การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

โดย

นายณัชพล สุภาชาติ

นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ

นายพีรณัฐ เจือสกุล

นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

โดย

นายณัชพล สุภาชาติ

นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ

นายพีรณัฐ เจือสกุล

นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

NATCHAPON SUPACHAT

THANUNCHANOK LHAIWATCHARA

PEERANUT JUEASAKUL

SUJITRAPORN JAROONPHON

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT

FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2561

การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

โดย

นายณัชพล สุภาชาติ

นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ

นายพีรณัฐ เจือสกุล

นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์

ดร.วรุตม์ สูอำพัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ผู้จัดทำ

1. นายณัชพล สุภาชาติ
2. นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ
3. นายพีรณัฐ เจือสกุล
4. นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.วรุตม์ สูอำพัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

นายณัชพล สุภาชาติ
นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ
นายพีรณัฐ เจือสกุล
นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล
ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วรุตม์ สูอำพัน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนซึ่งคอมเพรสเซอร์ทำงานแบบคงที่ โดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้อง ในปริญญานิพนธ์นี้ใช้แบบจำลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาใช้งาน (09:00 - 16:00 น.) เพื่อประหยัดพลังงานและคาดการณ์อุณหภูมิภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะความสบายของผู้ที่อยู่ภายในห้อง ซึ่งมีค่าอุณหภูมิภายในตั้งแต่ 20-28 °C โดยใช้ห้อง PW202 เป็นห้องทดลอง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่า ความแตกต่างของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมีค่าน้อยกว่า 5 % และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องมีค่าน้อยกว่า 3 % เมื่อตั้งปรับค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็น 26 °C จากนั้นจึงจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลองดังกล่าว ซึ่งมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เป็น 11.22 BTU/hr/W โดยกำหนดระยะเวลาปิดเครื่องปรับอากาศในทุก ๆ 1 ชั่วโมงในเวลาการใช้งาน มีระยะเวลาที่ปิดตั้งแต่ 5–10 นาที โดยปิดเพิ่มทุก 1 นาที ตามลำดับ และนำผลมาเปรียบเทียบค่ากับการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบไม่มีการปิดระหว่างการใช้งาน ผลการจำลองพบว่า เมื่อกำหนดอุณหภูมิภายนอกสูงสุดเป็น 33.2 °C และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็น 26 °C ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 8 นาที เนื่องจากสามารถลดการใช้พลังงานจากเดิมได้ 9.09% รวมถึงมีค่าอุณหภูมิภายในไม่เกิน 28 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

Mr. Natchapon Supachat
Miss Thanunchanok Lhaiwatchara
Mr. Peeranut Jueasakul
Miss Sujitraporn Jaroonphon
Dr. Teeraphon Phophongviwat Advisor
Dr. Warut Suampun Co-Advisor
Year 2018

ABSTRACT

This thesis presents the simulation of a split type air conditioner system, by using MATLAB Simulink as a tool to calculate the energy consumption of air conditioner and the temperature inside the testing room. The objective of this thesis is to use the simulation to evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner for energy conservation focusing the residents' comfort. To examine the accuracy of the simulation, this thesis uses PW202 as an experimental room. The results show that the difference of energy consumption between the simulations and the experiments are less than 3 % when the air conditioner was set at 26 °C. The difference of the average inside temperature between the simulations and the experiments are less than 5 %. To evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner, this thesis uses the air conditioner with the energy efficiency ratio (EER) 11.22 BTU/hr/W as a model parameter. The air conditioner is turned off in every hour for 5 - 10 minute while the maximum outside temperature is 33.2 °C and the temperature of the air conditioner is 26 °C. The results present that turning off the air conditioner in every hour for 8 minutes can save energy consumption for 9.09% while the inside temperature is not over 28 °C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ และดร.วรุฒม์ สูอำพัน อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานมาด้วยดีตลอด และได้กรุณาตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูป VII
สารบัญตาราง IX
สัญลักษณ์ X
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน 2
1.4 วิธีการใช้ในโครงงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน 6
2.2 ระบบปรับอากาศ 6
2.2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ 6
2.2.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ 10
2.3 ความร้อน 11
2.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 13
2.5 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธี CLTD 14
2.5.1 การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร 14
2.5.2 การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร 15
2.5.3 การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น 16
บทที่ 3 การออกแบบการทดลอง 17
3.1 การวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลองและการวัดอุณหภูมิและความชื้นในห้องทดลอง 17
3.1.1 แบบจำลองห้องที่ใช้ในการทดลอง 18
3.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในห้องทดลอง PW202 19
3.1.3 การวัดและคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) 19
3.1.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.5 Ardino 22
3.2 แบบจำลองการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ 23
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 26
4.1 บทนำ 26
4.2 การตรวจสอบแบบจำลอง 26
4.2.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 °C 28
4.2.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 °C 29
4.2.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 28 °C 30
4.2.4 ผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริงทั้ง 3 กรณี 31
4.2.5 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริง 31
4.3 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศของห้อง PW202 เพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink 32
4.3.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาทำการ 33
4.3.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 5 นาที ทุกๆชั่วโมง 34
4.3.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 6 นาที ทุกๆชั่วโมง 35
4.3.4 ผลการทดลองกรณีที่ 4 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 7 นาที ทุกๆชั่วโมง 36
4.3.5 ผลการทดลองกรณีที่ 5 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆชั่วโมง 37
4.3.6 ผลการทดลองกรณีที่ 6 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 9 นาที ทุกๆชั่วโมง 38
4.3.7 ผลการทดลองกรณีที่ 7 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 10 นาที ทุกๆชั่วโมง 39
4.4 การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink 41
4.4.1 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน 42
4.4.2 ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงานปกติ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.3 ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงาน ในระยะเวลาที่เหมาะสม 45

4.4.4 ผลการประหยัดเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงาน ในระยะเวลาที่เหมาะสม 47

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลการทดลอง 48

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์และจำลองระบบปรับอากาศสำหรับห้องทดลอง 48

5.1.2 สรุปมาตรการสำหรับห้องทดลอง PW202 49

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ 49

5.3 แนวทางการพัฒนา 50

เอกสารอ้างอิง 51

ภาคผนวก 53

ภาคผนวก ก. บทความทางวิชาการ ก-1

ภาคผนวก ข. ค่าคงที่ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ ข-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	7
2.2	ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	11
2.3	ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	11
2.4	ช่วงของความสบายเชิงความร้อนตาม ASHRE Standard (Standard 55a-1995)	12
2.5	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทย	13
3.1	ภาพจำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อใช้วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า, อุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง	18
3.2	ห้องทดลอง PW202 อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ตึกเก่า)	18
3.3	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์ (Power Air)	19
3.4	เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้ารุ่น C.A.8335 ของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP	21
3.5	โมดูล DHT22 / AM2302	22
3.6	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3	22
3.7	ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง	24
3.8	ระบบย่อยการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	24
3.9	ระบบย่อยของห้องทดลอง	25
4.1	ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศในการเปรียบเทียบค่าแบบจำลองและค่าวัดจริง	26
4.2	การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 1 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 °C	28
4.3	การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 2 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 °C	29
4.4	การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 3 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 28 °C	30
4.5	ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในการทดลอง (ก) เปิดใช้งานตามเวลาทำการ (กรณีที่ 1) (ข) ปิดใช้งานในระยะเวลาที่แตกต่างกันทุกๆ 1 ชั่วโมง (กรณีที่ 2-7)	32
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 1	33
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 2	34
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 3	35
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 4	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 5 37

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 6 38

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 7 39

4.13 ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศในการทดลอง 4.4 41

4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ ต่อค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานปกติ 44

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อค่าพลังงานไฟฟ้า ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม 46

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการปฏิบัติงาน 3
2.1 ค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดไม่เกิน 8,000 W (27,296 BTU/hr) 8
2.2 ค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดมากกว่า 8,000 W (27,296 BTU/hr) 8
3.1 การวัดค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณ หาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนทำการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้า 20
3.2 ค่าจากการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนทำการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้า 20
3.3 ฟังก์ชันการวัด ของ Energy analyzer รุ่น C.A.8335 21
4.1 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยในแต่ละวันที่ทำการทดลอง 27
4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริงทั้ง 3 กรณี 31
4.3 ช่วงอุณหภูมิภายในและค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ในวันที่ทำการหาค่าจากการจำลอง 40
4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสม (นาที) ในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยอุณหภูมิภายในของห้องไม่เกินสภาวะความสบาย 42
4.5 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงานปกติ 43
4.6 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม 45
4.7 ผลการประหยัดพลังงาน (%) เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงาน ในระยะเวลาที่เหมาะสม 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ตัวแปร	หน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
A	พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อนรวม	ตารางเมตร	m^2
c	ความจุความร้อนจำเพาะ	จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน	J / kg•K
CLF	ค่าปัจจัยภาระการทำความเย็น		
$CLTD$	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น	องศาเซลเซียส	°C
CMM	ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที	m^3 / min
COP	ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ		
$\frac{dQ}{dt}$	การไหลของความร้อนจากเครื่องปรับอากาศเข้าในห้อง	จูลต่อชั่วโมง	J/hr
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์	BTU / hr /W
F	อัตราการไหลของน้ำเย็น	ลิตรต่อนาที	L / min
F_L	ตัวประกอบภาระ		
F_R	ตัวประกอบการแผ่รังสี		
F_{sa}	ตัวประกอบเผื่อพิเศษ		
F_U	ตัวประกอบการใช้งาน		
F_{ul}	ตัวประกอบการใช้แสง		
h_r	เอนทัลปีของลมกลับของเครื่องปรับอากาศ	กิโลจูลต่อกิโลกรัม	kJ / kg
h_i	ค่าเอนทัลปีของอากาศภายใน	กิโลจูล/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)	kJ/kg (dry air)
h_o	ค่าเอนทัลปีของอากาศภายนอก	กิโลจูล/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)	kJ/kg (dry air)
h_s	เอนทัลปีของลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ	กิโลจูลต่อกิโลกรัม	kJ / kg
i_1 - i_2	เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ตามลำดับ	กิโลจูลต่อกิโลกรัม	kJ / kg
i_2 - i_3	เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ตามลำดับ	กิโลจูลต่อกิโลกรัม	kJ / kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ตัวแปร	หน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
i_4	เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วขยายตัว	กิโลจูลต่อกิโลกรัม	kJ / kg
m_r	อัตราการไหลของสารทำความเย็น	กิโลกรัมต่อวินาที	kg / s
$\dot{M}$	อัตราการไหลโดยมวล	กิโลกรัมต่อวินาที	kg / s
M_{air}	มวลของอากาศในห้อง	กิโลกรัม	kg
N	จำนวนคน	คน	people
q_{input}	อัตราค่าพลังงานที่จ่ายเข้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า	กิโลวัตต์	kW
Q	อัตราการระบายและการรั่วซึมทางความร้อน (ASHRAE Standard)	ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที	ft^3 /min (cfm)
Q_c	อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์	กิโลวัตต์	kW
Q_e	อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาปอเรเตอร์	กิโลวัตต์	kW
$Q_{external}$	การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร	กิโลวัตต์	kW
$Q_{internal}$	การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร	กิโลวัตต์	kW
$Q_{ventilation}$	การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น	กิโลวัตต์	kW
SC	สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก		
SCL	ค่าภาระการทำความเย็นจากแสงอาทิตย์	วัตต์ต่อตารางเมตร.	W/m^2
T_{aircon}	อุณหภูมิของอากาศเย็นจากเครื่องปรับอากาศ	องศาเซลเซียส	$^\circ C$
T_i	อุณหภูมิภายในห้อง	องศาเซลเซียส	$^\circ C$
T_o	อุณหภูมิภายนอกห้อง	องศาเซลเซียส	$^\circ C$
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง	วัตต์ต่อตารางเมตร.องศาเซลเซียส	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
W	จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ	กิโลวัตต์	kW
W_c	กำลังงานของคอมเพรสเซอร์	กิโลวัตต์	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ตัวแปร	หน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
W_i	อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายใน	กิโลกรัม (น้ำ)/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)	kg(water)/kg(dryair)
W_o	อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอก	กิโลกรัม (น้ำ)/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)	kg(water)/kg(dryair)
ΔT	ความแตกต่างอุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	$^{\circ}C$

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากอิทธิพลของตำแหน่งที่ตั้งทำให้ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ส่งผลให้ประเทศไทยมีภูมิอากาศที่มีความร้อนและความชื้นอยู่ในปริมาณมาก ทำให้ระบบปรับอากาศมีความจำเป็นที่ต้องติดตั้งอยู่ในอาคารทุกประเภท และเมื่อทำการประมาณอัตราการใช้พลังงานภายในอาคาร จะพบว่า ระบบปรับอากาศ มีการใช้พลังงานมากถึงร้อยละ 60-80 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร [1] จากที่กล่าวมานั้น ควรให้ความสำคัญ ที่จะศึกษาในระบบปรับอากาศ

การทำงานของระบบปรับอากาศทั่วไป เครื่องปรับอากาศจะทำงานเต็มพิกัดในช่วงเริ่มเปิดทำงาน เพื่อให้อุณหภูมิของห้องลดลงตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เมื่ออุณหภูมิของห้องได้ตามค่าที่ตั้งไว้เครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยการเปิดหรือปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยการทำงานของคอมเพรสเซอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย เทอร์โมสตัทที่จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์เปิดหรือปิดการทำงาน ในการเริ่มต้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์แต่ละครั้งต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมาก โดยพฤติกรรมของผู้ใช้งานเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ มีความจำเป็นที่จะต้องออกไปจากห้องและทำการปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่อผู้ใช้กลับเข้ามาที่ห้องอีกครั้งและเริ่มการทำงานเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อทำอุณหภูมิห้องให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษา การปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นไปเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อหาความเหมาะสมของระยะเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความสบายของผู้ใช้งาน จึงได้ทำการจำลอง ของโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับการทดลองจริงของห้องทดลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำ จากนั้นจะนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิและค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาข้อมูลลักษณะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เมื่อมีการหยุดการทำงานในระยะสั้น

2. เพื่อศึกษาหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อนำผลที่ได้จากการจำลองของห้องทดลองไปประยุกต์ใช้กับระบบอาคารที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในการจัดการพลังงาน

4. เพื่อศึกษา MATLAB Simulink ในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานของเครื่องปรับอากาศ โดยทำการทดลองและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ให้เกิดการใช้พลังงานที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพลังงานเดิม ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อความสบายของผู้ที่อยู่ภายในห้อง

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. ค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทาง
3. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร
4. เลือกสถานที่ต้นแบบที่ใช้ในการจัดทำโครงงาน
5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเป้าหมายและออกแบบการทดลอง
6. ศึกษาการออกแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ
7. สรุปผลการดำเนินงานการลดการใช้พลังงาน
8. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาหาข้อมูลการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ภายในอาคาร ตลอดจนทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน โดยมีเวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2561 ถึง เดือนมีนาคม 2562 รวมเป็นระยะเวลา 10 เดือน โดยมีแผนการดำเนินโครงงาน ดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน

วิธีการดำเนินการ	ระยะเวลา									
	พ.ศ. 2561					พ.ศ. 2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาข้อมูลการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้ารวมภายในอาคาร										
2. ศึกษารายงานวิจัยการจัดการพลังงานภายในอาคารโดยคำนึงถึงความสบายของผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง										
3. ศึกษาวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขเพื่อใช้ในการจำลองเครื่องปรับอากาศใน MATHLAB Simulink										
4. กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา Parameter, Variable, Constant, สมการการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการ CLTD และเงื่อนไข										
5. วางแผนการติดตั้ง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าในห้องทดลอง PW202 เพื่อบันทึกค่าใช้เปรียบเทียบ										
6. ดำเนินการติดตั้ง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าในห้องทดลอง PW202 ตึกภาคไฟ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร										
7. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า, อุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปรับอากาศ										
8. วางแผนออกแบบการทดลองทดสอบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลอง PW202										

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน (ต่อ)

วิธีการดำเนินการ	ระยะเวลา									
	พ.ศ. 2561					พ.ศ. 2562				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
9. ดำเนินการทดลองทดสอบค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลอง PW202				←→	→←					
10. วิเคราะห์และจำลองหาค่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศโดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink						←→		→←		
11. ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมที่เขียนขึ้น						←→			→←	
12. สรุปผลการดำเนินการ								→←	←→	
13. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									→←	←→

←→ แผนการปฏิบัติงานที่คาดการณ์ ←- - -→ แผนการปฏิบัติงานจริง

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการจำลองระยะเวลาปิดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม

2. สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารโดยผู้ใช้งานยังคงมีความสบาย

3. สามารถนำโปรแกรมที่ได้จากการวิจัยไปทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

4. สถานที่ที่ได้รับการจัดการพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานที่ดีขึ้น โดยมีการลดปริมาณการใช้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก่อนดำเนินการจัดการด้านอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ต้องมีการตรวจสอบและการตรวจวิเคราะห์ค่าพลังงานในอาคารที่จะดำเนินการ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานที่แท้จริงภายในอาคาร เพื่อนำข้อมูลที่ได้เหล่านั้น ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่ควรใช้ ที่จะทำให้ทราบว่า ควรดำเนินการจัดการพลังงานในด้านการปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการพยายามใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ลดการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการช่วยประหยัดการใช้พลังงานของประเทศด้วย

2.2 ระบบปรับอากาศ

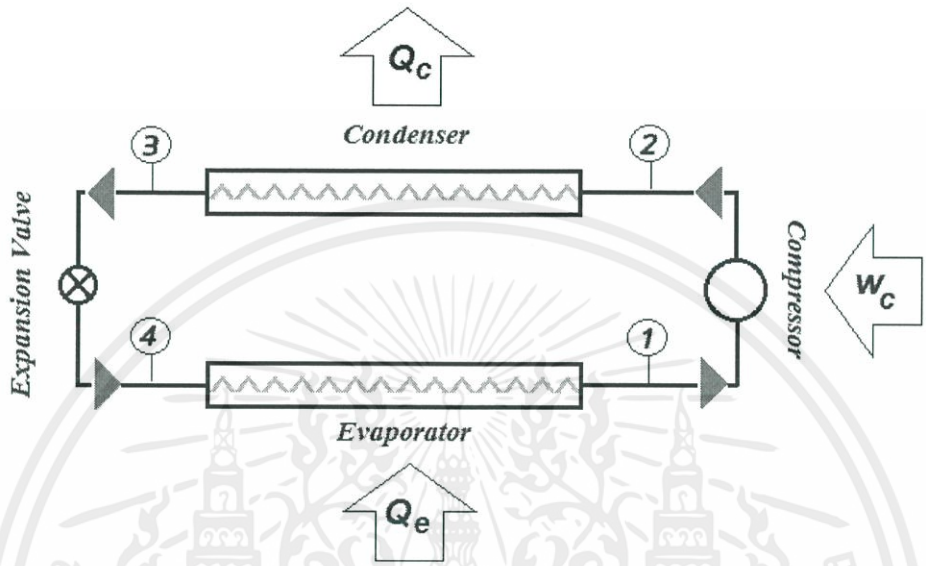
การใช้พลังงานส่วนมากในอาคารจะใช้ระบบปรับอากาศโดยประมาณ 60-80% ของพลังงานรวมทั้งอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ดีควรคำนึงการปรับภูมิทัศน์ การออกแบบอาคารและการเลือกวัสดุป้องกันความร้อนประเภทต่างๆ เพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาภายในอาคาร รวมทั้งการออกแบบระบบปรับอากาศและระบบการควบคุมที่ดี ส่งผลให้มีการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้น โดยการออกแบบระบบปรับอากาศมีข้อควรคำนึง 3 ประการ คือ การออกแบบเพื่อความสบายของผู้ใช้อาคาร (Comfort) เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ (IAQ : Indoor Air Quality) และเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) [2]

2.2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ [3]

เครื่องปรับอากาศนั้นมีพื้นฐานมาจาก วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในหลักการเบื้องต้นสำหรับ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอโดยพื้นฐานจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ วาล์วขยายตัว และอีวาปอเรเตอร์ ดังรูปที่ 2.1 การทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เริ่มจากคอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นซึ่งอยู่ในสภาวะไอที่จุดที่ (1) และอัดเพื่อที่จะทำให้สารทำความเย็นมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ตามกระบวนการไอเซนทรอปิก (Isentropic Process) ที่จุด (2) จากนั้นสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะถูกส่งมาถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ เพื่อให้สารทำความเย็นกลั่นตัวตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนการคายความร้อน และสารทำความเย็นจะควบแน่นจนกลายเป็นสารทำความเย็นที่มีความดันสูงที่จุดที่ (3) จากนั้นถูกส่งผ่านวาล์วขยายตัวหรือแคปทิวป์เพื่อลดความดันและเข้าอีวาปอเรเตอร์ที่จุดที่ (4) ซึ่งในอีวาปอเรเตอร์สารทำความเย็นเหลวจะเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

สำหรับสมรรถนะของวัฏจักรการทำความเย็นมักจะระบุในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) ดังสมการที่ 2.1 และสมการที่ 2.2

$$COP = \frac{\text{ความร้อนที่ได้รับประโยชน์จากระบบ}}{\text{งานที่ใส่ให้กับระบบ}} \tag{2.1}$$

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{Q_e}{Q_c - Q_e} = \frac{m_r(i_1 - i_4)}{m_r(i_2 - i_1)} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \tag{2.2}$$

โดยที่

Q_e คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของอีวาปอเรเตอร์, kW

Q_c คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์, kW

W_c คือ กำลังงานของคอมเพรสเซอร์, kW

m_r คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น, kg/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i_1, i_2 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ตามลำดับ, kJ/kg

i_2, i_3 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอนเดนเซอร์ตามลำดับ , kJ/kg

i_4 คือ เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากวาล์วขยายตัว, kJ/kg

