-30%	634	8.69%	24.8	1.29	27.35	22.28
30-40%	1160	15.91%	26.2	1.04	28.26	24.19
40-50%	1288	17.66%	27.6	1.20	29.92	25.23
50-60%	1260	17.28%	28.9	1.40	31.68	26.20
60-70%	1101	15.10%	30.4	1.61	33.61	27.28
70-80%	892	12.23%	31.8	1.61	34.93	28.61
80-90%	499	6.84%	33.1	1.95	36.94	29.31
90-100%	200	2.74%	34.4	2.20	38.70	30.07
รวม	7293	100%				

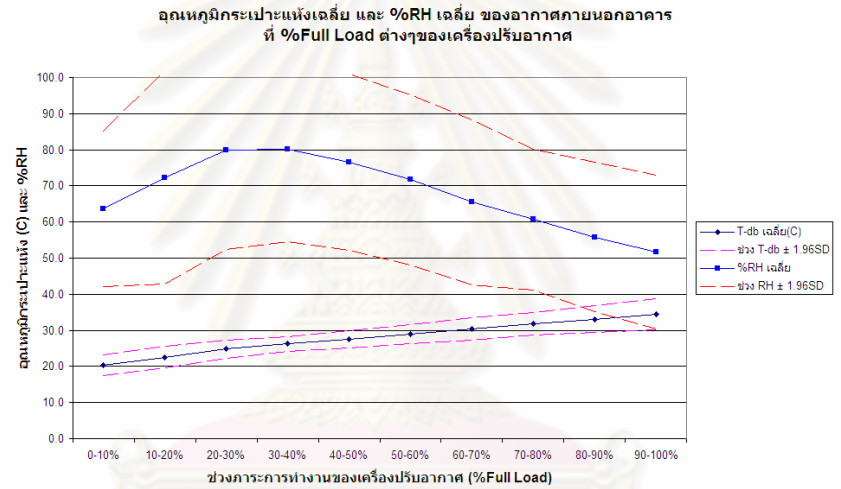
ตารางที่ ก.24 ความชื้นสัมพัทธ์นอกอาคารที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้อง Z33

ช่วงภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (%Full Load)	เวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ		Coincident Dry Bulb (C)		95% T-db Confidence Interval	
	ชั่วโมงการทำงาน	เปอร์เซ็นต์	MDB	SD	T-db Upper limit	T-db lower limit
0-10%	68	0.93%	63.7	10.97	85.16	42.15
10-20%	191	2.62%	72.4	15.08	101.91	42.82
20-30%	634	8.69%	80.0	14.11	107.62	52.30
30-40%	1160	15.91%	80.2	13.05	105.72	54.59
40-50%	1288	17.66%	76.6	12.45	101.04	52.24
50-60%	1260	17.28%	71.7	11.99	95.16	48.15
60-70%	1101	15.10%	65.4	11.63	88.23	42.64
70-80%	892	12.23%	60.7	9.97	80.22	41.15
80-90%	499	6.84%	55.8	10.56	76.52	35.14
90-100%	200	2.74%	51.8	10.88	73.07	30.44
รวม	7293	100%				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.55 สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้อง Z33



รูปที่ ก.56 อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยที่สัดส่วนภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง Z33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายทรงพล โพธิ์สุวัฒนากุล เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 และได้เข้ารับการศึกษาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย