

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน
The temperature controller system using an efficient
ventilation system for home

โดย

นายณัฐสวัสดิ์	ป้อมเป็น
นางสาวน้ำใจ	แก้วกลาง
นายปรีชาพงษ์	ช่างจีน
นายยศวินทร์	โฆษะบดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน

The temperature controller system using an efficient
ventilation system for home



T144440

โดย

นายณัฐสวัสดิ์ ป้อมเป็น
นางสาวน้ำใจ แก้วกลาง
นายปรีชาพงษ์ ช้างจีน
นายศวินทร์ โฆษะบดี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 144440
วันเดือนปี 24 พ.ย. 2559

b. 12816942
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

The temperature controller system using an efficient
ventilation system for home.

NATSAWAT	POMPERN
NAMJAI	KAEWKLANG
PREECHAPONG	CHANGGEEN
YOSSAWIN	KOSABORDEE

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

2015

ปีการศึกษา 2558

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน

The temperature controller system using an efficient
ventilation system for home.

โดย

นายณัฐสวัสดิ์	ป้อมเป็น
นางสาวน้ำใจ	แก้วกลาง
นายปรีชาพงษ์	ช่างจีน
นายยศวินทร์	โฆษะบดี

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อรรถพล เจ้าพิทักษ์กุล

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับ
บ้าน

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐสวัสดิ์ ป้อมเป็น
2. นางสาวน้ำใจ แก้วกลาง
3. นายปรีชาพงษ์ ช่างจีน
4. นายยศวินทร์ โฆษะบดี

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล)

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน

The temperature controller system using an efficient ventilation system for home.

นายณัฐสวัสดิ์ ป้อมเป็น
นางสาวน้ำใจ แก้วกลาง
นายปรีชาพงษ์ ช่างจีน
นายยศวิรินทร์ โฆษะบดี
รศ.ดร. อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล
อาจารย์ที่ปรึกษาปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ประเทศไทยในปัจจุบันได้มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี เครื่องปรับอากาศจึงได้รับความนิยมอย่างมาก ทำให้ต้องหาวิธีจัดการโดยใช้ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านลง ปริมาณนี้แนะนำให้เสนอระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้านใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ทั้งหมด 2 ค่าคือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT) และ ความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 30-60% ตามค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ โดยมีขั้นตอนการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ซึ่งมีพัดลมจำนวน 3 ตัว ช่วยลดอุณหภูมิ มีการทำงานสลับกันตามช่วงอุณหภูมิ ดังนี้ อุณหภูมิน้อยกว่า 25°C ไม่มีพัดลมทำงาน เมื่ออุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 25°C แต่ไม่เกิน 29°C พัดลมทำงาน 1 ตัว เมื่ออุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 29°C แต่ไม่เกิน 34°C พัดลมทำงาน 2 ตัว และเมื่ออุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 34°C พัดลมทำงาน 3 ตัว ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในช่วง 30-60% ไม่มีพัดลมระบายอากาศทำงาน แต่เมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เกิน 60% พัดลมระบายอากาศจะทำงาน ซึ่งการทดลองมีทั้งหมด 16 กรณี ดังนี้ การทดลองได้ทดลองใช้ผนัง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือ ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) และผนังพลาสติก (Plastwood) แล้วทำการหั่นหน้าบ้านแบบจำลองนี้ทั้งหมด 4 ทิศที่แตกต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และทำการเปลี่ยนหลังคา 2 แบบ คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวน และหลังคาที่มีฉนวน ผลการทดลองนั้นสามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกห้องทดลองได้ประมาณ 4-5 °C เพื่อให้ภายในบ้านมีคุณภาพอากาศที่รู้สึกสบายและช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งนำไปสู่การประหยัดพลังงาน

The temperature controller system using an efficient ventilation system for home.