สำหรับค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศ คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพ (Energy efficiency ratio; EER) มีหน่วยเป็น BTU/hr/W ถ้ามีค่า EER สูง แสดงว่าเครื่องปรับอากาศนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดี โดยสำหรับประเทศไทยตามมาตรฐาน มอก. (พ.ศ. 2549) สำหรับเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ค่าของ EER ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขตามตารางที่ 2.1 และ ตารางที่ 2.2 [4] โดยที่ค่าของ EER สามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$EER = 3.412 \times COP \tag{2.3}$$

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดไม่เกิน 8,000W (27,296 BTU/hr)

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) หน่วย BTU/hr/W
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.60
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.00 - น้อยกว่า 11.59
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.60 - น้อยกว่า 11

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาดมากกว่า 8,000W (27,296 BTU/hr)

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) หน่วย BTU/hr/W
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.00
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.60 - น้อยกว่า 10.99
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ 9.60 - น้อยกว่า 10.59

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ได้ดำเนินการโครงการฉลากเบอร์ 5 ตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยได้มอบหมายให้สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (สฟอ.) เป็นตัวแทนในการดำเนินการทดสอบ

การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้งานจะประเมินด้วยค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของวัฏจักรในการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณความเย็นของระบบอัดของเครื่องทำความเย็นที่สามารถทำได้มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ความเย็น ต่อพลังงานกำลังเพลาที่เครื่องอัดต้องการมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ โดยทั่วไปจะพิจารณาสำหรับเครื่องปรับอากาศหรือระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่ ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) เป็นต้น ดังสมการที่ 2.4

$$\text{ประสิทธิภาพ } COP = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์)}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (ตันความเย็น)}} \tag{2.4}$$

$$\text{ความสามารถในการทำความเย็น (ตัน)} = F \times \Delta T / 50.4 \tag{2.5}$$

โดย

F คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร/นาที)

ΔT คือ อุณหภูมิที่แตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้าและออกจากส่วนทำน้ำเย็น (°C)

50.4 คือ ค่าคงที่ที่ได้จากการแปลงหน่วย $\dfrac{(60\text{ s} \times 3.52\text{ kW/ TON})}{(4.19\text{ kJ/kg °c} \times 1\text{ kg/lit})}$

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพของวัฏจักรในการทำความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณความเย็นที่ส่งผลทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำได้มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง ต่อพลังงานที่กำลังเพลาที่เครื่องอัดต้องการมีหน่วยเป็นวัตต์ โดยทั่วไปแล้วจะแสดงในรูปของประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กชนิดหน่วยเดียว (Unity) ได้แก่ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) แบบติดหน้าต่าง (Window Type) และแบบชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Package) เป็นต้น ดังสมการที่ 2.6

$$\text{ประสิทธิภาพ } EER = \frac{\text{ความสามารถทำความเย็นของระบบปรับอากาศ (BTU/hr)}}{\text{พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)}} \tag{2.6}$$

$$(kJ/hr) = 72 \times CMM \times (h_r - h_s) \tag{2.7}$$

โดย CMM คือ ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

h_r คือ เอนทาลปีของลมกลับของเครื่องปรับอากาศ หน่วย กิโลจูลต่อกิโลกรัม

h_s คือ เอนทาลปีของลมจ่ายของเครื่องปรับอากาศ หน่วย กิโลจูลต่อกิโลกรัม

(หมายเหตุ: 1 kJ/ hr = 0.95 BTU/ hr)

การลดภาระทำความเย็นก่อนจะประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ เราต้องเข้าใจแหล่งที่มาของภาระทำความเย็น และควรหาวิธีลดภาระทำความเย็นให้ได้มากที่สุดเสียก่อน ภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศมาจากสองแหล่ง คือ ความร้อนจากภายนอกอาคาร ซึ่งเกิดความร้อนจากดวงอาทิตย์ ระบบระบายอากาศ รวมถึงการรั่วซึมจากอากาศภายนอก และความร้อนจากภายในอาคาร ซึ่งเกิดจากความร้อนจากอุปกรณ์แสงสว่าง อุปกรณ์สำนักงาน รวมถึงความร้อนจากร่างกายมนุษย์

เนื่องจากความร้อนจากแสงอาทิตย์ มีอิทธิพลต่อภาระทำความเย็นอย่างมาก ดังนั้น การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร และใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงรวมทั้งปรับปรุงการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีการประหยัดพลังงาน

หากค่า COP มีค่าน้อย แสดงว่าประหยัดพลังงาน ซึ่งในความเป็นจริง ค่า COP มีการใช้คล้ายคลึงกับค่า EER เพียงแต่ เครื่องทำน้ำเย็นเป็นระบบขนาดใหญ่จึงใช้ค่า COP หน่วย kW/TON แต่ระบบปรับอากาศทั่วไปมีขนาดเล็ก ทำให้ใช้ค่า EER หน่วย BTU/hr สามารถแสดงความได้ดังสมการที่ 2.8

$$EER = 12 / COP \tag{2.8}$$

2.2.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ [6]

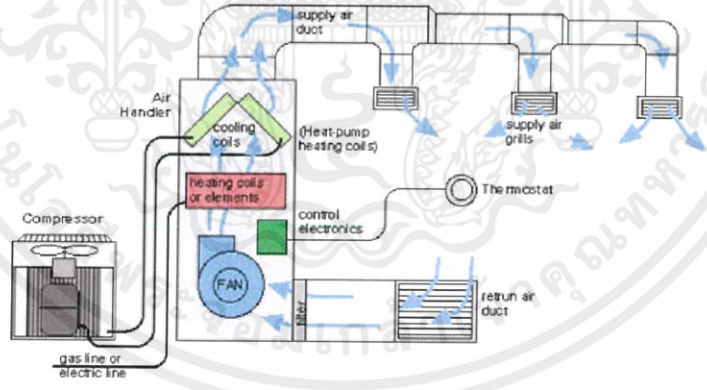
โดยทั่วไปจะแบ่งลักษณะการออกแบบตามการใช้งาน หากในด้านภาคอาคารธุรกิจจะแบ่งตามประเภทดังนี้

1. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จะเป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.2 โดยส่วนใหญ่จะมีขนาดทำความเย็นจะไม่เกิน 40,000 บีทียู/ชั่วโมง ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของคอลย์ทำความเย็นที่เรียกว่า คอลย์เย็น (Fan Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งในพื้นที่ที่ปรับอากาศ และคอลย์ร้อน (Condensing Unit) จะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารและมีเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) โดยจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ระหว่างชุดคอลย์ร้อนและคอลย์เย็นไว้อัดสารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Unit) ดังรูปที่ 2.3 เป็นระบบที่นิยมใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก เป็นอาคารในลักษณะแบ่งได้หลายห้อง หลายโซนและมีหลายชั้น ส่วนประกอบหลักจะประกอบไปด้วย แผงคอลย์ร้อน คอลย์เย็นและเครื่องอัดสารทำความเย็น ระบบปรับอากาศแบบชุดจะมีลักษณะใหญ่มีท่อส่งลมเย็น (Supply Air Duct) ทำหน้าที่ส่งลมไปยังพื้นที่ต่างๆ และท่อส่งลมกลับ (Return Air Duct) ทำหน้าที่นำลมเย็นที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับห้องเรียบร้อยแล้วมาปรับความเย็นอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น (Variable Air Volume, VAV) เพื่อไว้ควบคุมปริมาณลมเย็นให้เหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ



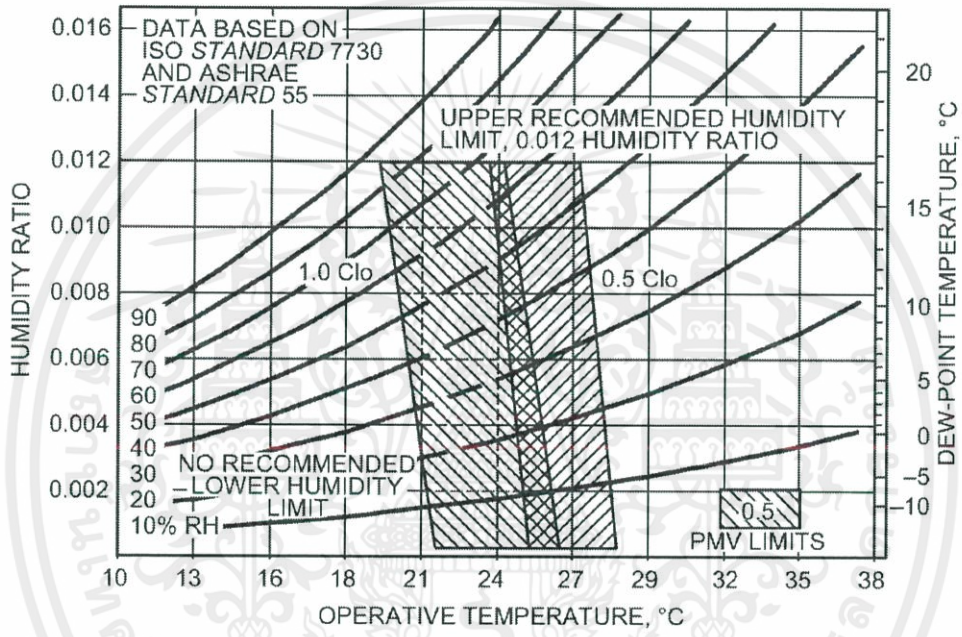
รูปที่ 2.3 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

2.3 ความร้อน [3]

ความสบายเชิงความร้อน (Human thermal comfortable) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการสมดุลทางความร้อนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายที่ 36.9 °C ร่างกายมนุษย์จะมีการผลิตความร้อนเนื่องจากการเผาผลาญอาหาร และมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม โดยการนำความร้อนการพาความร้อน และการแผ่รังสี หากร่างกายมีการสูญเสียความร้อนมากกว่าที่ผลิตขึ้นก็จะรู้สึกเย็นถ้าผลิตได้มากกว่าก็จะรู้สึกร้อนขึ้น ASHRAE Standard ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

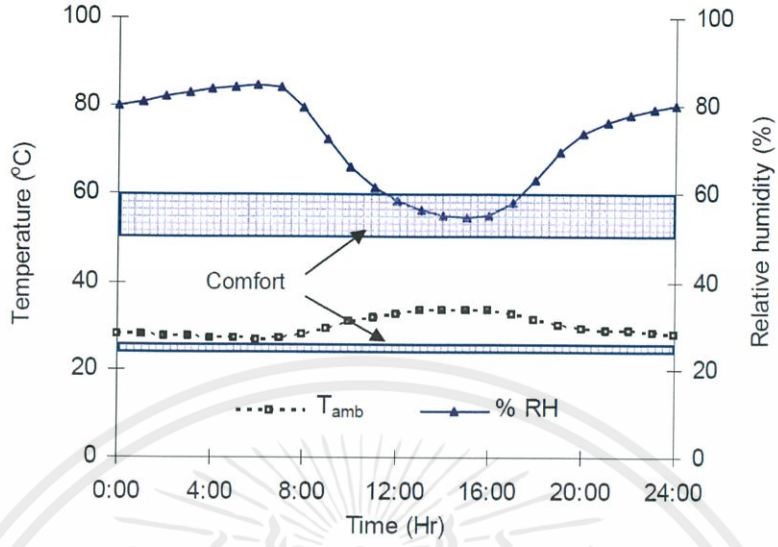
ทำการศึกษาวิจัยและได้กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อความสบายเชิงความร้อน คือ อุณหภูมิ ความชื้น กิจกรรมที่ทำ ลักษณะเสื้อผ้า ความเร็วลมที่สัมผัสร่างกาย และอุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ยของพื้นผิวในทุกด้านที่ล้อมรอบร่างกาย ปกติในการปรับอากาศโดยทั่วไปตัวแปรที่สำคัญคือ อุณหภูมิ และความชื้น โดยช่วงของความสบายในการปรับอากาศสำหรับประเทศไทย สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.4 ควรมีการปรับอากาศที่ 20-28 °C ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับความสบายเชิงความร้อนสำหรับการปรับอากาศ



รูปที่ 2.4 ช่วงของความสบายเชิงความร้อนตาม ASHRAE Standard (Standard 55a-1995) [7]

สำหรับการระบบปรับอากาศในอาคารขนาดเล็กในประเทศไทย มักจะนิยมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการระบายอากาศจะมีอากาศจากภายนอกที่ไหลซึมผ่านส่วนต่างๆของโครงสร้างอาคารเข้ามาหรือผ่านทางพัดลมระบายอากาศ (Ventilation fan) ซึ่งโดยปกติระบบปรับอากาศมักจะคำนึงเฉพาะการลดอุณหภูมิของห้องเป็นสำคัญ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ของห้องจะมีค่าสูงหรือต่ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นภายนอกไหลที่เข้ามา ทั้งนี้ประเทศไทยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน ดังรูปที่ 2.5 ในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิสูง ค่าของความชื้นจะต่ำ และในช่วงกลางคืนจะตรงข้ามกัน ดังนั้นการนำอากาศระบายเข้าห้องปรับอากาศโดยไม่มีการควบคุมจะทำให้ไม่สามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ของห้องให้เหมาะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทย [3]

ในปัจจุบันการควบคุมความชื้นในระบบปรับอากาศมีค่าใช้จ่ายสูง รวมถึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ เพิ่มเติม เช่น เครื่องให้ความชื้น เครื่องให้ความร้อน เพื่อความคุ้มค่าจึงมักจะทำในระบบขนาดใหญ่ สำหรับในอาคารขนาดเล็กอาจใช้ผลจากการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลของลมปล่อยที่คอยล์เย็นในการควบคุมความชื้น อาจกล่าวได้ว่าการประยุกต์ใช้หลักการการระบายอากาศในการปรับปรุงระดับความชื้นของห้องให้เหมาะสมจะส่งผลให้คุณภาพอากาศภายในอาคารดีขึ้น

2.4 การคำนวณภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีพื้นฐานหลักมาจากสมการสมดุลความร้อน [8] ประกอบด้วยค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนภายนอกที่ส่งผ่านกรอบอาคารเข้ามา กับค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากภาระภายในอาคาร [9] ซึ่งในปัจจุบันการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีหลายวิธี เช่น วิธี Total Equivalent Temperature Differential (TETD), วิธี Cooling Load Temperature Differential (CLTD), วิธี Transfer Function Method, วิธี Heat Balance Method และวิธี Radiant Time Series (RTS) Method เป็นต้น [10] ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป สำหรับประเทศไทยได้มีการออกประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552 ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) เพื่อให้เป็นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันสำหรับอาคารในประเทศไทย แต่วิธีการคำนวณค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศจากการใช้ค่า OTTV และ RTTV จากประกาศกระทรวง

ในปริญญานิพนธ์นี้จะใช้วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นตามมาตรฐาน โดยใช้วิธี Cooling Load Temperature Differential หรือ CLTD เนื่องจากมีหลักการในการคำนวณที่พิจารณาความร้อนภายนอก คือ ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกระจก และความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ผ่านกระจก ใกล้เคียงกับการคำนวณ OTTV และ RTTV [11] นอกจากนี้ วิธี CLTD ยังเป็นวิธีที่สามารถเข้าใจขั้นตอนการคำนวณได้ง่าย และสามารถคำนวณได้ด้วยเครื่องคิดเลขทั่วไปต่างจากวิธีอื่น [12] รวมถึงมีความซับซ้อนน้อยกว่าวิธีอื่น เหมาะแก่การนำมาใช้ในการทำแบบจำลอง

2.5 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธี CLTD [13]

วิธี CLTD เป็นวิธีที่มีพื้นฐานมาจากวิธี Transfer Function Method ซึ่งสามารถใช้ประมาณค่าภาระการทำความความเย็นจากการถ่ายเทความร้อน 3 ประเภท คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร และการถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น

2.5.1 การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร ($Q_{external}$) ประกอบด้วยความร้อนการนำความร้อนภายนอกผ่านหลังคา, ผนัง และกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.9, ความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ผ่านกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10 และความร้อนจากการนำความร้อนภายในผ่านฝ้า, พื้น และผนังที่กั้นระหว่างห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.11

$$q = UA(CLTD) \tag{2.9}$$

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง หน่วย วัตต์/ตารางเมตร.องศาเซลเซียส, $W/m^2 \cdot ^\circ c$

A คือ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อนรวม หน่วย ตารางเมตร, m^2

$CLTD$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น หน่วย องศาเซลเซียส, $^\circ c$

$$q = A(SC)(SCL) \tag{2.10}$$

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient) ไม่มีหน่วย

SCL คือ ค่าภาระการทำความเย็นจากแสงอาทิตย์ หน่วย วัตต์/ตารางเมตร, W/m^2

$$q = UA(t_o - t_i) \tag{2.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายใน หน่วย วัตต์/ตารางเมตร. องศาเซลเซียส, $W/m^2 \cdot {}^\circ c$

A คือ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อนรวม หน่วย ตารางเมตร, m^2

t_o คือ อุณหภูมิภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส, ${}^\circ c$

t_i คือ อุณหภูมิภายในอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส, ${}^\circ c$

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร ($Q_{internal}$) ประกอบด้วย ภาระการทำความเย็นจากคน แบ่งเป็นปริมาณความร้อนสัมผัสและปริมาณความร้อนแฝงจากคนภายในห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการทำกิจกรรมของคนภายในห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.12 และ 2.13, ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.14 และภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.15 หรือ 2.16

$$q_{sensible} = N(Sensible\ heat\ gain)CLF$$

$$q_{latent} = N(Latent\ heat\ gain) \tag{2.13}$$

N คือ จำนวนคน

CLF คือ ค่าปัจจัยภาระการทำความเย็น คิดที่ชั่วโมงการทำงาน

$$q_{el} = 3.41WF_{ul}F_{sa}(CLF) \tag{2.14}$$

W คือ จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ หน่วย วัตต์

F_{ul} คือ ตัวประกอบการใช้แสง(ซึ่งมีค่าตามความเหมาะสม หรือไม่มีก็ได้)

F_{sa} คือ ตัวประกอบเผื่อพิเศษ

CLF คือ ค่าปัจจัยภาระการทำความเย็น คิดที่ชั่วโมงการทำงาน

$$q_{sensible} = q_{input}F_U F_R(CLF) \tag{2.15}$$

$$q_{sensible} = q_{input}F_L(CLF) \tag{2.16}$$

q_{input} คือ อัตราค่าพลังงานที่จ่ายเข้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า หน่วย กิโลวัตต์

F_U, F_R, F_L คือ ตัวประกอบการใช้งาน, ตัวประกอบการแผ่รังสีและตัวประกอบภาระ (ซึ่งมีค่าตามความเหมาะสม หรือไม่มีก็ได้)

CLF คือ ค่าปัจจัยภาระการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น ($Q_{ventilation}$) สามารถคำนวณได้จากปริมาณความร้อนสัมผัสและปริมาณความร้อนแฝงภายในอาคาร ดังสมการที่ 2.17 และ 2.18 หรือ 2.19

$$q_{sensible} = 1.10Q(t_o - t_i) \quad (2.17)$$

$$q_{latent} = 4840Q(W_o - W_i) \quad (2.18)$$

$$q_{total} = 4.5Q(h_o - h_i) \quad (2.19)$$

Q คือ อัตราการระบายและการรั่วซึมทางความร้อน (ASHRAE Standard) หน่วย ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที, ft^3/min (cfm)

t_o, t_i คือ อุณหภูมิภายนอกอาคารและภายในอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส, $^{\circ}c$

W_o, W_i คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกและภายใน หน่วย กิโลกรัม (น้ำ)/กิโลกรัม (อากาศแห้ง) kg (water)/kg (dry air)

h_o, h_i คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศภายนอกและภายใน หน่วย กิโลจูล/กิโลกรัม (อากาศแห้ง) kJ/kg (dry air)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

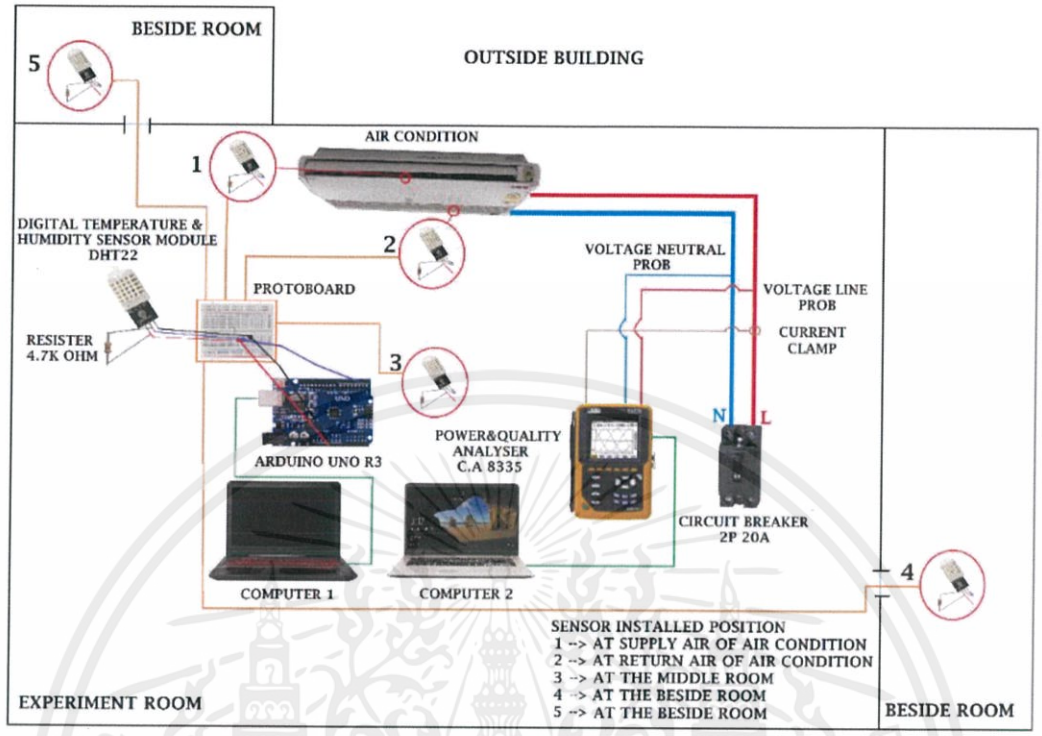
บทที่ 3
การออกแบบการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศในห้องที่ทำการทดลอง มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระหว่างทำการทดลอง โดยบันทึกค่าที่ได้จากการวัดจริง นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลองของแบบจำลองการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ ในโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างค่าที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากการจำลองที่สามารถยอมรับได้ จากนั้น จะนำแบบจำลอง ไปใช้ในการทำนายผลของค่าอุณหภูมิเพื่อพิจารณาขอบเขตความสบายที่มนุษย์รับได้ และค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยไม่ต้องทำการทดลองเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศจริง ซึ่งแบบจำลองสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดลองและควบคุมเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยมีการทดลองการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อจัดการพลังงานทั้งหมด 3 รูปแบบ อันเป็นแนวทางจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศในระบบอาคารที่มีขนาดใหญ่ต่อไปในอนาคต โดยกำหนดขอบเขต เริ่มทดลองตั้งแต่ 09.00 น.-16.00 น. และปิดช่วงพักกลางวัน 1 ชั่วโมง และห้องทดลองที่ใช้คือ PW202

3.1 การวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง และการวัดอุณหภูมิและความชื้นในห้องทดลอง

ในส่วนนี้จะแสดงการจำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อใช้วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ในห้อง PW202 โดยมีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า 1 เฟส เข้ากับอุปกรณ์ และมีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ทั้งหมด 5 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่ง supply air ตำแหน่งreturn air ตำแหน่งกลางห้องทดลอง และตำแหน่งภายในห้องที่อยู่ติดกับห้องทดลองอีก 2 ห้อง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.1

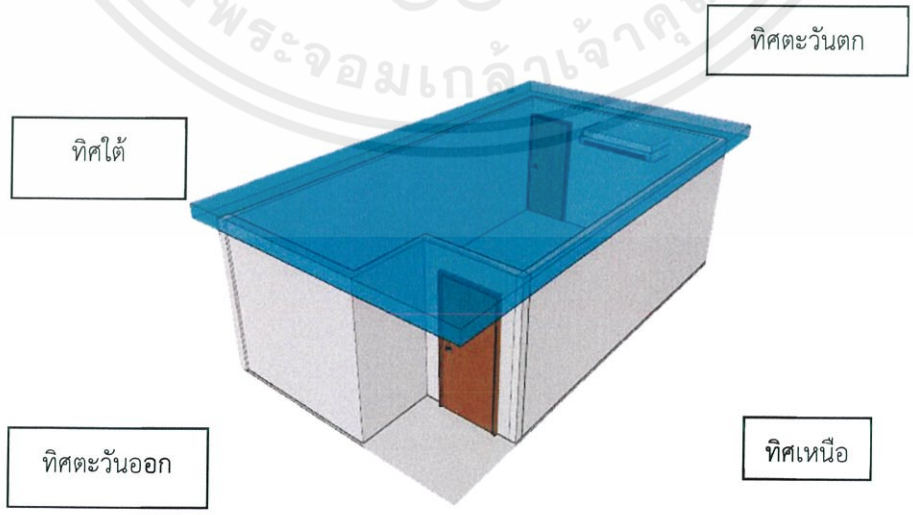
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ภาพจำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อใช้วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า, อุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง

3.1.1 แบบจำลองห้องที่ใช้ในการทดลอง

ห้องทดลองคือห้อง PW202 ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ตึกเก่า) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีขนาด 26.14 ตารางเมตร สูง 2.75 เมตร แสดงดังรูปที่ 3.2

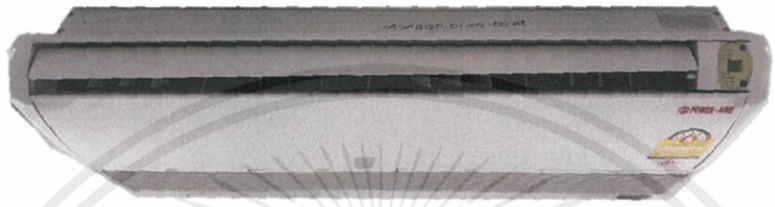


รูปที่ 3.2 ห้องทดลอง PW-202 อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ตึกเก่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในห้องทดลอง PW202

เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์ (Power Air) ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ขนาด 26,100 บีทียูต่อชั่วโมง กระแสสูงสุด 13.8 แอมป์ ติดฉลากเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศติดตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2559 แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์ (Power Air)

3.1.3 การวัดและคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)

การคำนวณค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ของเครื่องปรับอากาศก่อนการทดลองได้ 11.22 BTU/hr/W ค่า EER ที่คำนวณได้ เมื่อนำไปเปิดตารางเทียบกับเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable speed/Inverter เกณฑ์พลังงานปี พ.ศ. 2558 จะได้ว่าเป็นเครื่องปรับอากาศ เบอร์ 4 โดยแสดงวิธีการทดลองและวิธีการคำนวณ ตามตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 มีเงื่อนไขการทดสอบ ดังนี้

ก. ควรวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทางด้านลมกลับและลมจ่ายในขณะที่คอมเพสเซอร์ทำงาน

ข. ปรับความเร็วลม (Fan Coil Unit) สูงสุด

ค. ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ทดลอง 27 °C ในขณะทดสอบเครื่องปรับอากาศ: อุณหภูมิภายนอกห้องทดลอง 38 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การวัดค่าต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนทำการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้า

ลำดับ	ข้อมูลการวัด	ค่าที่ได้	หน่วย
1	พื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ (A = กว้างxยาว)	0.19 x 1.2 = 0.228	m^2
2	อุณหภูมิของอากาศทางด้านลมกลับ	21.6	°C
3	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศทางด้านลมกลับ	58.7	%RH
4	ค่าเอนทรัลปีทางด้านลมกลับ[1] (h_r)	47.719	kJ/kg dry air
5	อุณหภูมิของอากาศทางด้านลมจ่าย	12.3	°C
6	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศทางด้านลมจ่าย	79.3	%RH
7	ค่าเอนทรัลปีทางด้านลมจ่าย[1] (h_s)	30.148	kJ/kg dry air
8	ความเร็วลมทางด้านลมกลับ (V)	1.344	m/s
9	พลังงานรวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน (P)	1.742	kW

หมายเหตุ: [1] เปิดค่าจากตาราง Psychrometric Chart

ตารางที่ 3.2 ค่าจากการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) ก่อนทำการทดลองหาค่าพลังงานไฟฟ้า

ลำดับ	การคำนวณ	ค่าที่ได้	หน่วย
1	ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ (CMM = 60 x V x A)	18.3312	m^3/min
2	ความสามารถในการทำความเย็น (TR = 5.707 x 10^{-3} x CMM x (h_r- h_s))	19547.7384	BTU/hr
3	สมรรถนะการทำความเย็น (P/TR)	1.0694	kW/TR
4	EER = 12/(P/TR)	11.22	BTU/hr/W

3.1.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

1. Energy analyzer รุ่น C.A.8335

Energy Analyzer คือ เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.4 เพื่อการแก้ไขและปรับปรุงการใช้พลังงานจึงถือว่าอุปกรณ์นี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพคุณภาพพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้านี้จะสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ได้ เช่น แรงดัน,กระแส, ความถี่, กาลังไฟฟ้า และอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมี voltage probe ในการวัดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ current clamp ในการวัดกระแส และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงถูกออกแบบมาให้สามารถรับ-ส่ง ข้อมูลหรือใช้จัดเก็บข้อมูลต่างๆได้ และมีพิกัดของเครื่องมือดังตารางที่ 3.3 ในการทดลองได้ใช้เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP

รูปที่ 3.4 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้ารุ่น C.A.8335 ของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP

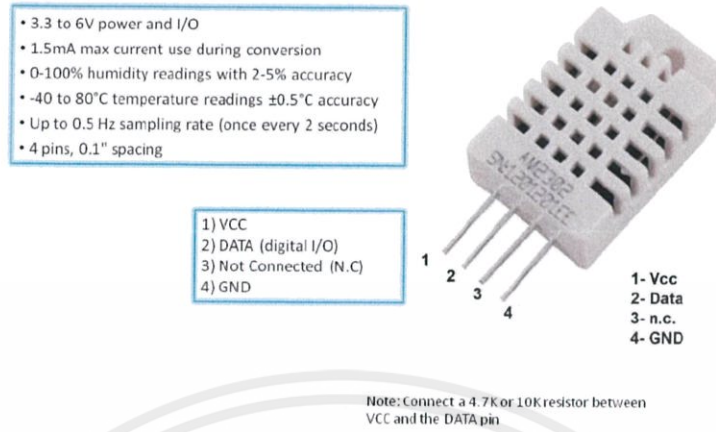
ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชันการวัดของ Energy analyzer รุ่น C.A.8335

Functions	Rate
Voltages	1000 V
Currents	6500 A
Frequency	50 – 60 Hz

2. Digital Temperature and Humidity Sensor Module DHT22

อุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย เช่นการวัดและ ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในห้อง เป็นต้น อุปกรณ์ประเภทนี้แตกต่างกันตามผู้ผลิต ราคา ความแม่นยำ ความละเอียดในการวัด การให้ค่าแบบดิจิทัลหรือแบบแอนะล็อก เป็นต้น การทดลองใช้งานโมดูล DHT22 / AM2302 ซึ่งมีราคาถูก ให้ค่าเป็นแบบดิจิทัล ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียว ในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (Serial Data, Bi-Rirectional) โดยนำมาเชื่อมต่อกับ Arduino เพื่อเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากเซนเซอร์

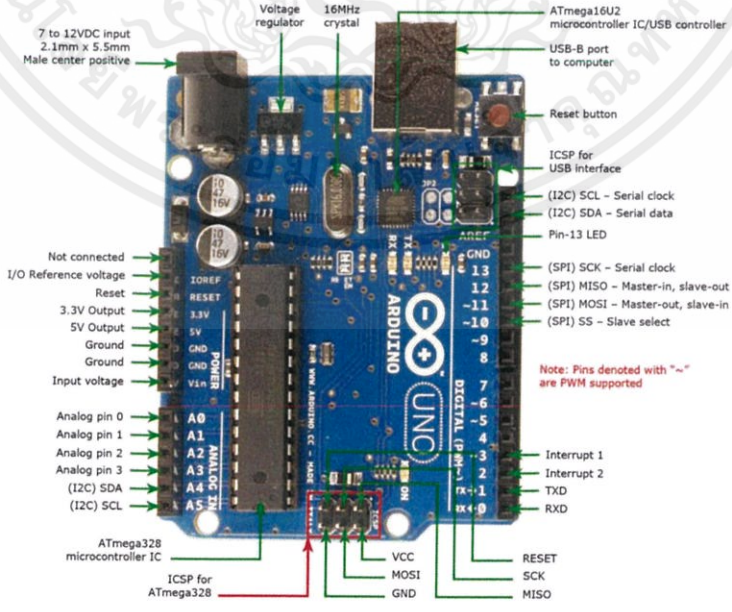
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โมดูล DHT22 / AM2302

3.1.5 Arduino

Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูป ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่างๆได้และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมีการพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ดของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ตัวบอร์ดสามารถนำโมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทาง Arduino เรียกว่าเป็น shield เพื่อเพิ่มความสามารถเพิ่มขึ้น หรือถ้าสามารถสร้างวงจรเพิ่มเติมและนำมาประกอบเป็น Shield ให้กับ Arduino ก็ได้



รูปที่ 3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แบบจำลองการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ

ความร้อนของตัวอาคารเป็นผลมาจากสมการการถ่ายเทความร้อนสามารถแสดงได้ในรูปแบบวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วย ชุดความต้านทานและตัวเก็บประจุ [2, 3] ค่าความสามารถในการเก็บประจุนั้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณอากาศภายในอาคาร และความสามารถในการนำความร้อนและเก็บความร้อนของวัสดุ ค่าความต้านทานจะแสดงวัสดุหุ้มฉนวนของอาคาร เช่น หลังคา ,ผนัง, หน้าต่าง และรูปแบบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใน ขนาดของอาคารจะถูกนำมาใช้ในการหาพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าการนำความร้อน, ค่าความเป็นฉนวนของวัสดุ ฯลฯ รวมถึงพื้น,ของตกแต่งภายใน,เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ ซึ่งจะเห็นว่าค่าอุณหภูมิและค่าความร้อนในแบบจำลองทางความร้อนนั้นจะสัมพันธ์กับแรงดันและกระแสในวงจรไฟฟ้าตามลำดับ เพื่อความสะดวกในการใช้งานระบบปรับอากาศ งานวิจัยนี้จะสร้างเป็นแบบจำลอง โดยเปรียบเสมือนให้ค่าความร้อนเป็นตัวต้านทาน โดยใช้ MATLAB Simulink ดังแสดงในรูปที่ 3.7-3.9

แบบจำลองการทำงานระบบเครื่องปรับอากาศถูกดัดแปลงจากแบบจำลองทางความร้อนภายในบ้านด้วยเครื่องทำความร้อน [4] แบบจำลองสามารถอธิบายได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right) = (T_{in} - T_{aircon}) \cdot \dot{M} \cdot c \tag{3.1}$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{losses} = Q_{external} + Q_{internal} + Q_{ventilation} \tag{3.2}$$

$$\frac{dT_{in}}{dt} = \frac{1}{M_{air}.c}\left(\frac{dQ_{losses}}{dt} - \frac{dQ_{aircon}}{dt}\right) \tag{3.3}$$

โดยที่ $\frac{dQ}{dt}$ คือ การไหลของความร้อนจากเครื่องปรับอากาศเข้าในห้อง หน่วย จูลต่อชั่วโมง

$Q_{external}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร หน่วย กิโลวัตต์

$Q_{internal}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร หน่วย กิโลวัตต์

$Q_{ventilation}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น หน่วย กิโลวัตต์

M_{air} คือ มวลของอากาศในห้อง หน่วย กิโลกรัม

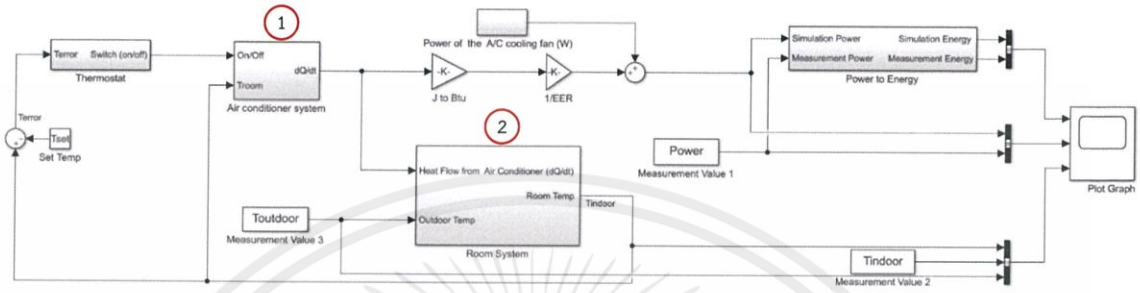
c คือ ความจุความร้อนจำเพาะ หน่วย จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน

T_i คือ อุณหภูมิภายในห้อง หน่วย องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

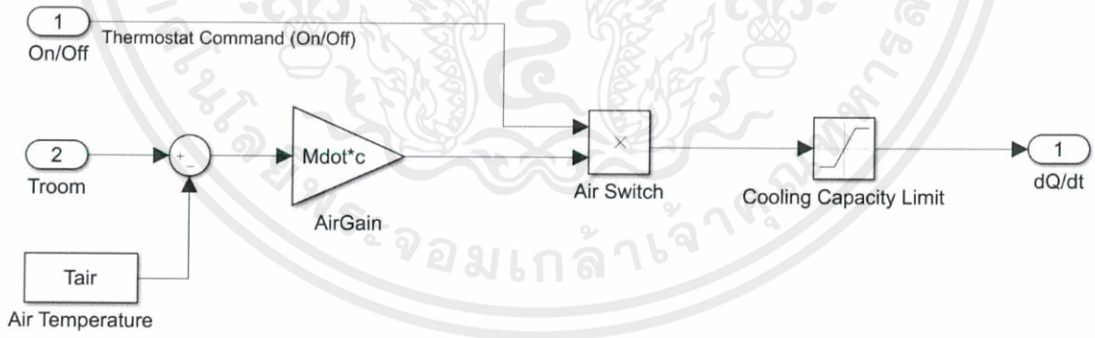
$\dot{M}$ คือ อัตราการไหลโดยมวล หน่วย กิโลกรัมต่อวินาที

T_{aircon} คือ อุณหภูมิของอากาศเย็นจากเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส



รูปที่ 3.7 ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง

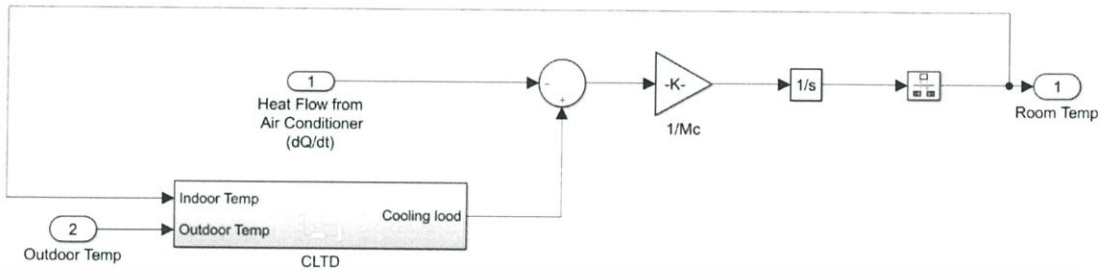
จากรูปที่ 3.7 ในหมายเลขที่ 1 แสดงถึงระบบย่อยการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และหมายเลขที่ 2 แสดงถึงระบบย่อยของห้องทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยมีค่าอินพุต คืออุณหภูมิที่ตั้งค่าเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิภายในจากการวัด อุณหภูมิภายนอกจากการวัด และกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากการวัด เมื่อผ่านวงจรตรรกะจะได้ค่าเอาต์พุต คือ อุณหภูมิภายในจากแบบจำลอง กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากแบบจำลอง และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากแบบจำลอง



รูปที่ 3.8 ระบบย่อยการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

จากรูปที่ 3.8 มีค่าอินพุต คือ คำสั่งเปิดปิดคอมเพสเซอร์ อุณหภูมิภายในจากแบบจำลอง และอุณหภูมิลมที่ออกจากคอยล์เย็น เมื่อผ่านวงจรตรรกะจะได้ค่าเอาต์พุต คือการถ่ายเทความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ระบบย่อยของห้องทดลอง

จากรูปที่ 3.9 มีค่าอินพุต คือ อุณหภูมิภายนอกจากการวัด และการถ่ายเทความร้อนจากเครื่องปรับอากาศ เมื่อผ่านวงจรตรรกะจะได้ค่าเอาต์พุต คืออุณหภูมิภายในจากแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของแบบจำลองเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศทั่วไปจะทำงานเต็มพิกัดในช่วงเริ่มเปิดทำงาน ในช่วงแรกที่ต้องทำความเย็นเต็มพิกัดเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องลงให้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ จากนั้นเครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิภายในห้องให้มีค่าต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยใช้การทำงานของคอมเพรสเซอร์ และการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัทที่จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน เมื่ออุณหภูมิภายในห้องมีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ 2 °C เทอร์โมสตัทจะควบคุมให้คอมเพรสเซอร์ตัดการทำงาน จากนั้นจะหน่วงเวลาเป็นเวลา 3 นาที ก่อนจะให้คอมเพรสเซอร์ต่อการทำงานอีกครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้คอมเพรสเซอร์มีการทำงานแบบทันทีทันใด เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายแก่คอมเพรสเซอร์ได้ การทำงานของคอมเพรสเซอร์ทำให้เกิดปัญหาไฟกระชาก และการเริ่มต้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละครั้งต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมาก ในช่วงเวลาระหว่างวันหากผู้ใช้เครื่องปรับอากาศมีความจำเป็นที่จะต้องออกไปจากห้องและทำการปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อผู้ใช้กลับเข้ามาที่ห้องอีกครั้งและเริ่มการทำงานเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อทำอุณหภูมิภายในห้องให้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงมีประเด็นถกเถียงกันว่า ควรปิดแอร์ในช่วงเวลาพักกลางวันหรือไม่

4.2 การตรวจสอบแบบจำลอง

โปรแกรม MATLAB สามารถจำลอง ทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบพลศาสตร์ ในเชิงเวลา ได้โดยการใช้ Simulink ซึ่งเป็นเครื่องมือ Toolbox ที่อยู่ในโปรแกรม MATLAB โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพ (GUI) ของ Simulink เท่านั้น คำว่า Simulink มาจากคำสองคำ คือ Simulation และ Link การใช้งาน Simulink จะกระทำโดยการนำ Block ในหน้าต่าง Library-Simulink มาต่อกันตามที่ต้องการ และสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้น ไม่เป็นเชิงเส้น ระบบเวลาต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยเปลี่ยนอินพุต