Mr. NATSAWAT POMPERN
Ms. NAMJAI KAEWKLANG
Mr. PREECHAPONG CHANGGEEN
Mr. YOSSAWIN KOSABORDEE
Assoc.Prof. Dr. Atthapol Ngaopitakkul
Supervisor Year 2015

ABSTRACT

Presently, energy consumption in Thailand tends to be increase because Thailand has hot climate throughout the year. In this regard, Thai people demand for air-conditioner in their household. Energy management system is important to reduce the electricity consumption and to save energy within the household. Therefore, this thesis aimed to propose the automatic temperature control system using efficient ventilation system for home. This developed system applied Programmable Logic Controller (PLC) to control two parameters and air quality standards: change in temperature (ΔT) and the relative humidity in the range of 30-60%, according to the air quality standards. The process of evaporative cooling system was applied to the design of this system, which was equipped with three fans for reducing temperature. For the operation, any fan did not work if the temperature was lower than 25 °C ; a fan worked if the temperature was greater than or equal to 25°C but not greater than 29 °C ; 2 fans worked if the temperature was greater than or equal to 29 °C but not greater than 34 °C ; 3 fans worked if the temperature was greater than or equal to 34 °C. No fan worked if relative humidity was during 30-60% ; a fan worked if relative humidity was more than 60%. This researchers conducted total 16 cases of experiments as follows: an experiment using two different walls: Smart board and Plastwood while turning home towards four directions: north, south, east, and west; two different patterns: insulated vs non insulated roof were used. The results of the experiments showed that the developed system could reduce external temperature by 4-5 °C,

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากการช่วยเหลือของหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ รศ.ดร. อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ จนปริญญาานิพนธ์สามารถสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณ บริษัท ภูดิท อินดัสเตรียล คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นอย่างยิ่งที่ให้คำแนะนำและความรู้ในการออกแบบตัวชิ้นงาน และได้สนับสนุนอุปกรณ์สำคัญในการประกอบระบบปรับอากาศด้วยวิธีระเหย (Evaporative Cooling System) และขอขอบคุณอาคาร ECC ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองและปฏิบัติงานของปริญญาานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวผู้ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและกำลังใจ และเพื่อนๆที่ให้การช่วยเหลือด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRAC	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	9
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	10
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	10
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	13
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	14
2.1 การระบายอากาศ (Ventilation System)	14
2.1.1 ความดันอากาศภายในเป็นบวก (Positive Pressure Ventilation)	14
2.1.2 ความดันอากาศภายในเป็นลบ (Negative Pressure Ventilation)	15
2.2 หลักการทํางานระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System)	15
2.2.1 การระเหยของน้ำ (Water evaporation)	16
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระเหยน้ำ	17
2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิโดยระบบการระเหยน้ำ	17
2.2.4 แผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad)	19
2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)	24
บทที่ 3 การออกแบบและจำลองการไหลของอากาศภายนอกและภายในบ้าน	25
3.1 ออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน	25
3.2 จำลองทิศทางลมภายนอกบ้าน	28
3.3 จำลองทิศทางการไหลของอากาศภายในบ้านด้วยระบบระบายอากาศ แบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System)	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง	46
4.1 ออกแบบชุดจำลองในการทดลอง	46
4.2 ผลการทดลอง	60
4.3 คำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return : IRR)	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	112
เอกสารอ้างอิง	114
ภาคผนวก	118
ภาคผนวก ก. หลักการที่ใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน	119
ภาคผนวก ข. แนวทางการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน	127
ภาคผนวก ค. บทความทางวิชาการ	134
ประวัติผู้เขียน	140