การตรวจสอบแบบจำลองโดยการทดลองเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริงจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี แต่ละกรณีจะกำหนดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศแตกต่างกัน และแต่ละกรณีจะทำการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิภายนอก, อุณหภูมิภายในของห้องทดสอบ PW202 และค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในของห้องทดสอบ โดยเครื่องปรับอากาศจะมีเวลาการทำงานตั้งแต่ 09.00 - 16.00 น. และมีการปิดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 12.00 – 13.00 น. ในแต่ละวัน ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นจะนำผลการทดลองวัดอุณหภูมิภายนอกที่

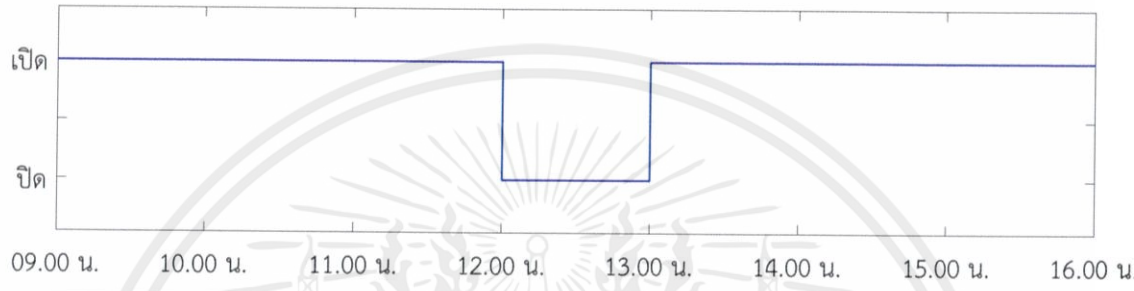
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มาใช้จำลองหาค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศและค่าอุณหภูมิภายในห้องทดสอบ ผ่านโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าที่ได้จากการจำลองกับค่าวัดจริง

กรณีที่ 1 ตั้งอุณหภูมิภายในห้อง 26 °C

กรณีที่ 2 ตั้งอุณหภูมิภายในห้อง 27 °C

กรณีที่ 3 ตั้งอุณหภูมิภายในห้อง 28 °C



รูปที่ 4.1 ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

จากการวัดค่าอุณหภูมิภายนอกในแต่ละกรณี พบว่ามีค่าเฉลี่ยของอุณภูมิภายนอก แสดงดังตารางที่ 4.1

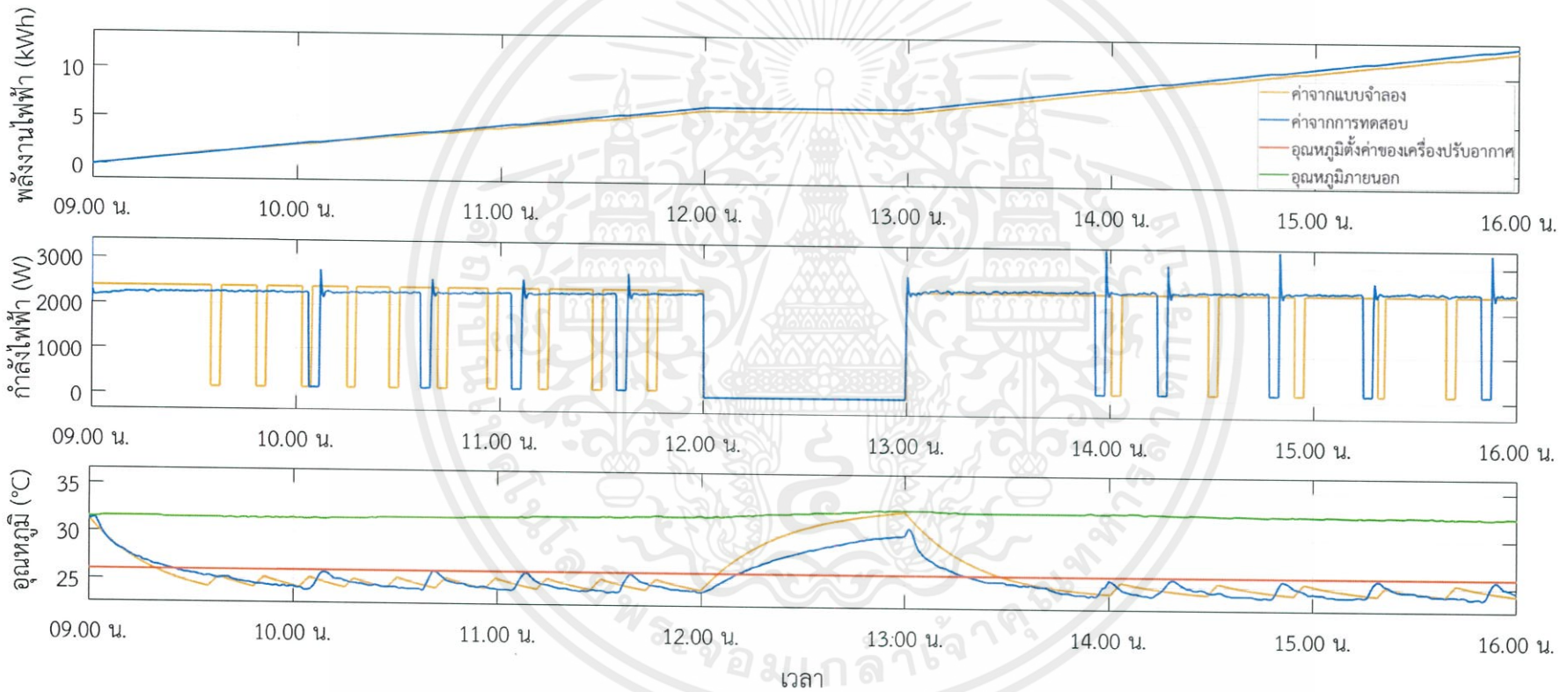
ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยในแต่ละวันที่ทำการทดลอง

กรณีที่ใช้ทำการทดลอง	วันที่	ค่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย (°C)
กรณีที่ 1	11 เมษายน พ.ศ. 2562	32.12
กรณีที่ 2	10 เมษายน พ.ศ. 2562	32.32
กรณีที่ 3	14 เมษายน พ.ศ. 2562	31.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 °C

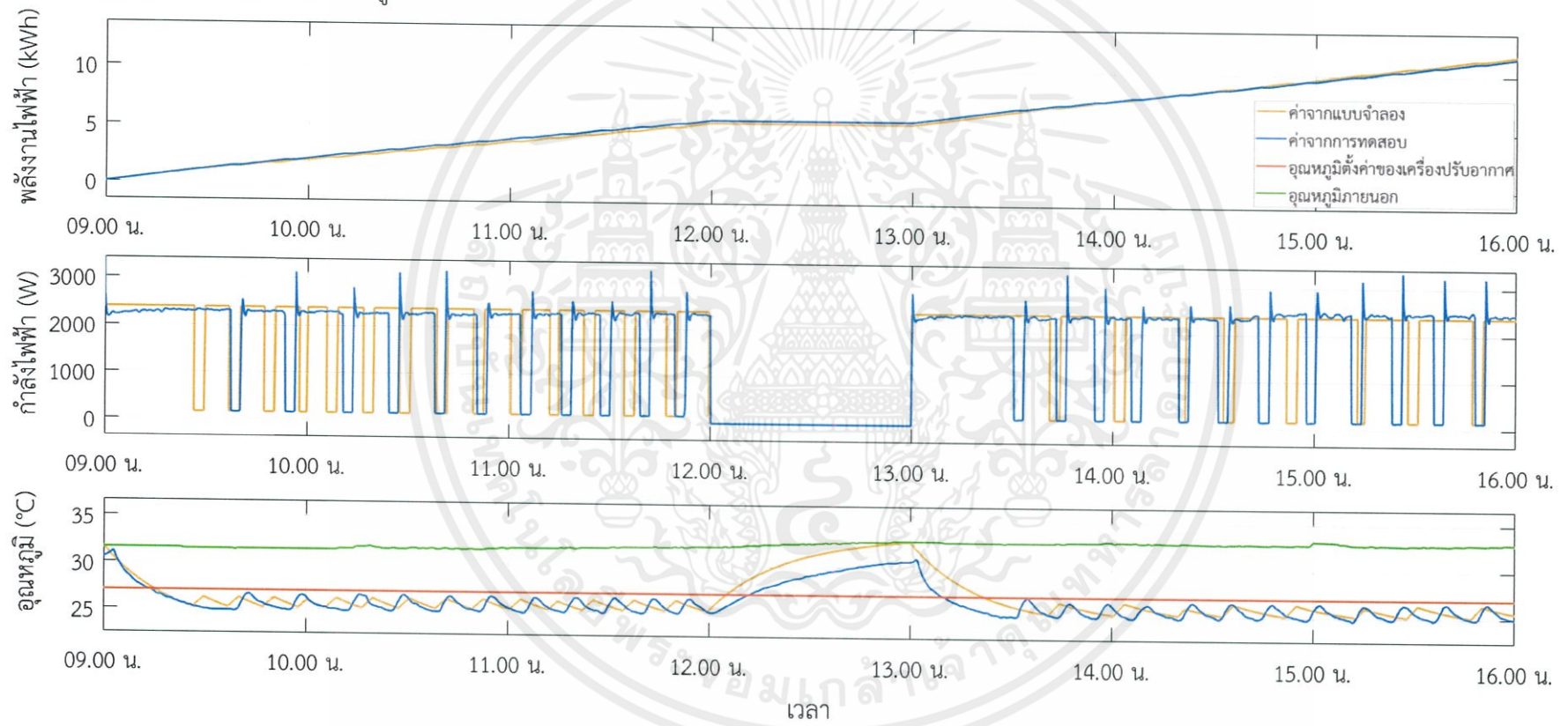
ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าจากการจำลองและค่าจากการวัดจริง เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 °C โดยทำการทดลองวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2562 แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 1 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 26 °C

4.2.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 °C

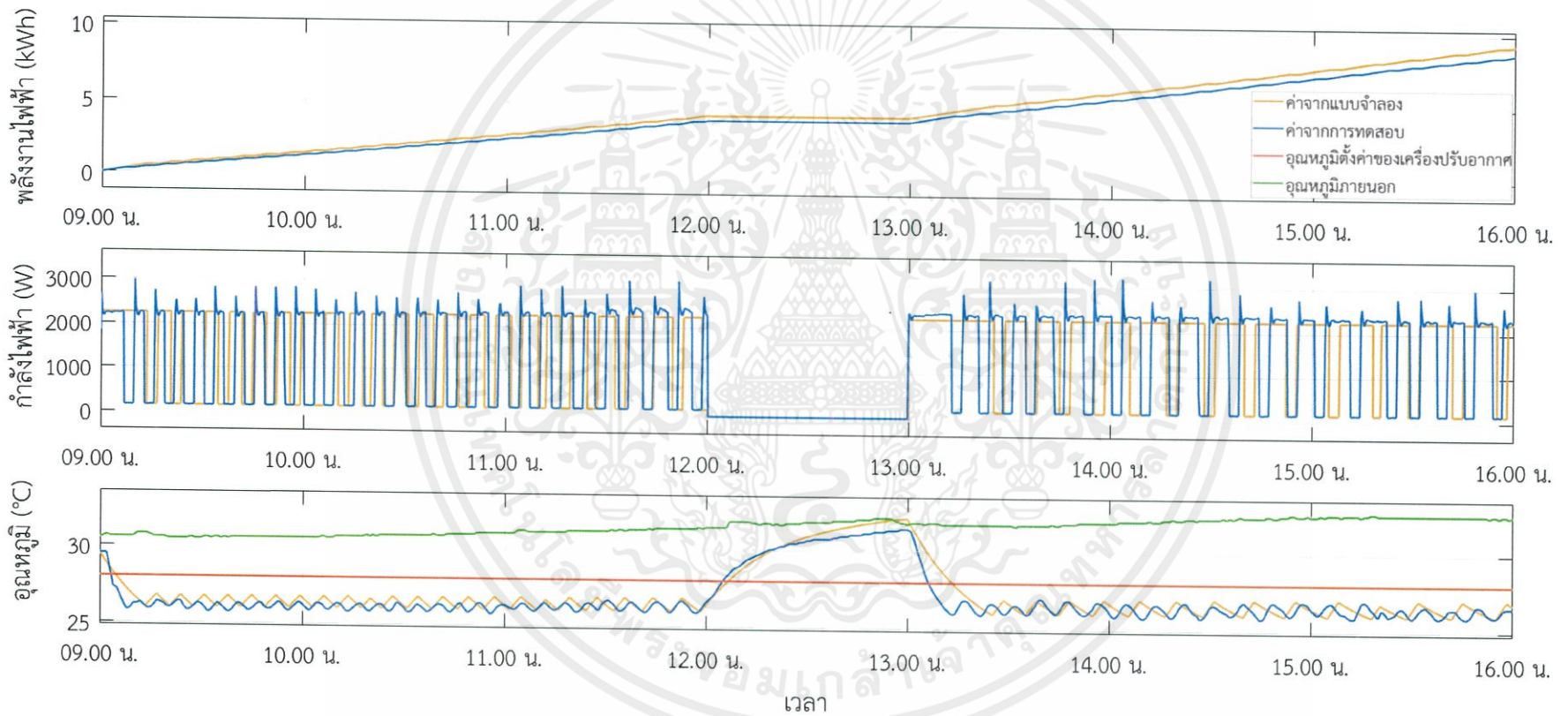
ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าจากการจำลองและค่าจากการวัดจริง เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 °C โดยทำการทดลองวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2562 แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 2 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 °C

4.2.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3 เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 28 °C

ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าจากการจำลองและค่าจากการวัดจริง เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 28 °C โดยทำการทดลองวันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2562 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองและผลจากการทดสอบ กรณีที่ 3 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 28 °C

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริงทั้ง 3 กรณี

จากรูปผลการทดลองทั้ง 3 กรณี จะแสดงกราฟเป็น 3 ส่วน ในส่วนแรกจะแสดงถึงค่าพลังงานจากการจำลอง และวัดจริง ที่เครื่องปรับอากาศทำงาน ส่วนที่ 2 แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากการจำลอง และวัดจริง ทำให้เห็นถึงการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศได้อย่างชัดเจน จากกราฟจะเห็นว่าหากคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศไม่ทำงาน แต่จะยังมีพัดลมของคอยล์เย็นในเครื่องปรับอากาศทำงานอยู่ซึ่งกำลังไฟฟ้าจะลดลงมีค่ากำลังไฟฟ้าประมาณ 149.1 วัตต์ และส่วนที่ 3 จะเป็นการแสดงค่าอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิที่ตั้งค่าเครื่องปรับอากาศ และอุณหภูมิภายในห้องทั้งจากการจำลอง และวัดจริง จะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการทดลองตั้งแต่เวลา 09:00-16:00น.

จากผลการทดลองทั้ง 3 กรณี พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าแตกต่างจากค่าทดลองวัดจริง ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริงทั้ง 3 กรณี

		ค่าจากการทดสอบ	ค่าจากแบบจำลอง	ค่าความแตกต่าง (%)
กรณีที่ 1	ค่าอุณหภูมิภายในเฉลี่ย (°C)	25.43	25.86	-1.69
	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	13.09	12.66	3.28
กรณีที่ 2	ค่าอุณหภูมิภายในเฉลี่ย (°C)	26.19	26.68	-1.87
	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	11.53	11.71	-1.56
กรณีที่ 3	ค่าอุณหภูมิภายในเฉลี่ย (°C)	26.87	26.99	-0.45
	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	8.74	9.53	-9.04

4.2.5 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองและค่าจากการวัดจริง

จากตารางที่ 4.1 ที่อุณหภูมิภายนอกเดียวกัน เมื่อทำการจำลองค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศของห้อง PW202 พบว่ามีผลใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจริง โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 10\%$ และเมื่อทำการจำลองค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในของห้อง PW202 พบว่ามีผลใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยจากการวัดอุณหภูมิภายในของห้องนั้น โดยมีค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 5\%$ โดยค่าความแตกต่างนี้เกิดจากความละเอียดของค่าตัวแปรต่างที่นำมาใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

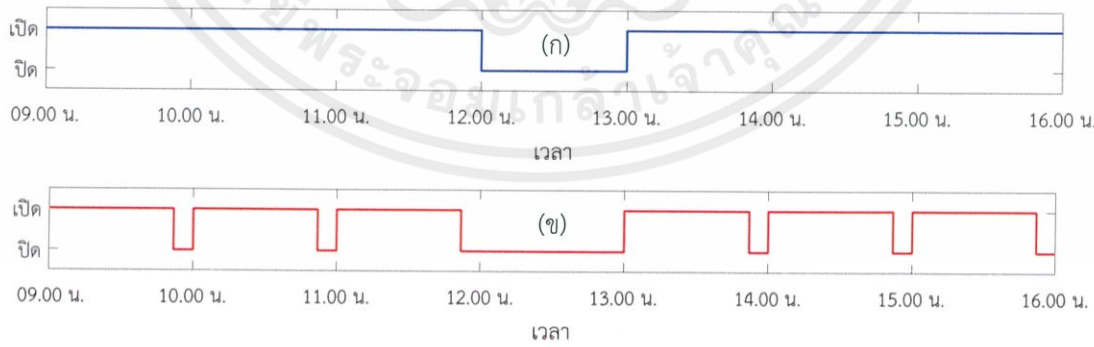
การจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของห้องโดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink นี้ สามารถใช้งานได้และมีผลแตกต่างจากค่าจริงไม่เกิน ±5% เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็น 26 °C (กรณีที่ 1)

4.3 การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศของห้อง PW202 เพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink

ผลการทดลองปิดเครื่องปรับอากาศแบ่งออกเป็น 7 กรณี โดยปิดตั้งแต่ 5 นาที จนถึง 10 นาที (แต่ละกรณีเพิ่มทีละ 1 นาที) ทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยเปิดตามเวลาทำการตั้งแต่ 09.00 - 16.00 น. การวัดอุณหภูมิไม่พิจารณา ช่วงพักกลางวันเนื่องจากไม่มีผู้ที่อยู่ภายในห้อง และช่วงเริ่มทำงานของเครื่องปรับอากาศเนื่องจากเป็นช่วงที่อุณหภูมิยังไม่สามารถควบคุมได้โดยเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 1 ทำการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศตามเวลาทำการ
กรณีที่ 2 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 5 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 3 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 6 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 4 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 7 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 5 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 6 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 9 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 7 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 10 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง

โดยการทดลองนี้เพื่อหาระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่มากที่สุดที่ยังคงทำให้อุณหภูมิภายในห้องไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส



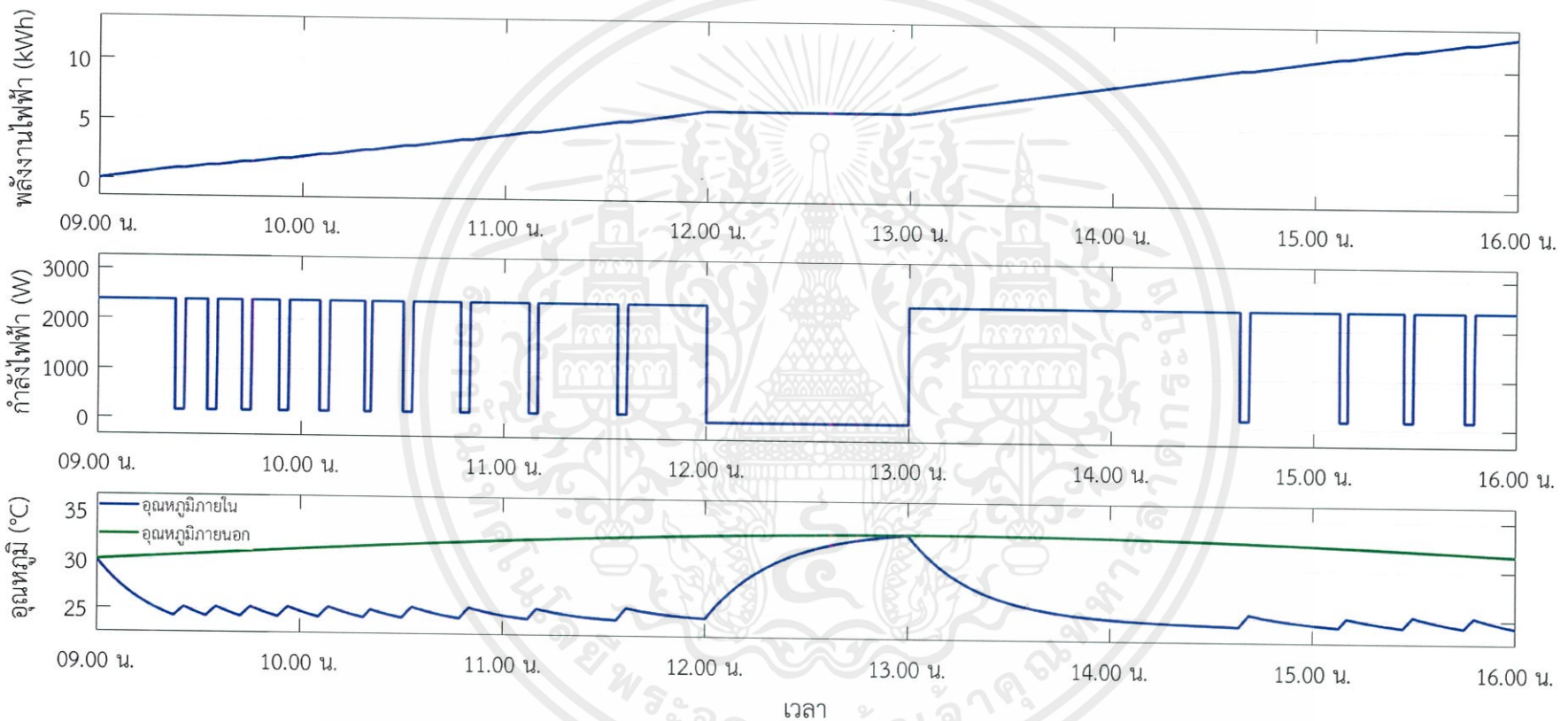
รูปที่ 4.5 ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในการทดลอง (ก) เปิดใช้งานตามเวลาทำการ (กรณีที่ 1) (ข) ปิดใช้งานในระยะเวลาที่แตกต่างกันทุกๆ 1 ชั่วโมง (กรณีที่ 2-7)จากการจำลองการปิด

โดยการทดลองนี้เพื่อหาระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่มากที่สุดที่ยังคงทำให้อุณหภูมิถายในห้องไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการทดลองของกรณีที่ 1 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ

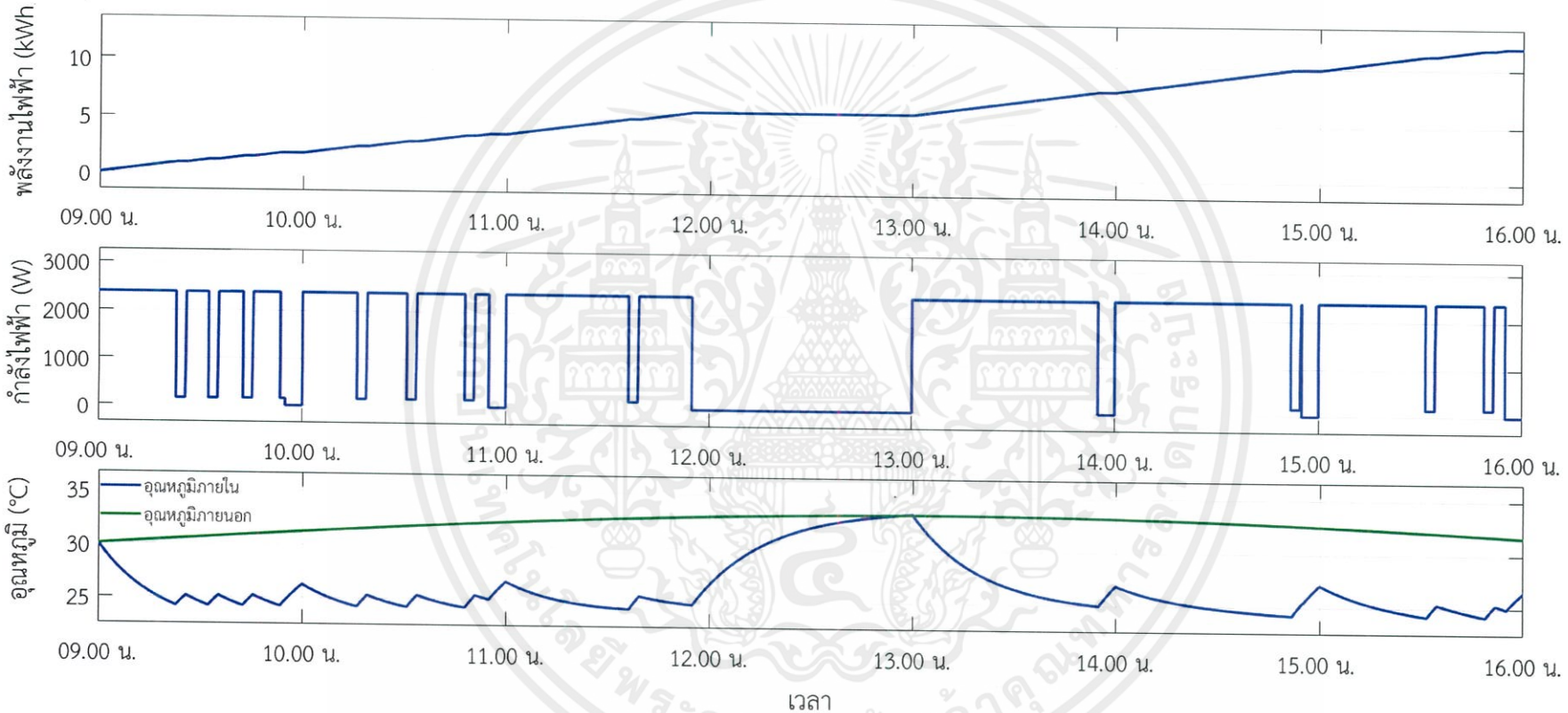
แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 1

4.3.2 ผลการทดลองของกรณีที่ 2 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 5 นาที ทุกๆ ชั่วโมง

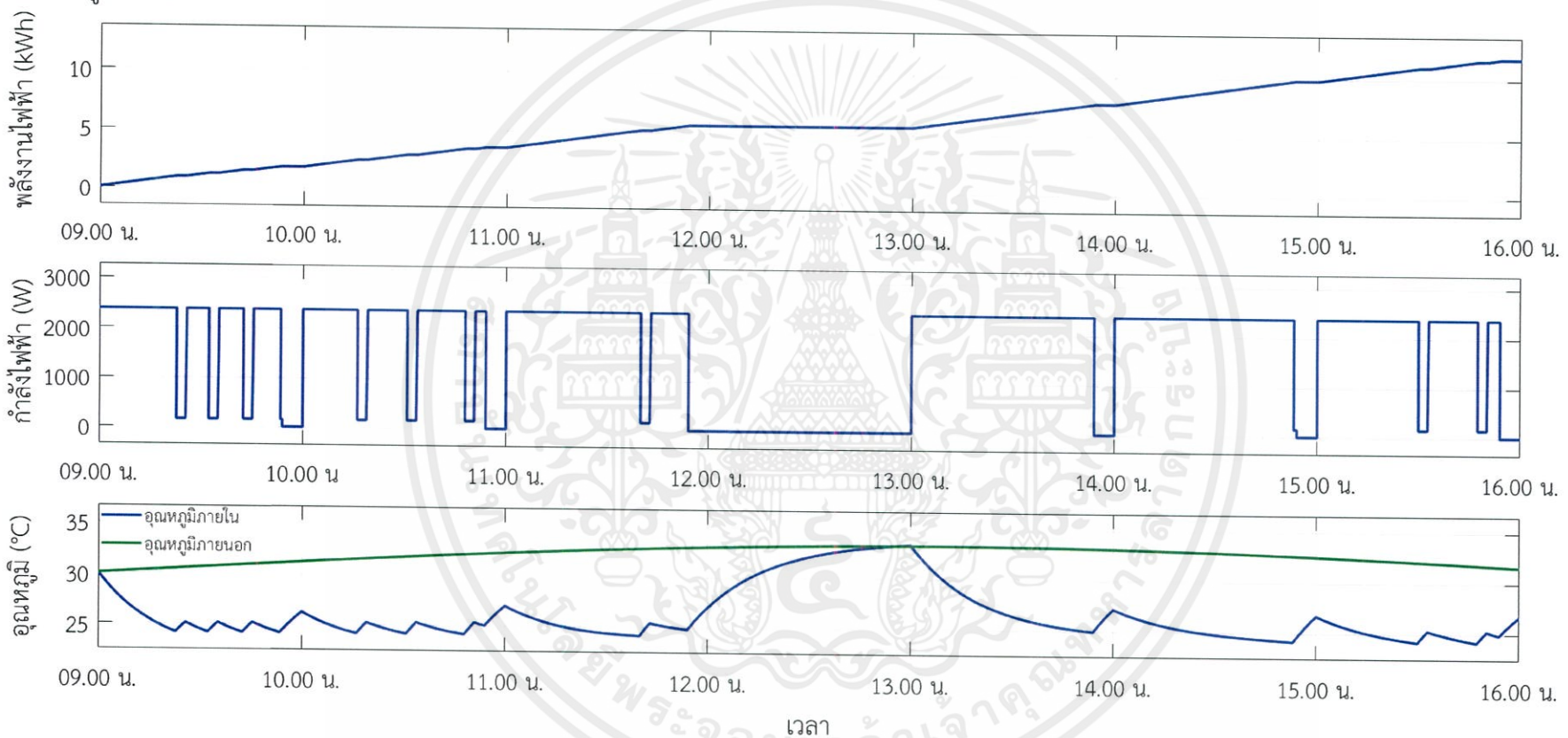
แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 2

4.3.3 ผลการทดลองของกรณีที่ 3 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 6 นาที ทุกๆ ชั่วโมง

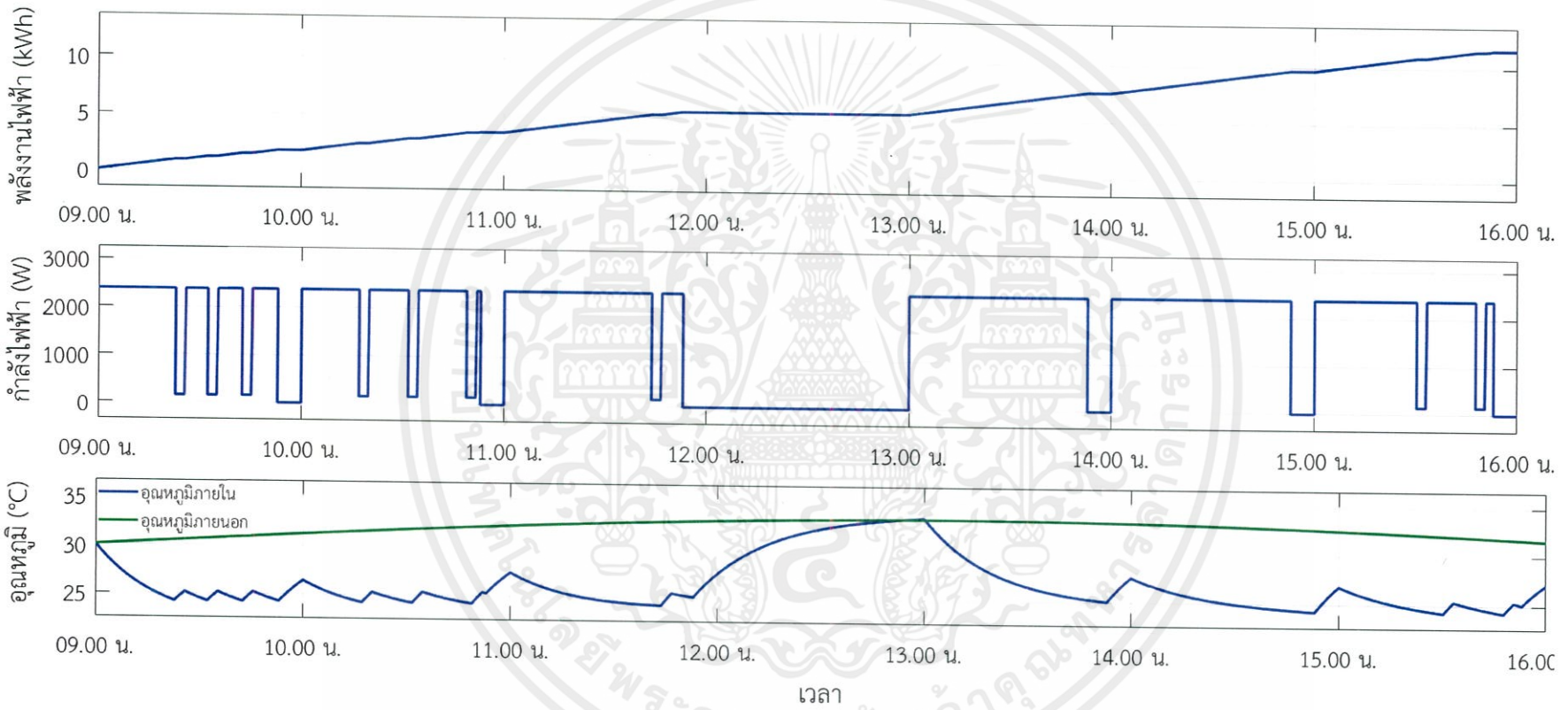
แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 3

4.3.4 ผลการทดลองของกรณีที่ 4 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 7 นาที ทุกๆ ชั่วโมง

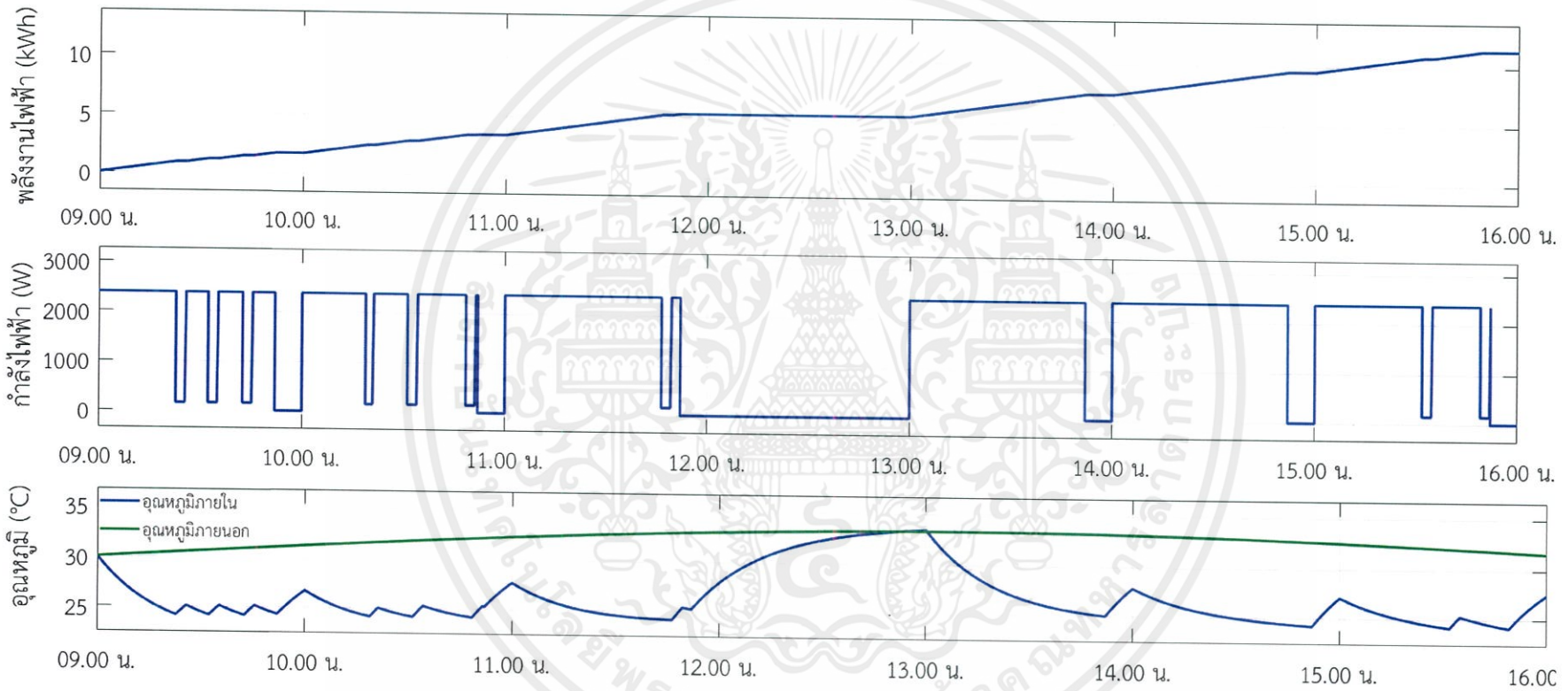
แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 4

4.3.5 ผลการทดลองของกรณีที่ 5 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆ ชั่วโมง

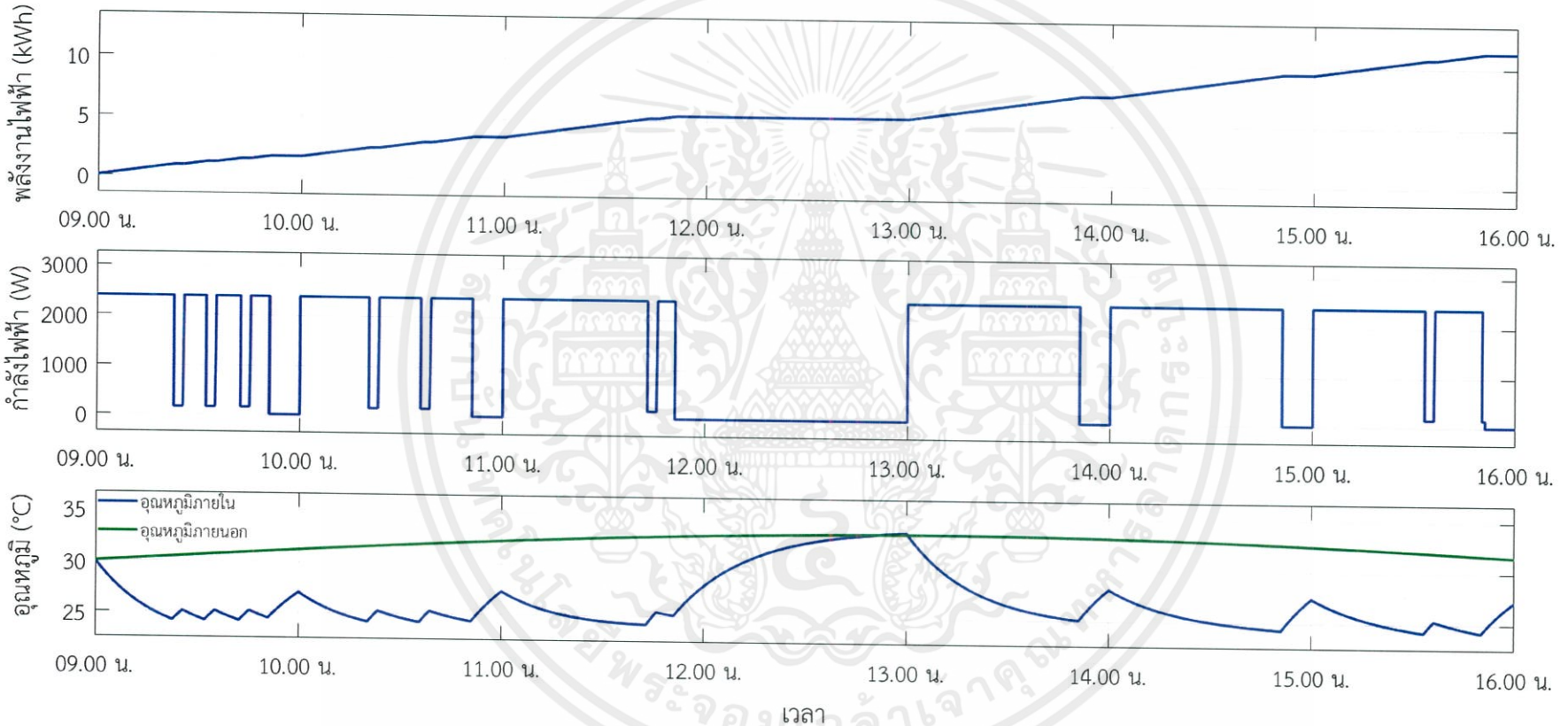
แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 5

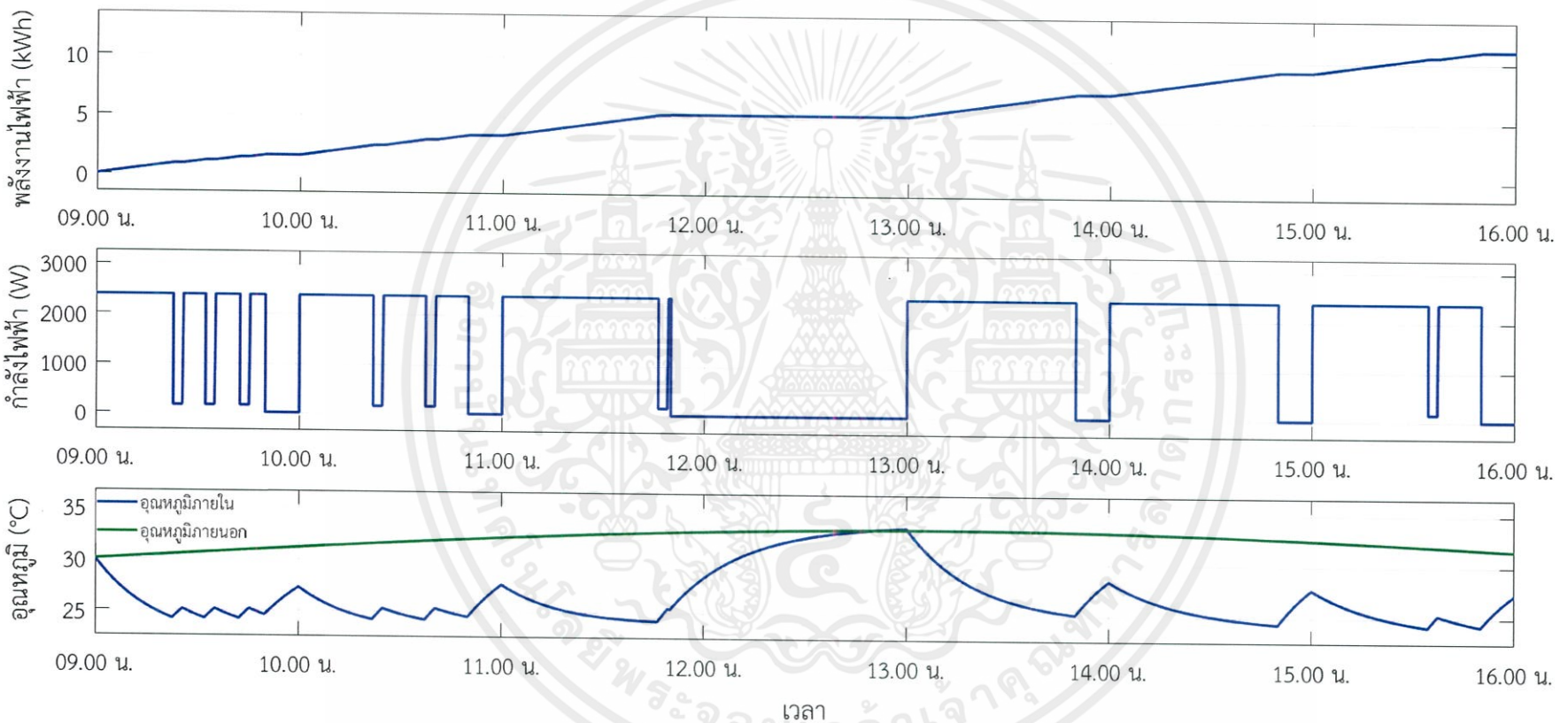
4.3.6 ผลการทดลองของกรณีที่ 6 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 9 นาที ทุกๆ ชั่วโมง

แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 6

4.3.7 ผลการทดลองของกรณีที่ 7 การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยปิดเครื่องปรับอากาศ 10 นาที ทุกๆ ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 7

จากรูปที่ 4.6 - 4.12 เป็นข้อมูลการบันทึกผลช่วงของอุณหภูมิจากแบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศในแต่ละกรณี สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ช่วงอุณหภูมิภายในและค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในวันที่ทำการหาค่าจากการจำลอง

กรณีที่ใช้ทำการทดลอง	เวลาปิดเครื่องปรับอากาศ (นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)			พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (%)
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	
กรณีที่ 1	ไม่ปิด	12.76	24.63	25.46	24.20	-
กรณีที่ 2	5	12.08	25.34	26.88	24.20	5.33
กรณีที่ 3	6	11.92	25.52	27.24	24.20	6.58
กรณีที่ 4	7	11.72	25.69	27.58	24.20	8.15
กรณีที่ 5	8	11.60	25.81	27.82	24.20	9.09
กรณีที่ 6	9	11.51	26.01	28.19	24.20	9.80
กรณีที่ 7	10	11.27	26.14	28.49	24.20	11.68

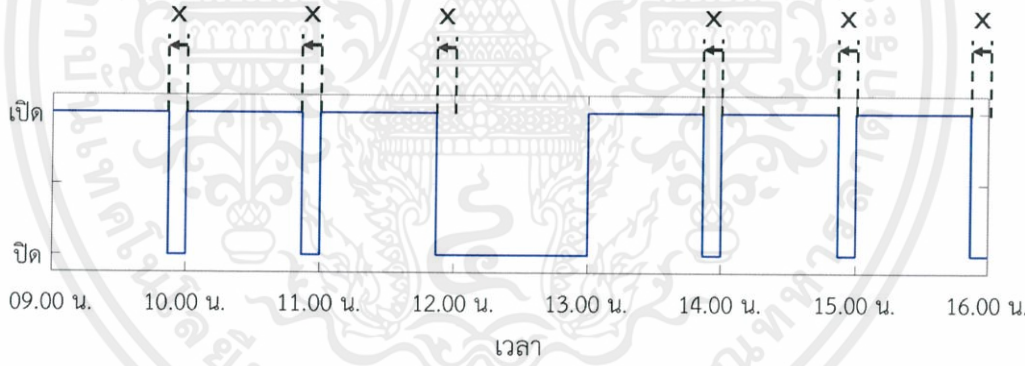
จากการจำลองการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในแต่ละกรณี จะพบว่าหากยิ่งปิดเครื่องปรับอากาศนานมากขึ้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก็จะน้อยลง แต่อุณหภูมิภายในก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่ากรณีที่ 2-5 อุณหภูมิภายในห้องขณะปิดเครื่องปรับอากาศจะยังอยู่ในช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน (comfort zone) คือ ช่วงตั้งแต่ 20 – 28 องศาเซลเซียส [7] [10] และกรณีที่ 6-7 ถึงแม้ว่าจะประหยัดพลังงานได้มากกว่า แต่อุณหภูมิภายในห้องขณะปิดเครื่องปรับอากาศจะเกินช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน ดังนั้นจะพบว่าระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในกรณีที่ที่เหมาะสมที่สุดทั้งเรื่องประหยัดพลังงาน และอุณหภูมิภายในห้องที่ยังอยู่ในช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน คือ 8 นาที ปิดทุกๆ 1 ชั่วโมง ของกรณีที่ 5 เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 ที่ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 9.09 ของพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ และเนื่องจากผลของค่าอุณหภูมิภายในที่สูงที่สุดอยู่ที่ 27.82 องศาเซลเซียส ยังอยู่ในช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน ดังนั้นจะบอกได้ว่า การจำลองเครื่องปรับอากาศของห้องทดลองในโปรแกรม MATLAB Simulink สามารถนำไปทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของห้องอื่นๆได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ และลักษณะของห้อง สำหรับห้องอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยใช้การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink

การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน จะทำการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศในโปรแกรม MATLAB Simulink โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ภายในของห้องเป็นพารามิเตอร์ของห้อง PW-202 และทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของเครื่องปรับอากาศเป็นขนาด 36,000 บีทียูต่อชั่วโมง เพราะต้องการให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ในกรณีที่มีภาระทำความเย็นในปริมาณมาก มีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่อุณหภูมิ 30 - 40 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขึ้นทีละ 1 องศาเซลเซียส และค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่อุณหภูมิ 20 – 28 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มขึ้นทีละ 1 องศาเซลเซียส เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศของแต่ละค่าอุณหภูมิภายนอกและแต่ละค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ

ในการทดลองจะกำหนดระยะเวลาการปิดของเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา x นาที ดังรูปที่ 4.13 โดยกำหนดให้ x มีค่าเป็น 0, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 นาที ตามลำดับ เพื่อหาระยะเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยที่อุณหภูมิภายในของห้องมีค่าอุณหภูมิไม่เกินสภาวะความสบาย (อุณหภูมิภายในไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 4.13 ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศในการทดลอง 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน

ผลการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยอุณหภูมิภายในของห้องไม่เกินสภาวะความสบาย (อุณหภูมิภายในไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส) แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระยะเวลาที่เหมาะสม (นาที) ในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยอุณหภูมิภายในของห้องไม่เกินสภาวะความสบาย

อุณหภูมิภายนอก (°C) / อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	24	20	16	12	10	8	6	4	4	0	0
21	24	20	16	12	10	8	6	4	4	0	0
22	24	20	16	12	10	8	6	4	4	0	0
23	24	18	14	12	10	8	6	4	4	0	0
24	22	18	14	12	10	8	6	4	4	0	0
25	20	16	12	12	10	8	6	4	4	0	0
26	18	14	12	10	8	8	6	4	4	0	0
27	12	10	8	6	6	6	4	4	4	0	0
28	10	6	6	4	4	4	0	0	0	0	0

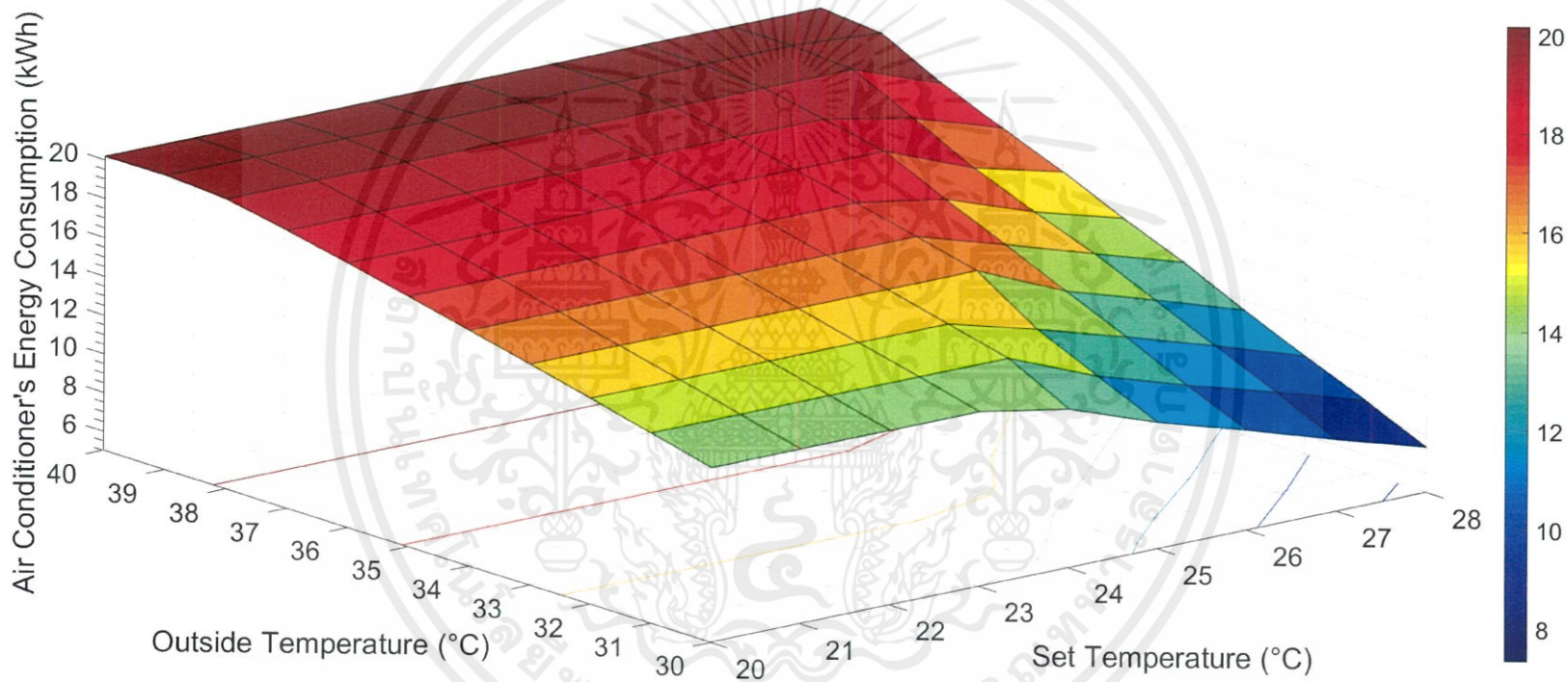
4.4.2 ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงานปกติ

ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงานปกติ คือ มีการทำงานดังรูปที่ 4.1 พบว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการทำงานปกติ

อุณหภูมิภายนอก (°C) / อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	14.024	14.834	15.632	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
21	14.024	14.834	15.632	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
22	14.024	14.834	15.632	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
23	14.024	14.834	15.632	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
24	13.186	14.834	15.632	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
25	11.528	12.935	14.393	16.416	17.184	17.931	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
26	10.158	11.490	13.020	14.400	15.798	17.152	18.653	19.337	19.954	20.180	20.180
27	8.694	10.170	11.584	12.967	14.365	15.533	16.815	18.421	19.954	20.180	20.180
28	7.329	8.765	10.089	11.472	12.944	14.224	15.638	16.933	18.255	19.859	20.180

สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ได้ ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเมื่อเครื่องปรับอากาศทำงานปกติ

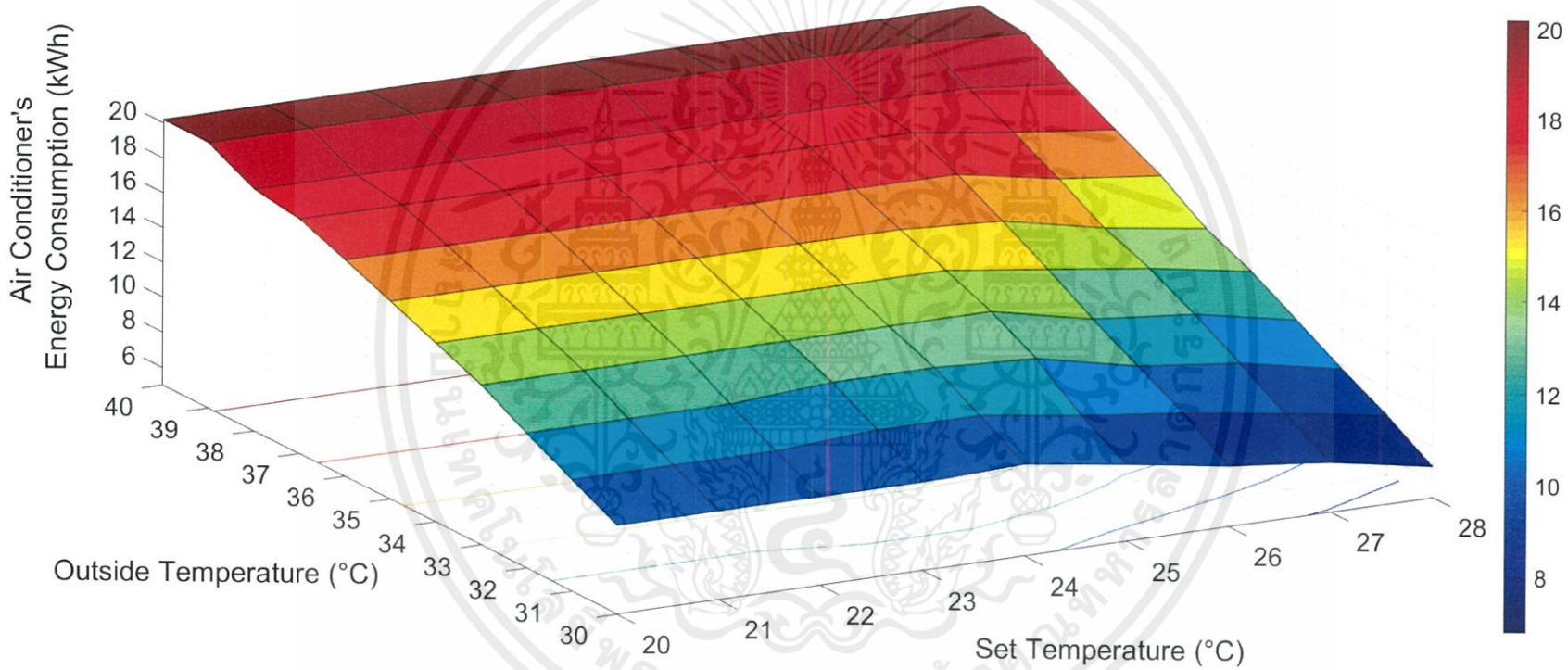
4.4.3 ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม

ผลการทดลองเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม พบว่าเครื่องปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม

อุณหภูมิภายนอก (°C) / อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	10.057	11.382	12.767	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
21	10.057	11.382	12.767	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
22	10.057	11.382	12.767	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
23	10.057	11.780	13.177	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
24	10.264	11.780	13.177	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
25	9.412	10.941	12.861	14.206	15.251	16.309	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
26	8.479	10.262	11.609	12.944	14.496	15.979	17.373	18.427	18.835	20.180	20.180
27	7.868	9.386	10.932	12.377	13.708	14.748	16.280	17.615	18.835	20.180	20.180
28	6.780	8.440	9.780	11.224	12.701	13.878	15.638	16.933	18.255	19.859	20.180

สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ได้ ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศต่อค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม

4.4.4 ผลการประหยัดเมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม สามารถหาผลการประหยัดพลังงานได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการประหยัดพลังงาน (%) เมื่อเครื่องปรับอากาศมีการปิดการทำงานในระยะเวลาที่เหมาะสม

อุณหภูมิภายนอก (°C) / อุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	28.29	23.27	18.33	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
21	28.29	23.27	18.33	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
22	28.29	23.27	18.33	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
23	28.29	20.59	15.70	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
24	22.16	20.59	15.70	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
25	18.35	15.41	10.65	13.46	11.25	9.05	6.86	4.70	5.61	0	0
26	16.53	10.69	10.84	10.11	8.24	6.84	6.86	4.70	5.61	0	0
27	9.50	7.71	5.62	4.55	4.57	5.05	3.18	4.37	5.61	0	0
28	7.49	3.71	3.06	2.17	1.87	2.43	0	0	0	0	0

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในอาคาร ปริมาณไฟฟ้าร้อยละ 60 - 80 เกิดจากการใช้เครื่องปรับอากาศ ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความสบายของผู้ใช้งาน โดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink มาใช้ในการจำลองระบบเครื่องปรับอากาศ หาค่าการใช้พลังงาน และอุณหภูมิภายในห้องจากการจำลองเปรียบเทียบกับการทดลองจริง ให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ใช้ในการทำนายผลที่เกิดขึ้น จากการปิดใช้งานระยะเวลาต่างๆกัน เลือกผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดในการประหยัดพลังงานและยังคงความรู้สึกสบายแก่ผู้ใช้งาน

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์และจำลองระบบปรับอากาศสำหรับห้องทดลอง

การทดลองเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่กำหนด โดยมีกรณีการทดลองทั้งหมด 7 กรณี

กรณีที่ 1 ทำการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศตามเวลาทำการ
กรณีที่ 2 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 5 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 3 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 6 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 4 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 7 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 5 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 6 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 9 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง
กรณีที่ 7 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 10 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง

ในแต่ละกรณี จะพบว่าระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมที่สุด คือ กรณีที่ 5 ปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวันมีการประหยัดพลังงานมากที่สุด โดยไม่เกินช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน (comfort zone) คือมีอุณหภูมิภายในไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส ถ้าปิดการใช้งานมากกว่า 8 นาที จะไม่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบาย แม้ว่า ร้อยละของพลังงานที่ประหยัดได้จะมากก็ตาม ดังนั้นจะบอกได้ว่า การจำลองเครื่องปรับอากาศของห้องทดลองในโปรแกรม MATLAB Simulink สามารถนำไปทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของห้องอื่นๆได้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการปิดที่ได้จากโครงงานนี้ ไม่สามารถนำไปใช้กับห้องอื่นๆได้ สำหรับมาตรการปิดเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเหตุผลปัจจัยต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน เช่น ขนาด BTUของเครื่องปรับอากาศ อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ รวมถึงขนาดของห้อง ที่ส่งผลต่อค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการ simulation ในโปรแกรม MATLAB Simulink ผู้ศึกษาจึงต้อง ทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรใหม่ทุกครั้ง สำหรับใช้ในการ simulation เพื่อใช้ในการทำนายผลของห้องทดลองใหม่อยู่เสมอ

5.1.2 สรุปมาตรการสำหรับห้องทดลอง PW202

จากผลการวิเคราะห์และการจำลองระบบเครื่องปรับอากาศสามารถนำมาเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับห้องทดลอง PW202

สรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ 5 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ขนาด 26,100 บีทียูต่อชั่วโมง ภายในห้องขนาด 26.14 ตารางเมตร สูง 2.75 เมตร เป็นเวลา 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน..... 11.60 .....กิโลวัตต์ชั่วโมง
อุณหภูมิภายในสูงสุด..... 27.82 .....องศาเซลเซียส
อุณหภูมิภายในต่ำสุด..... 24.20 .....องศาเซลเซียส
อุณหภูมิภายในเฉลี่ย..... 25.81 .....องศาเซลเซียส
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้..... 9.09 .....เปอร์เซ็นต์

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

จากการดำเนินการทดลองตลอดโครงการวิจัย มีข้อเสนอแนะและปัญหาดังนี้

1. ปัญหาจากกการคำนวณค่าพลังงานโดยสมการนั้น จำเป็นต้องทราบขนาดของห้องทดลอง ค่าความต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกของห้องทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์บังแดด ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุทุกชนิดในกำแพง, เพดาน และกระจก เพื่อนำมาคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร หากไม่ทราบค่าวัสดุจริงที่ใช้ อาจทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณค่าพลังงานโดยสมการเกิดความคลาดเคลื่อนได้ จึงจำเป็นต้องนำการทดลองจริงมาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากสมการ เพื่อให้ได้ค่าพลังงานที่คำนวณมีความถูกต้องมากที่สุด

2. ปัญหาด้านสภาพอากาศนั้นเป็นสิ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานอย่างมาก เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่ออุณหภูมิภายนอกมีค่าสูงจะทำให้การใช้พลังงานมีค่าสูงมากกว่าอุณหภูมิภายนอกต่ำ เพราะเครื่องปรับอากาศจะทำงานหนักขึ้นในการลดอุณหภูมิภายในให้อยู่สภาวะสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงงานนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งในนำการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยวิธี Cooling Load Temperature Differential หรือ CLTD เพื่อใช้ในการจำลองระบบปรับอากาศของห้องทดลอง ใน MATLAB Simulink ซึ่งในปัจจุบันการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมีหลายวิธี เช่น วิธี Total Equivalent Temperature Differential หรือ TETD, วิธี Transfer Function Method, วิธี Heat Balance Method และวิธี Radiant Time Series (RTS) Method เป็นต้น

โครงงานนี้ ได้ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของแต่ละห้องที่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และเห็นว่าควรใช้ วิธี Radiant Time Series (RTS) Method เนื่องจากให้มีความแม่นยำมากขึ้น อีกทั้ง แบบจำลองยังสามารถนำไปดัดแปลงแก้ไขให้สามารถใช้กับเครื่องปรับอากาศชนิดอินเวอร์เตอร์ได้ หรือแม้แต่นำแบบจำลองไปใช้กับห้องทดลองที่มีจำนวนเครื่องปรับอากาศมากขึ้น เพื่อเป็นแนวคิดในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วัฒนา จำเริญ, การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยการล้างเครื่องปรับอากาศ, **รายงานวิชาการสำนักงานบริหารกายภาพและสิ่งแวดล้อม,** มหาลัยอุบลราชธานี, 2557.

[2] พิศัลย์ จั่นมุกดา, "ผลของการปรับขนาดและมุมบิดพัดลมในชุดคอนเดนซิ่งต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน," **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2556.