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามรายได้ประชาชาติ	1
1.2	สัดส่วนแหล่งพลังงานในการใช้ผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย	2
1.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ปี 2555-2558	2
1.4	ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย ปี 2554 - 2558	3
1.5	สัดส่วนการใช้พลังงานในบ้าน	3
1.6	บ้านประหยัดพลังงาน ที่เมืองไฮตามะ ประเทศญี่ปุ่น	4
1.7	การกำหนดค่าเพดานที่แตกต่างกันในการก่อสร้าง	6
1.8	รูปแบบการสร้างมมหลังคา	7
1.9	บ้านอัจฉริยะ (smart home)	8
2.1	การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)	14
2.2	การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation)	15
2.3	หลักการทํางานระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ	16
2.4	เส้นโค้งประสิทธิภาพของแผงรังผึ้งทำความเย็น ชนิด 7090	17
2.5	เส้นโค้งประสิทธิภาพของแผงรังผึ้งทำความเย็น ชนิด 50901	18
2.6	แผ่นรังผึ้งทำความเย็น Cooling Pad	19
2.7	เยื่อแผ่นรังผึ้งทำความเย็น ถ่ายด้วยกลองกลองจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	20
2.8	เคลือบเยื่อกระดาษด้วยสารเคมี	20
2.9	อบเยื่อกระดาษให้แห้ง และตัดขนาด	21
2.10	นำเข้าเครื่องขึ้นลอนเยื่อกระดาษ	21
2.11	นำเยื่อกระดาษเข้าเครื่องทากาว	22
2.12	นำเยื่อกระดาษที่ทากาวแล้วเข้าเครื่องอบ	22
2.13	อบด้วยความร้อน 100 –105 °C	23
2.14	นำเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ	23
3.1	บ้านต้นแบบสามมิติ	25
3.2	แปลนบ้านต้นแบบ	26
3.3	บ้านที่ทำการออกแบบปรับปรุง ในข้อ 1, 2 และ 3	27
3.4	บ้านที่ทำการออกแบบปรับปรุง ในข้อที่ 4	28
3.5	ความดันลมจากทิศใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน	29
3.6	กราฟความดันลมจากทิศใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน	29
3.7	ความดันลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน	30
3.8	กราฟความดันลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน	31

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 ความดันลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่กระทำกับภายนอกบ้าน	31
3.10 กราฟความดันลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่กระทำกับภายนอกบ้าน	22
3.11 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 1 ตัว	34
3.12 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 1 ตัว	34
3.13 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 1 ตัว	35
3.14 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 2 ตัว	36
3.15 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 2 ตัว	36
3.16 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 2 ตัว	37
3.17 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 3 ตัว	38
3.18 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 3 ตัว	38
3.19 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 3 ตัว	39
3.20 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 1 ตัว	40
3.21 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 1 ตัว	40
3.22 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 1 ตัว	41
3.23 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 2 ตัว	42
3.24 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 2 ตัว	42
3.25 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 2 ตัว	43
3.26 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัดลมทำงาน 3 ตัว	44
3.27 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัดลมทำงาน 3 ตัว	44
3.28 แสดงรูปภาพความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการวนซ้ำของพัดลมทำงาน 3 ตัว	45
4.1 (ก.) แบบชุดจำลองในการทดลอง	46
4.1 (ข.) แบบผนังด้านซ้ายและขวา	47
4.1 (ค.) แบบผนังด้านหน้า	47
4.1 (ง.) แบบผนังด้านหลัง	48
4.1 (จ.) แบบหลังคา	48
4.2 ชุดจำลองในการทดลองเมื่อประกอบเสร็จ	49
4.3 ผนังที่อยู่ด้านในของระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling system)	50
4.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย	51
4.5 การทดลองระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย	52
4.6 วงจรไฟฟ้าขาเข้า (Input)	54

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.72	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 16)	108
4.73	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 16)	108
4.74	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 16)	109
ก.1	ทิศทางลมมรสุมของประเทศ	120
ก.2	ตำแหน่งโคจรของดวงอาทิตย์ในประเทศไทย	121
ก.3	การป้องกันและลดความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร	121
ก.4	การให้ร่มเงากับตัวบ้านจากพืชพรรณ	122
ก.5	การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยอาศัยสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ	122
ก.6	การระบายความร้อนใต้หลังคาด้วยการติดตั้งเกล็ดระบายอากาศด้านหน้าจั่วหลังคา	123
ก.7	การระบายความร้อนใต้หลังคาอาศัย ระบบเครื่องกลเป็นตัวสนับสนุน (ด้วยพัดลมดูดอากาศ)	124
ก.8	แผงบังแดดทิศตะวันออก	124
ก.9	แผงบังแดดทิศตะวันตก	125
ก.10	แผงบังแดดด้านทิศใต้	125
ก.11	รั้วที่โปร่งจะช่วยให้มีการรับลมและการระบายอากาศที่ดี	126
ข.1	คอนกรีตมวลเบา	129
ข.2	กระบวนการทำงานของกระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass)	130
ข.3	ตัวอย่างกระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)	131
ข.4	กระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวน	131
ข.5	กระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวน	132

สารบัญตาราง

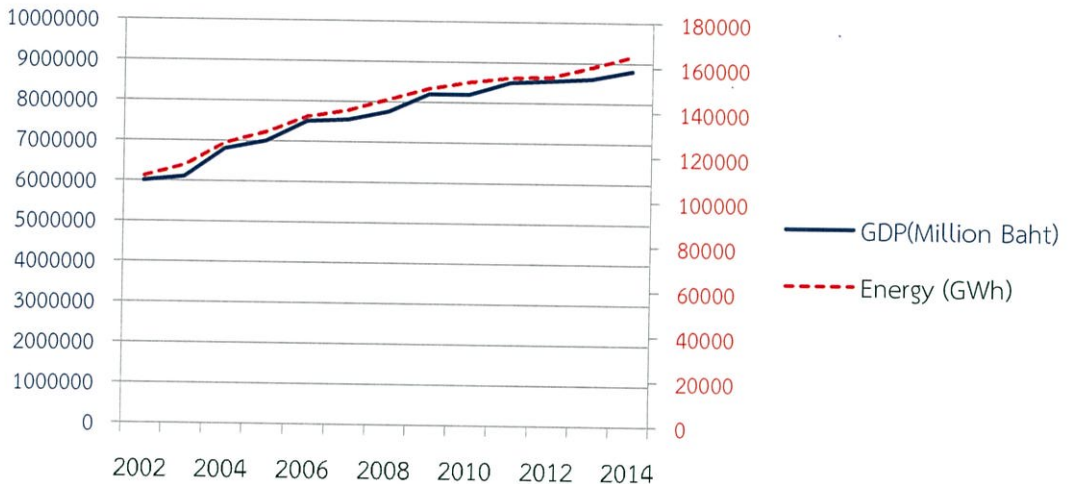
ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปแผนการดำเนินงาน	12
2.1	ค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ	24
3.1	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 1 ตัว)	35
3.2	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 2 ตัว)	37
3.3	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 3 ตัว)	39
3.4	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 1 ตัว)	41
3.5	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 2 ตัว)	43
3.6	สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 3 ตัว)	45

บทที่ 1

บทนำ

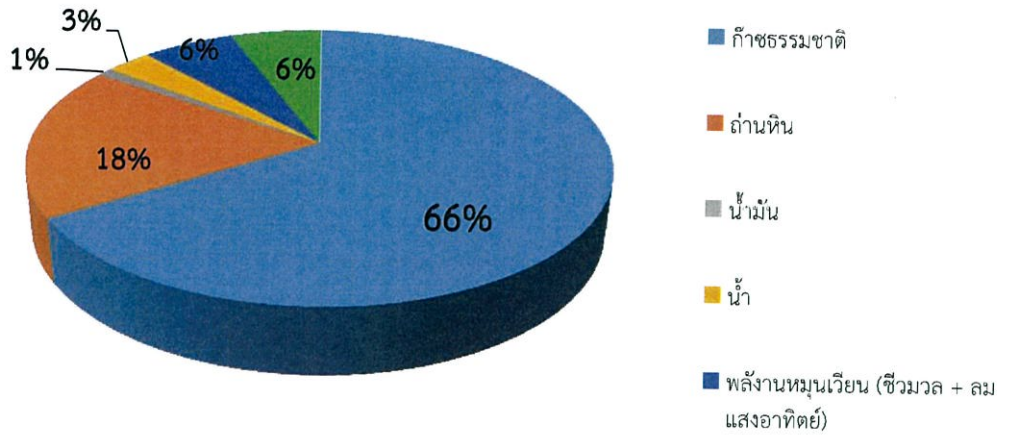
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยในปัจจุบันได้มีแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม ทำให้พลังงานไฟฟ้าได้เป็นปัจจัยพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิต ในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงต้องมีการจัดหาพลังงาน ให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดี สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และสามารถตอบสนองความต้องการใช้ ในกิจกรรมการผลิตต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ [1]