[3] นินนาท ราชประดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ และ นฤพล สร้อยวัน, "โครงการการศึกษาผลกระทบจากการระบายอากาศที่มีต่อความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศในที่พักอาศัยและสำนักงานขนาดเล็กในประเทศไทย," **รายงานวิจัยด้านพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์,** มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556.

[4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, "ข้อกำหนดโครงการฉลากเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ," **โครงการฉลากเบอร์ 5,** 2560.

[5] พรเทพ พินัยนิติศาสตร์, "การจัดการอาคารสำนักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคาร ดร.เจริญ คันธวงศ์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตกล้วยน้ำไท," **วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต,** มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2554.

[6] ชญานิน ชยวัฑโฒ และคณะ, "การจัดการด้านพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า," **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต,** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2560.

[7] ASHRAE STANDARD, **ANSI/ASHRAE 55a-1995,** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1995.

[8] เทพฤทธิ์ ทองชุบ, "การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธีอนุกรมเวลาของการแผ่รังสี กรณีศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร," **รายงานการวิจัย,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2553

[9] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ, "ค่า CLTD และ SC ที่ใช้คำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของอาคารภายใต้ภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร," **บทความวิชาการชุดที่ 12,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

[10] ASHRAE Research, "Improving the Quality of Life," **2017 ASHRAE Handbook-Fundamentals (SI),** 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] ปฐวี ประคองใจ และคณะ, "การศึกษาเพื่อการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร และหลังค่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีมาตรฐาน," **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.

[12] ตุลย์ มณีวัฒนา และคณะ, "การศึกษาและเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็นระหว่างวิธีการสมดุลความร้อนและแอลทีดี," **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

[13] ASHRAE, "**ASHRAE Handbook-Fundamental,**" Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานในอาคารโดยการใช้แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

BUILDING ENERGY MANAGEMENT BY USING THE SIMULATION OF THE AIR CONDITIONER

นายณัชพล สุภาชาติ*, นางสาวธนัญชนก หลายวัชระ*, นายพีรณัฐ เจือสกุล*, นางสาวสุจิตราภรณ์ จรูญผล*,

ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์**, ดร.วรุตม์ สูอำพัน**

*ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้จำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนซึ่งคอมเพรสเซอร์ทำงานแบบคงที่ โดยใช้โปรแกรม MATLAB Simulink ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้อง ในปริญญานิพนธ์นี้นำแบบจำลองมาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาใช้งาน (09:00 - 16:00น.) เพื่อประหยัดพลังงานและคาดการณ์อุณหภูมิภายในห้องที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะความสบายของผู้ที่อยู่ภายในห้อง โดยใช้ห้อง PW202 เป็นห้องทดลอง ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่า ความแตกต่างของค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศมีค่าน้อยกว่า 5 % และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในห้องมีค่าน้อยกว่า 10 % จากนั้นจึงจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลองดังกล่าว ซึ่งมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เป็น 11.22 BTU/hr/W โดยกำหนดระยะเวลาปิดเครื่องปรับอากาศในทุกๆ 1 ชั่วโมงในเวลาการใช้งาน มีระยะเวลาที่ปิดตั้งแต่ 5 – 10 นาที โดยปิดเพิ่มทุก 1 นาที ตามลำดับ และนำผลมาเปรียบเทียบค่ากับการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบไม่มีการปิดระหว่างการใช้งาน ผลการจำลองพบว่า เมื่อกำหนดอุณหภูมิภายนอกสูงสุดเป็น 33.2 °C และตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็น 26 °C ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการปิดเครื่องปรับอากาศ คือ 8 นาที เนื่องจากสามารถลดการใช้พลังงานจากเดิมได้ 9.09% รวมถึงมีค่าอุณหภูมิภายในไม่เกิน 28 °C

ABSTRACT

This thesis presents the simulation of a split type air conditioner system, by using MATLAB Simulink as a tool to calculate the energy consumption of an air conditioner and the range of change of the temperature inside the room. This thesis also uses the simulation to evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner's operation time for energy conservation focusing the residents' comfort. To examine the accuracy of the simulation this thesis uses PW202 as an experimental room. The results show that the difference of energy consumption between the simulations and the experiments are less than 10 %. For the average inside temperature, the differences are less than 5 %. To evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner's operation time, this thesis uses the air conditioner with the energy efficiency ratio (EER) 11.22 BTU/hr/W as a model. The air conditioner must be turned off in every hour for 5 - 10 minute while the maximum outdoor temperature is 33.2 °C and set temperature of the air conditioner is 26 °C. The results present that turning off the air conditioner in every hour for 8 minutes can save energy consumption for 5.14 % while the inside temperature is not over 28 °C

Keyword: building energy management, CLTD ,MATLAB Simulation, air condition system

1. บทนำ

เนื่องจากอิทธิพลของตำแหน่งที่ตั้งทำให้ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ส่งผลให้ประเทศไทยมีภูมิอากาศที่มีความร้อนและความชื้นอยู่ในปริมาณมาก ทำให้ระบบปรับอากาศจึงมีความจำเป็นที่ต้องติดตั้งอยู่ในอาคารทุกประเภท และเมื่อทำการประมาณอัตราการใช้พลังงานภายในอาคาร จะพบว่า ระบบปรับอากาศ มีการใช้พลังงานมากถึงร้อยละ 60-80 ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในอาคาร [1] จากที่กล่าวมานั้น ควรให้ความสำคัญ ที่จะศึกษาในระบบปรับอากาศ

การทำงานของระบบปรับอากาศทั่วไป เครื่องปรับอากาศจะทำงานเต็มพิกัดในช่วงเริ่มเปิดทำงาน เพื่อให้อุณหภูมิของห้องลดลงตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของห้องได้ตามค่าที่ตั้งไว้เครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยการเปิดหรือปิดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยการทำงานของคอมเพรสเซอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย เทอร์โมสตัทที่จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์เปิดหรือปิดการทำงาน ในการเริ่มต้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์แต่ละครั้งต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมาก โดยพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ มีความจำเป็นที่จะต้องออกไปจากห้องและทำการปิดเครื่องปรับอากาศ เมื่อผู้ใช้กลับเข้ามาที่ห้องอีกครั้งและเริ่มการทำงานเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อทำอุณหภูมิห้องให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษา การหยุดการทำงานของเครื่องปรับอากาศเป็นไปเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อหาความเหมาะสมของระยะเวลาการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อความสบายของผู้ใช้งาน จึงได้ทำการจำลอง ของโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับการทดลองจริงของห้องทดลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความแม่นยำ จากนั้นจะนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิและค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน

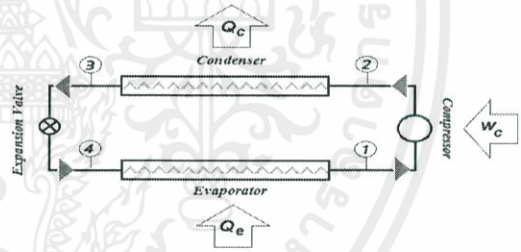
การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง การผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยการพยายามใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ลดการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการช่วยประหยัดการใช้พลังงานของประเทศด้วย

2.2 ระบบปรับอากาศ

การใช้พลังงานส่วนมากในอาคารจะใช้ระบบปรับอากาศโดยประมาณ 60-80% ของพลังงานรวมทั้งอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ดีควรคำนึงการปรับภูมิทัศน์ การออกแบบอาคารและการเลือกวัสดุป้องกันความร้อนประเภทต่างๆ เพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาภายในอาคาร รวมทั้งการออกแบบระบบปรับอากาศและระบบการควบคุมที่ดี ส่งผลให้มีการประหยัดพลังงานที่เพิ่มขึ้น โดยการออกแบบระบบปรับอากาศมีข้อควรคำนึง 3 ประการ คือ การออกแบบเพื่อความสบายของผู้ใช้อาคาร (Comfort) เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ (IAQ : Indoor Air Quality) และเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) [2]

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ [3]

เครื่องปรับอากาศนั้นมีพื้นฐานมาจาก วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในหลักการเบื้องต้นสำหรับ วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอโดยพื้นฐานจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ วาล์วขยายตัว และอีวาปอเรเตอร์ ดังรูปที่ 1 การทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เริ่มจากคอมเพรสเซอร์ดูดสารทำความเย็นซึ่งอยู่ในสภาวะไอที่จุดที่ (1) และอัดเพื่อที่จะทำให้สารทำความเย็นมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ตามกระบวนการไอเซนทรอปิก (Isentropic Process) ที่จุด (2)จากนั้นสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะถูกส่งมาถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ เพื่อให้สารทำความเย็นกลั่นตัวตามขบวนการคายความร้อน และสารทำความเย็นจะควบแน่นจนกลายเป็นสารทำความเย็นที่มีความดันสูงที่จุดที่ (3) จากนั้นถูกส่งผ่านวาล์วขยายตัวหรือแคปทิวบ์เพื่อลดความดันและเข้าอีวาปอเรเตอร์ที่จุดที่ (4) ซึ่งในอีวาปอเรเตอร์สารทำความเย็นเหลวจะเริ่มเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ



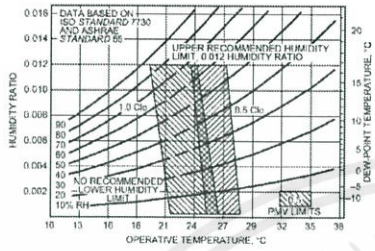
รูปที่ 1 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

2.4 ความสบายเชิงความร้อน [3]

ความสบายเชิงความร้อน (Human thermal comfortable) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการสมดุลทางความร้อนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในร่างกายที่ 36.9 °C ร่างกายมนุษย์จะมีการผลิตความร้อนเนื่องจากการเผาผลาญอาหาร และมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อม โดยการนำความร้อนการพาความร้อน และการแผ่รังสี หากร่างกายมีการสูญเสียความร้อนมากกว่าที่ผลิตขึ้นก็จะรู้สึกเย็นถ้าผลิตได้มากกว่าก็จะรู้สึกร้อนขึ้น ASHRAE Standard ได้ทำการศึกษาวิจัยและได้กำหนดตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อความสบายเชิงความร้อน คือ อุณหภูมิ ความชื้น กิจกรรมที่ทำ ลักษณะเสื้อผ้า ความเร็วลมที่สัมผัสร่างกาย และอุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ยของพื้นผิวในทุกด้านที่ล้อมรอบร่างกาย ปกติในการปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศโดยทั่วไปตัวแปรที่สำคัญคือ อุณหภูมิ และความชื้น โดยช่วงของความสบายในการปรับอากาศสำหรับประเทศไทยสามารถแสดงได้ตาม รูปที่ 2 ควรมีการปรับอากาศที่ 20-28 °C ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับความสบายเชิงความร้อนสำหรับการปรับอากาศ



รูปที่ 2 ช่วงของความสบายเชิงความร้อนตาม ASHRAE Standard (Standard 55a-1995) [4]

2.5 การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยใช้วิธี CLTD [5]

วิธี CLTD เป็นวิธีที่มีพื้นฐานมาจากวิธี Transfer Function Method ซึ่งสามารถใช้ประมาณค่าภาระการทำความความเย็นจากการถ่ายเทความร้อน 3 ประเภท คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร และการถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น

2.5.1 การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร ($Q_{external}$) ประกอบด้วย ความร้อนการนำความร้อนภายนอกผ่านหลังคา, ผนัง และกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1, ความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ผ่านกระจก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 และความร้อนจากการนำความร้อนภายในผ่านฝ้า, พื้น และผนังที่กั้นระหว่างห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$q = UA(CLTD) \quad (1)$$

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง หน่วย วัตต์/ตารางเมตร.องศาเซลเซียส, A คือ พื้นที่ผิวของผนังที่มีการถ่ายเทความร้อนรวม หน่วย ตารางเมตร,

$CLTD$ คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น หน่วย องศาเซลเซียส,

$$q = A(SC)(SCL) \quad (2)$$

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient) ไม่มีหน่วย SCL คือ ค่าภาระการทำความเย็นจากแสงอาทิตย์ หน่วย วัตต์/ตารางเมตร,

$$q = UA(t_o - t_i) \quad (3)$$

t_o คือ อุณหภูมิภายนอกอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส, t_i คืออุณหภูมิภายในอาคาร หน่วย องศาเซลเซียส,

2.5.2 การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร ($Q_{internal}$) ประกอบด้วย ภาระการทำความเย็นจากคน แบ่งเป็นปริมาณความร้อนสัมผัสและปริมาณความร้อนแฝงจากคนภายในห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการทำกิจกรรมของคนภายในห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 และ 5, ภาระการทำความเย็นจากหลอดไฟ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6 และภาระการทำความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 7 หรือ 8

$$q_{sensible} = N(Sensible\ heat\ gain)CLF \quad (4)$$

$$q_{latent} = N(Latent\ heat\ gain) \quad (5)$$

N คือ จำนวนคน CLF คือ ค่าปัจจัยภาระการทำความเย็นคิดที่ชั่วโมงการทำงาน

$$q_{el} = 3.41WF_{ul}F_{sa}(CLF) \quad (6)$$

W คือ จำนวนวัตต์ของหลอดไฟ หน่วย วัตต์

F_{ul} คือ ตัวประกอบการใช้แสง(ซึ่งมีค่าตามความเหมาะสมหรือไม่มีก็ได้) F_{sa} คือ ตัวประกอบเผื่อพิเศษ

$$q_{sensible} = q_{input}F_U F_R(CLF) \quad (7)$$

$$q_{sensible} = q_{input}F_L(CLF) \quad (8)$$

q_{input} คือ อัตราค่าพลังงานที่จ่ายเข้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า หน่วย กิโลวัตต์ F_U, F_R, F_L คือ ตัวประกอบการใช้งาน, ตัวประกอบการแผ่รังสีและตัวประกอบภาระ (ซึ่งมีค่าตามความเหมาะสม หรือไม่มีก็ได้)

2.5.3 การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น ($Q_{ventilation}$) สามารถคำนวณได้จากปริมาณความร้อนสัมผัสและปริมาณความร้อนแฝงภายในอาคาร ดังสมการที่ 9 และ 10 หรือ 11

$$q_{sensible} = 1.10Q(t_o - t_i) \quad (9)$$

$$q_{latent} = 4840Q(W_o - W_i) \quad (10)$$

$$q_{total} = 4.5Q(h_o - h_i) \quad (11)$$

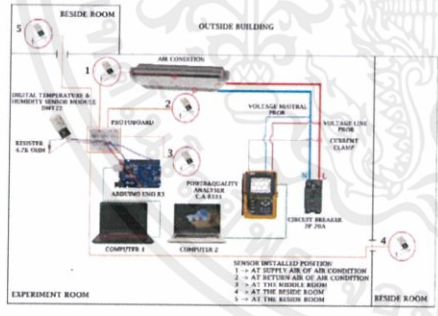
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q คือ อัตราการระบายและการรั่วซึมทางความร้อน (ASHRAE Standard) หน่วย ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที, W_o, W_i คือ อัตราส่วนความชื้นของอากาศภายนอกและภายใน หน่วย กิโลกรัม (น้ำ)/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)

h_o, h_i คือ ค่าเอนทัลปีของอากาศภายนอกและภายใน หน่วย กิโลจูล/กิโลกรัม (อากาศแห้ง)

3. การออกแบบการทดลอง

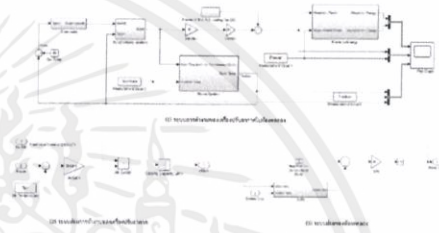
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการจัดการพลังงานของเครื่องปรับอากาศในห้องที่ทำการทดลอง มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศระหว่างทำการทดลอง โดยบันทึกค่าที่ได้จากการวัดจริง นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการ simulation ของแบบจำลองการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ ในโปรแกรม MATLAB Simulink เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ จากนั้น จะนำแบบจำลอง ไปใช้ในการทำนายผลของค่าอุณหภูมิเพื่อพิจารณาขอบเขตความสบายที่มนุษย์รับได้ และค่าพลังงานของเครื่องปรับอากาศ โดยไม่ต้องทำการทดลองเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศจริง



รูปที่ 3 ภาพจำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อใช้วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า, อุณหภูมิและความชื้นของเครื่องปรับอากาศในห้องทดลอง

ลักษณะทางความร้อนของตัวอาคารเป็นผลมาจากสมการการถ่ายเทความร้อนสามารถแสดงได้ในรูปแบบของชุดความต้านทานและตัวเก็บประจุ [2, 3] ค่าความสามารถในการเก็บประจุนั้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณอากาศภายในอาคารและความสามารถในการนำความร้อนและเก็บความร้อนของวัสดุ ค่าความต้านทานจะเกี่ยวข้องกับวัสดุหุ้มฉนวนของอาคาร เช่น หลังคา ,ผนัง, หน้าต่าง และรูปแบบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใน ขนาดของอาคารจะถูกนำมาใช้ในการหาพารามิเตอร์อื่นๆ รวมถึงพื้น,ของตกแต่งภายใน,เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิและความร้อนในแบบจำลองทางความร้อนนั้นจะสัมพันธ์กับแรงดันและกระแสในวงจรไฟฟ้าตามลำดับ เพื่อความสะดวกในการใช้งานระบบปรับอากาศในงานวิจัยนี้ถูกสร้างเป็นแบบจำลอง โดยแปลงค่าความร้อนให้เป็นตัวต้านทานใน MATLAB Simulink ดังแสดงในรูปที่ 4

แบบจำลองการทำงานระบบเครื่องปรับอากาศถูกดัดแปลงจากแบบจำลองทางความร้อนภายในบ้านด้วยเครื่องทำความร้อน



รูปที่ 4 แบบจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink

แบบจำลองสามารถอธิบายได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right) = (T_{in} - T_{aircon}) \cdot \dot{M} \cdot c \qquad (12)$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{losses} = Q_{external} + Q_{internal} + Q_{ventilation} \qquad (13)$$

$$\frac{dT_{in}}{dt} = \frac{1}{M_{air}.c}\left(\frac{dQ_{losses}}{dt} - \frac{dQ_{aircon}}{dt}\right) \qquad (14)$$

โดยที่ $\frac{dQ}{dt}$ คือ การไหลของความร้อนจากเครื่องปรับอากาศเข้าในห้อง หน่วย จูลต่อชั่วโมง

$Q_{external}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร หน่วย กิโลวัตต์ $Q_{internal}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากภาระการทำความเย็นภายในอาคาร หน่วย กิโลวัตต์

$Q_{ventilation}$ คือ การถ่ายเทความร้อนจากการระบายความร้อนและการรั่วซึมของภาระการทำความเย็น หน่วย กิโลวัตต์

M_{air} คือ มวลของอากาศในห้อง หน่วย กิโลกรัม

C คือ ความจุความร้อนจำเพาะ หน่วย จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน

T_i คือ อุณหภูมิภายในห้อง หน่วย องศาเซลเซียส

$\dot{M}$ คือ อัตราการไหลโดยมวล หน่วย กิโลกรัมต่อวินาที

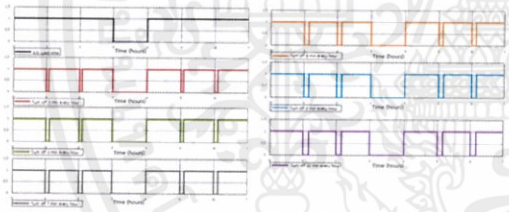
T_{aircon} คือ อุณหภูมิของอากาศเย็นจากเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

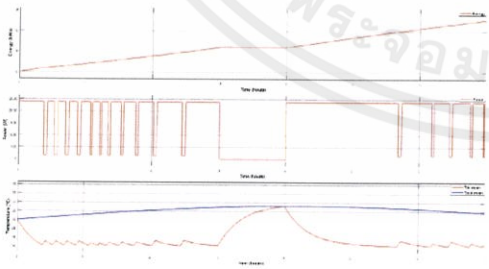
4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงานโดยใช้การจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน MATLAB Simulink ผลการทดลองปิดเครื่องปรับอากาศแบ่งออกเป็น 7 กรณี โดยปิดตั้งแต่ 5 นาที จนถึง 10 นาที (แต่ละกรณีเพิ่มทีละ 1 นาที) ทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยเปิดตามเวลาทำการตั้งแต่ 09.00 - 16.00 น. การวัดอุณหภูมิไม่พิจารณาช่วงพักกลางวันและช่วงเริ่มทำงานของเครื่องปรับอากาศ

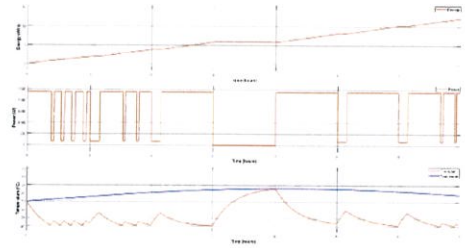
กรณีที่ 1 ทำการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศตามเวลาทำการ กรณีที่ 2 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 5 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง กรณีที่ 3 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 6 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง กรณีที่ 4 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 7 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง กรณีที่ 5 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง กรณีที่ 6 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 9 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง กรณีที่ 7 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 10 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 6 ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในการทดลองทั้ง 7 กรณี



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศของกรณีที่ 1



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก จากแบบจำลองการทำงานเครื่องปรับอากาศ ของกรณีที่ 5