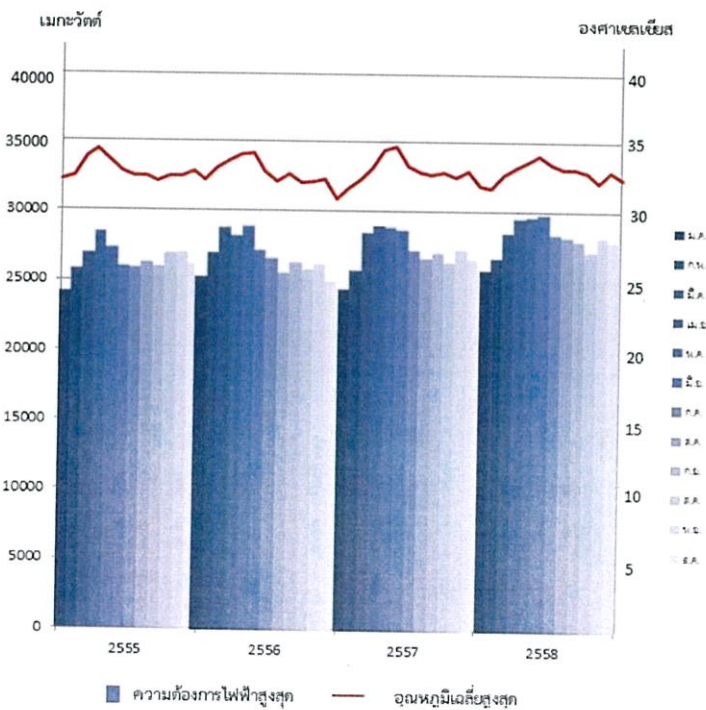
รูปที่ 1.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามรายได้ประชาชาติ

เมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น เชื้อเพลิงที่นำมาผลิตไฟฟ้าจึงต้องมีการจัดสรรให้เพียงพอ สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศที่พึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 85 ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งในการผลิตไฟฟ้ายังคงใช้เป็นเชื้อเพลิงหลักต่อไปอีกในอนาคต การใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และ น้ำมัน ในการผลิตไฟฟ้านั้นก่อให้เกิดมลพิษส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เพื่อผลิตไฟฟ้า จึงควรหันมาใส่ใจและช่วยกันลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลง เพื่อลดมลพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อม [2]



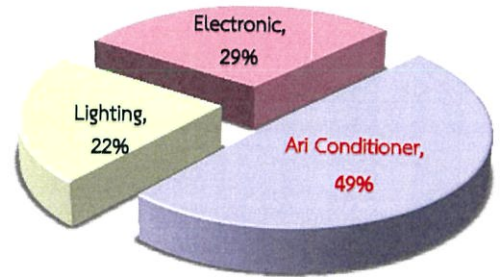
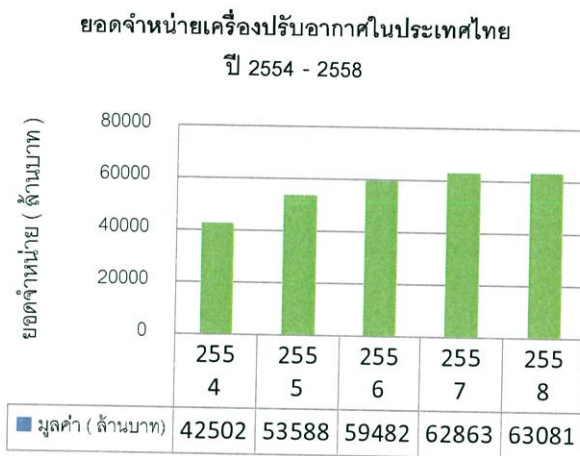
รูปที่ 1.2 สัดส่วนแหล่งพลังงานในการใช้ผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่าย ปกติอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของประเทศไทยประมาณ 33 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดและมีแนวโน้มที่สูงเพิ่มขึ้น เพราะเนื่องจากปัญหาภาวะโลกร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงทำให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นตามมา ดังรูปที่ 1.3 [3]



รูปที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ปี 2555-2558

จากสถิติอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นทุกๆ องศา ส่งผลให้ความต้องการใช้งานเครื่องปรับอากาศเพื่อบรรเทาความร้อนได้รับความนิยมมากขึ้น จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้มีการสำรวจยอดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย พบว่ายอดจำหน่ายเครื่องปรับอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ดังในรูปที่ 1.4 เห็นได้ว่าในปี 2558 นั้นมียอดจำหน่ายสูงถึง 63,081 ล้านบาท ซึ่งยอดจำหน่ายเติบโตเป็น ร้อยละ 0.3 ของปี 2557 [www.oie.go.th ข้อมูลวิชาการสถิติอุตสาหกรรม (เครื่องปรับอากาศ)] ทำให้ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศจึงเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นที่ทุกบ้านนั้นต้องมี ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้าน ร้อยละ 49 จากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในบ้านทั้งหมด ดังรูปที่ 1.5 [4]