ตารางที่ 2 ช่วงของอุณหภูมิในวันที่ทำการหาค่าจากการจำลองการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ใช้ทำการทดลอง	เวลาปิดเครื่องปรับอากาศ (นาที)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	อุณหภูมิภายใน (องศาเซลเซียส)			พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (%)
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	
กรณีที่ 1	ไม่ปิด	12.76	24.63	25.46	24.20	-
กรณีที่ 2	5	12.08	25.34	26.88	24.20	5.33
กรณีที่ 3	6	11.92	25.52	27.24	24.20	6.58
กรณีที่ 4	7	11.72	25.69	27.58	24.20	8.15
กรณีที่ 5	8	11.60	25.81	27.82	24.20	9.09
กรณีที่ 6	9	11.51	26.01	28.19	24.20	9.80
กรณีที่ 7	10	11.27	26.14	28.49	24.20	11.68

4.2 สรุป

จากการจำลองการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศในแต่ละกรณี จะพบว่าระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมที่สุด คือ 8 นาที ปิดทุกๆ 1 ชั่วโมง ของกรณีที่ 5 เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 ที่ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ คิดเป็นร้อยละ 9.09 ของพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ และเนื่องจากผลของค่าอุณหภูมิภายในที่สูงที่สุดอยู่ที่ 27.82 องศาเซลเซียส ยังอยู่ในช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน (comfort zone) คือ ช่วงตั้งแต่ 20 – 28 องศาเซลเซียส [4] ถ้าปิดการใช้งานมากกว่า 8 นาที จะไม่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบาย แม้ว่า ร้อยละของพลังงานที่ประหยัดได้จะมากก็ตาม ดังนั้นจะบอกได้ว่า การจำลองเครื่องปรับอากาศของห้องทดลองในโปรแกรม MATLAB Simulink สามารถนำไปทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของห้องอื่นๆได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรต่างๆ ของเครื่องปรับอากาศ และลักษณะของห้องสำหรับห้องอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1.สรุปผลการวิเคราะห์และจำลองระบบปรับอากาศสำหรับห้องทดลอง

ในแต่ละกรณี จะพบว่าระยะเวลาในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมที่สุด คือ กรณีที่ 5 ปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวันมีการประหยัดพลังงานมากที่สุด โดยไม่เกินช่วงค่าความสบายของผู้ใช้งาน (comfort zone) ถ้าปิดการใช้งานมากกว่า 8 นาที จะไม่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกถึงความสบาย แม้ว่าร้อยละของพลังงานที่ประหยัดได้จะมากก็ตาม ดังนั้นจะบอกได้ว่า การจำลองเครื่องปรับอากาศของห้องทดลองในโปรแกรม MATLAB Simulink สามารถนำไปทำนายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในของห้องอื่นๆได้ ทั้งนี้ระยะเวลาในการปิดที่ได้จากโครงงานนี้ ไม่สามารถนำไปใช้กับห้องอื่นๆได้ สำหรับมาตรการปิดเครื่องปรับอากาศ 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง เนื่องจากเหตุผลปัจจัยต่างๆ ที่ไม่เหมือนกัน เช่น ขนาด BTUของเครื่องปรับอากาศ อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ รวมถึงขนาดของห้อง ที่ส่งผลต่อค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการ simulation ในโปรแกรม MATLAB Simulink ผู้ศึกษาจึงต้องทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรใหม่ทุกครั้ง สำหรับใช้ในการ simulation เพื่อใช้ในการทำนายผลของห้องทดลองใหม่อยู่เสมอ

5.2 สรุปมาตรการสำหรับห้องทดลอง PW202

จากผลการวิเคราะห์และการจำลองระบบเครื่องปรับอากาศสามารถนำมาเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับห้องทดลอง PW202

สรุปผลได้ดังนี้

กรณีที่ 5 ทำการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 8 นาที ทุกๆ 1 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน..... 11.60 .....กิโลวัตต์ชั่วโมง

อุณหภูมิภายในสูงสุด..... 27.82 .....องศาเซลเซียส

อุณหภูมิภายในต่ำสุด..... 24.20 .....องศาเซลเซียส

อุณหภูมิภายในเฉลี่ย..... 25.81 .....องศาเซลเซียส

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้..... 9.09 .....เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

[1] วัฒนา จำเริญ, การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศโดยการล้างเครื่องปรับอากาศ, **รายงานวิชาการสำนักงานบริหารกายภาพและสิ่งแวดล้อม,** มหาลัยอุบลราชธานี, 2557.

[2] พิศัลย์ จั่นมุกดา, "ผลของการปรับขนาดและมุมบิดพัดลมในชุดคอนเดนซิ่งต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน," **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 2556.

[3] นินนาท ราชประดิษฐ์, จุฑาวัชร สุวรรณภพ และ นฤพล สร้อยวัน, "โครงการการศึกษา ผลกระทบจากการระบายอากาศที่มีต่อความชื้นสัมพัทธ์ของห้องปรับอากาศในที่พักอาศัย และสำนักงานขนาดเล็กในประเทศไทย," **รายงานวิจัยด้านพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์,** มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556.

[4] ASHRAE STANDARD, **ANSI/ASHRAE 55a-1995,** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1995.

[5] ASHRAE, "**ASHRAE Handbook-Fundamental,**" Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineering, 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงที่ต่างๆที่ใช้ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ ข.1 ชนิดของโครงสร้างกรอบอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) [10]

ลำดับ	โครงสร้าง	U ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
1	พื้น - 12.5 mm. cement plaster - 125 mm. concrete - 4.2 mm. vinyl tile	3.461
2	ผนังภายนอก - 80 mm. brick with cement plaster on both side	3.950
3	ผนังภายใน - 12.5 mm. cement plaster - 75 mm. concrete block - 12.5 mm. cement plaster	1.333
4	ฝ้า - 9 mm. gypsum board	0.032
5	หลังคา - 100 mm. concrete slab - 100 mm. air gap - 75 mm. glass fiber - 10 mm. gypsum board	0.536
6	ประตู - 2 cm. Hardwood	0.092
7	กระจกหน้างต่าง - 3 mm. clear glass	5.678

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ค่า CLTD สำหรับผนังทึบ (°C) สำหรับข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร [10]

Wall	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	4	3	3	3	2	3	4	7	10	13	14	15	16	17	17	18	17	16	13	10	8	6	5	4
NE	4	3	3	3	2	3	7	13	20	24	25	23	21	19	18	16	15	12	10	8	7	6	5	4
E	4	3	3	3	2	3	8	15	23	27	28	25	22	20	18	17	15	13	10	8	7	6	5	4
SE	4	3	3	3	2	3	6	11	17	20	22	21	19	18	17	16	14	12	10	8	7	6	5	4
S	4	3	3	2	2	2	3	5	8	10	12	13	14	15	15	15	13	11	9	7	6	5	5	4
SW	5	4	4	3	3	3	4	5	7	10	12	13	16	19	23	26	27	24	19	14	11	8	7	6
W	6	5	4	3	3	3	4	6	8	10	12	13	17	22	28	33	35	33	26	19	14	10	8	7
NW	5	4	4	3	3	3	4	5	7	10	12	13	16	21	25	29	31	30	23	17	13	10	8	6

หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะผนังทึบ ชนิด 80 mm. brick with cement plaster on both side เท่านั้น

ตารางที่ ข.3 ค่า CLTD สำหรับหลังคา (°C) สำหรับข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร [10]

Roof	Hour																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	14	12	11	9	8	7	7	7	9	12	17	22	27	31	34	36	36	34	31	28	24	21	19	16

หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะหลังคา ชนิด 100 mm concrete slab with insulation (100 mm. concrete + 100 mm. air gap + 75 mm. glass fiber + 10 mm. gypsum board) และมีอุณหภูมิภายในห้องเท่ากับ 25°C เท่านั้น

ตารางที่ ข.4 ค่า CLTD สำหรับกระจก (°C) สำหรับข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร [10]

Glass	Hour																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	3	2	2	2	2	2	3	4	6	7	8	8	8	9	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3

หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะกระจก 3 mm. clear glass เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ค่า SCL สำหรับกระจก (W/m^2) สำหรับข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร [10]

Glass	Hour																							
Face	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	22	20	18	17	15	28	52	65	76	84	89	92	96	98	99	99	94	71	48	39	34	30	27	24
NE	28	25	23	21	20	59	106	189	213	199	162	136	126	117	108	96	81	64	52	45	40	37	33	30
E	31	29	26	24	22	66	120	222	257	243	189	152	137	127	116	103	87	70	57	50	45	41	37	34
SE	24	22	20	19	17	42	81	142	167	161	135	119	112	106	99	88	73	57	46	40	35	32	29	27
S	17	16	14	13	12	18	37	47	61	73	80	84	88	88	83	74	60	45	34	29	25	22	20	19
SW	40	37	34	31	28	33	49	58	69	79	86	93	124	167	207	230	216	146	95	74	62	54	49	44
W	61	56	51	47	43	46	62	69	80	88	94	104	163	243	317	365	359	243	152	117	97	84	75	68
NW	53	48	44	40	37	40	57	64	76	85	91	101	142	201	263	308	308	210	130	101	83	72	64	58

หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะกระจก 3 mm. clear glass โดยที่มีพื้นห้องเป็น 125 mm. concrete เท่านั้น

ตารางที่ ข.6 ค่า CLF สำหรับโหลดคนและเครื่องใช้ไฟฟ้า [13]

Hours in	Number of Hours after Entry into space or Equipment Turned On																							
Space	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.59	0.67	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
4	0.60	0.67	0.72	0.76	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.68	0.73	0.77	0.80	0.83	0.26	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
8	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03
10	0.63	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
12	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
14	0.67	0.73	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.37	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
16	0.70	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13
18	0.74	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.39	0.32	0.27	0.23	0.20	0.15

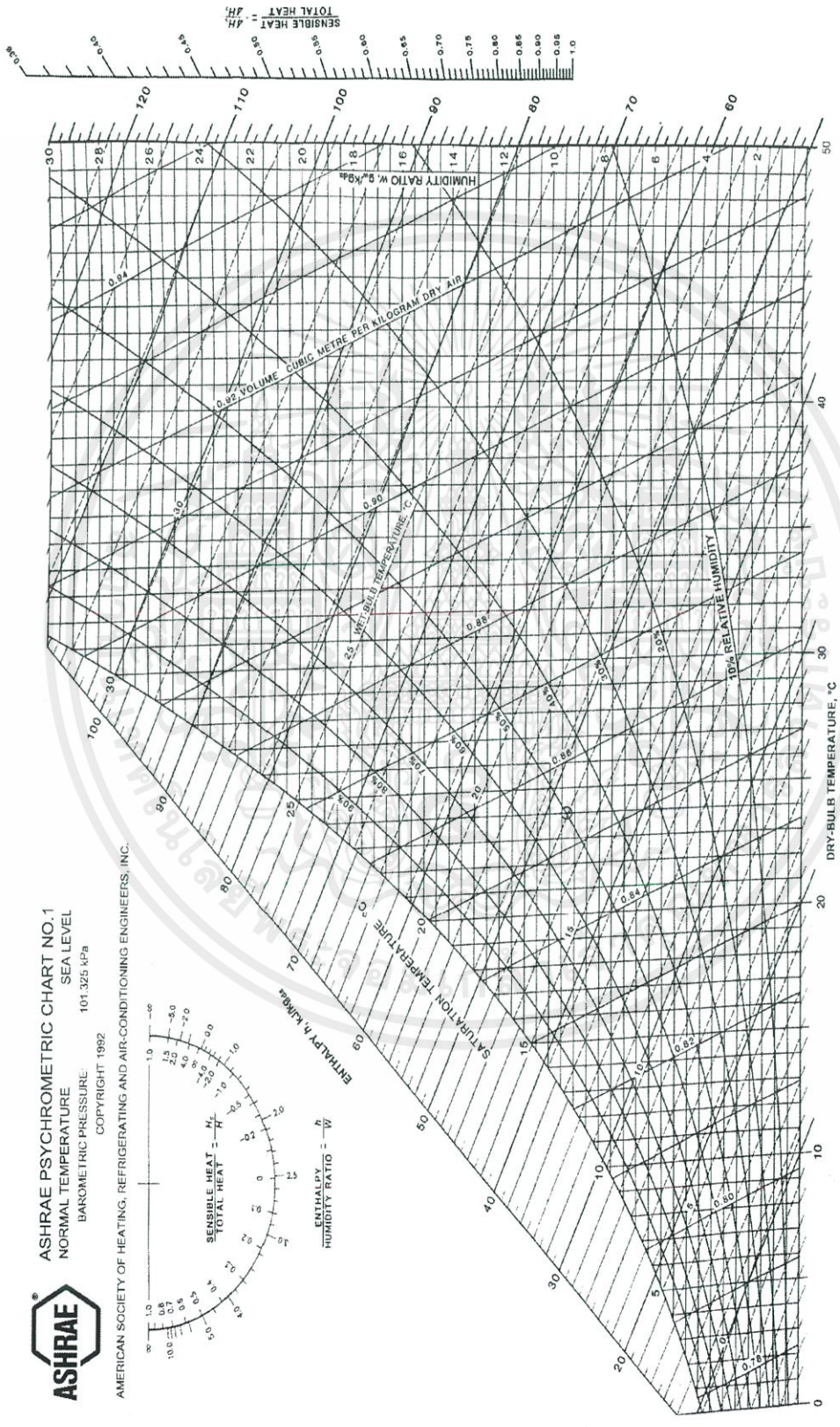
หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะพื้นห้องเป็น 2.5 in. concrete covering with vinyl เท่านั้น

ตารางที่ ข.7 ค่า CLF สำหรับโหลดแสงสว่าง [13]

Hours	Number of Hours after Lights Turned On																							
Lights on	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
8 h	0.85	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.13	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10 h	0.85	0.93	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
12 h	0.86	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
14 h	0.86	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
16 h	0.87	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02

หมายเหตุ: ใช้ได้เฉพาะพื้นห้องเป็น 2.5 in. concrete covering with vinyl เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 แผนภาพ ASHRAE Psychrometric Chart [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ณัชพล สุภาชาติ รหัสนักศึกษา 58010352
วันเกิด 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540
ที่อยู่ 282/90 ซอย ลาดพร้าว 87 แขวงคลองเจ้าคุณสิงห์
เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
มัธยมศึกษา โรงเรียนอุดรพิชัยรักษ์พิทยา อุดรธานี
Email:58010352@kmitl.ac.th

นางสาว ธนัญชนก หลายวัชระ รหัสนักศึกษา 58010531
วันเกิด 6 พฤษภาคม พ.ศ.2540
ที่อยู่ 129/504 วีคอนโด ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10540
มัธยมศึกษา โรงเรียนระยองวิทยาคม ระยอง
E-mail: 58010531@kmitl.ac.th

นาย พีรณัฐ เจือสกุล รหัสนักศึกษา 58010907
วันเกิด 12 กันยายน พ.ศ. 2539
ที่อยู่ 39 ซ.รามคำแหง 187 แยก1-4 ถ.รามคำแหง แขวง มีนบุรี
เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร
E-mail : 58010907@kmitl.ac.th

นางสาว สุจิตราภรณ์ จรูญผล รหัสนักศึกษา 58011328
วันเกิด 31 ธันวาคม พ.ศ. 2539
ที่อยู่ 44/6 หมู่ที่ 4 หมู่บ้านดอนเจริญวิลล่า ตำบลดอนหัวฬ่อ
อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20000
วิทยาลัยอาชีวศึกษาเทคโนโลยีฐานวิทยาศาสตร์ ชลบุรี
E-mail:58011328@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL ENGINEERING PROJECT DAY 2019

Department of Electrical Engineering
(Electrical Energy Engineering)

PW 6142

Building energy management by using The simulation of The air conditioner

Natchapon Supachat[1], Thanunchanok Lhaiwatchara[2], Peeranut Jueasakul[3], Sujitraporn Jaroonphon[4], Dr. Teeraphon Phophongviwat [5] (Advisor) and Dr. Warut Suampun [6](Co-Advisor)

Abstract

This project presents the simulation of a split type air conditioner system, by using MATLAB Simulink as a tool to calculate the energy consumption of air conditioner and the temperature inside the testing room. The objective of this project is to use the simulation to evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner for energy conservation focusing the residents' comfort. To examine the accuracy of the simulation, this project uses PW-202 as an experimental room. The results show that the difference of energy consumption between the simulations and the experiments are less than 4 % when the air conditioner was set at 26 °C. The difference of the average inside temperature between the simulations and the experiments are less than 5 %. To evaluate the optimal duty cycle of the air conditioner, this project uses the air conditioner with the energy efficiency ratio (EER) 11.22 BTU/hr/W as a model parameter. The air conditioner is turned off in every hour for 5 - 10 minute while the maximum outside temperature is 33.2 °C and the temperature of the air conditioner is 26 °C. The results present that turning off the air conditioner in every hour for 8 minutes can save energy consumption for 9.09% while the inside temperature is not over 28 °C.

Introduction

The amount of electricity 60-80 percent of electricity consumption in buildings [1], caused by the use of air conditioner.

The aim of this project is to study the stopping of air conditioners for a short period of time by considering the user comfort. The temperature range of comfort zone is 20-28°C. [2] In order to find the suitable timing of the air-conditioner opening to maximum energy savings with the use of a small room as a laboratory to be a model for a large complex building system, therefore, simulating the MATLAB Simulink program to compare with the actual experiment of the laboratory. To determine an acceptable error percentage and then use simulation to predict the results of temperature values and the energy value of the air conditioner.

Methodology

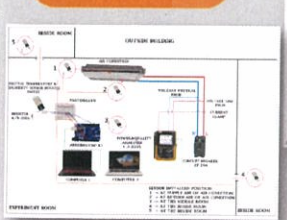


Fig.1 The connection of the device to measure the amount of electrical energy, temperature, and humidity of the air conditioner in the experimental room.

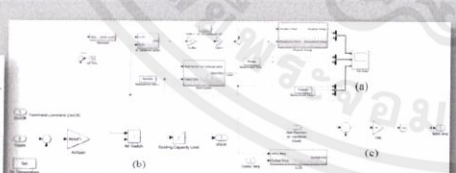


Fig.2 Model in Simulink (a) Air-Conditioner system (b) Air-Conditioner subsystem and (c) Room subsystem

The model can be described by the following equations:

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right) = (T_{in} - T_{aircon}) \cdot \dot{M} \cdot c \qquad (1)$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{losses} = Q_{external} + Q_{internal} + Q_{ventilation} \qquad (2)$$

$$\frac{dT_{in}}{dt} = \frac{1}{M_{air} \cdot c}\left(\frac{dQ_{losses}}{dt} - \frac{dQ_{aircon}}{dt}\right) \qquad (3)$$

Using the simulation to find the appropriate period to turn off the air conditioning in PW-202 in every hour during office hour

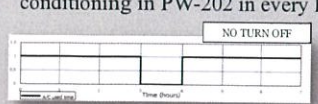


Fig.3 The duty cycle of the air conditioner works in office hour.

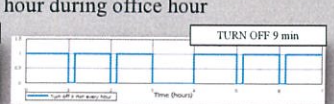


Fig.4 The duty cycle of the air conditioner with turn of for 8 minute at every hour.

Results

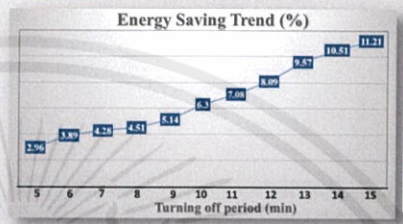


Fig.5 Energy saving trend when turning off period changed.

Tout max = 33.2°C

Turning off period (min)	Eenergy consumption per day (kWh)	Temperature indoor (°C) Average	Max	Min	Energy Saving (%)
9	12.19	25.29	27.99	24.2	5.14

Fig.6 Energy saving and temperature inside when turn off the air conditioner for 9 minute every hour.

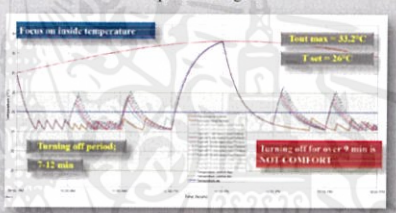


Fig.7 The inside temperature when turning off period changed.

Tout (°C) \ Tset (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
20	24	18	14	10	6	0	0	0	0	0	0
21	24	18	14	10	6	0	0	0	0	0	0
22	24	18	14	10	6	0	0	0	0	0	0
23	24	18	14	10	6	4	0	0	0	0	0
24	22	18	14	10	6	4	0	0	0	0	0
25	20	16	14	10	6	4	0	0	0	0	0
26	18	14	12	10	6	4	0	0	0	0	0

Fig.8 The optimal time for every set temperature and outside temperature.

Fig.9 The energy consumption before turning off the air conditioner with the optimal time.

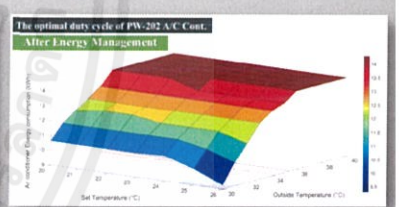


Fig.10 The energy consumption after turning off the air conditioner with the optimal time.

Conclusion

- This simulation can model the work of an air conditioner in PW-202 by evaluating the energy consumption and the temperature inside the room with the difference compared with the experiment less than 5 % when the temperature of the air condition is 26 °C.
- This simulation can evaluate the optimal air conditioner turning off time during the office hour for energy conservation focusing the users' comfort.
  >>>FOR PW-202 with the max 33.2°C of the outside temperature and the 26 °C set temp, the optimal period is 8 min.

References

[1] Komsan Ketphueng, "Energy Management in Makkasan BTS Station," Master Thesis, Engineering Management Department, Kasem Bundit University, 2014

[2] ASHRAE STANDARD, ANSI/ASHRAE 55a-1995, American Society of Heating,Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1995.

ENGINEERS LADKRABANG

E-mail: teeraphon.ph@kmitl.ac.th[1], w.suampun@gmail.com [2]