รูปที่ 1.4 ยอดขายเครื่องปรับอากาศในประเทศไทย
ปี 2554 - 2558

รูปที่ 1.5 สัดส่วนการใช้พลังงานในบ้าน

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System :HEMS) คือ ระบบที่จัดการพลังงานอย่างเหมาะสมและสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในภาคครัวเรือน ประเทศญี่ปุ่นถือได้ว่าเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญด้านพลังงานอย่างมากประเทศหนึ่ง เช่น ฮอนด้า ซันโย และ โตชิบา คอร์ป ร่วมกันสร้างบ้านประหยัดพลังงานในเมืองโซตะมะ ดังรูปที่ 1.6

นอกจากนี้ญี่ปุ่นยังมีโครงการวิจัยการสร้างระบบจัดการพลังงานภายในบ้านในเขตหนาวของญี่ปุ่นเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะการลดการใช้พลังงานมีอิทธิพลโดยตรงกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน [5] ได้มีการนำเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้ประเมินการใช้ค่าพลังงานและลดการใช้ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งนำมาใช้ในภาคเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มผลกำไรในการเพาะปลูกเนื่องจากสามารถลดต้นทุนด้านพลังงานลงได้ [6] วัตถุประสงค์ของการออกแบบระบบจัดการพลังงานบ้าน ที่สำคัญที่สุดเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้น้อยที่สุดดังนั้น จึงต้องลดการใช้พลังงานให้น้อยที่สุดเช่นกัน ประเทศอังกฤษได้ทำกรณีศึกษาการออกแบบบ้านให้มีพลังงานเป็นศูนย์ใน สหราชอาณาจักร โดยการทำเป็นซอฟต์แวร์จำลองบ้านในโปรแกรม TRNSYS 16 ทำให้สามารถทำนายสภาพการถ่ายเทความร้อน และ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านที่สมมติว่าตั้งอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ และ นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบความ

เป็นไปได้ของบ้านว่ามีการใช้พลังงานเป็นศูนย์ด้วยการนำพลังงานไฟฟ้าทดแทนมาใช้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพอากาศที่เมืองคาร์ดิฟฟ์ (Cardiff) [7]



รูปที่ 1.6 บ้านประหยัดพลังงาน ที่เมืองไซตามะ ประเทศญี่ปุ่น

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านมีหลายเทคนิคขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการจัดการพลังงานภายในบ้าน จึงได้นำแนวคิดของการระบายอากาศเพื่อลดปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นสำคัญ เพราะสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านนั้น เครื่องปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุดถึง ดังรูปที่ 1.5 [4] มีการทดลองระบบระบายอากาศแบบผันกลับได้ (Reversible Ventilation System) เพื่อนำมาปรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) [a] นอกจากนี้ยังมีการระบายอากาศหลายแบบ เช่น การระบายอากาศวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation System) หรือ แนวคิดบ้านสีเขียว ในรัฐโอไฮโอ (Ohio) [8] ประเทศสหรัฐอเมริกา การทดลองระบายอากาศแบบผสม (Hybrid Ventilation System) คือ การระบายอากาศรวมกัน 2 วิธี คือ การระบายอากาศวิธีธรรมชาติ และการระบายอากาศวิธีทางกล จากการทดลอง พบว่ามีคุณสมบัติพิเศษที่ทำให้มีประสิทธิภาพการระบายความร้อนได้ดีในทั้ง [9] และมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขระบบระบายอากาศ เช่น การใช้ระบบ HVAC (Heating, Ventilation and Air-conditioning) คือ ระบบ HVAC คือ เพิ่มศักยภาพในด้านการถ่ายเทอากาศเพื่อคุณภาพอากาศที่ดีขึ้นตามหลักการกลศาสตร์ทางวิศวกรรม ระบบจัดการนี้จึงเหมาะกับสำนักงาน บ้าน อาคาร และบ้านที่ต้องการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอย่างเคร่งครัด ระบบนี้เป็นตัวช่วยที่ดีในการควบคุมระบบจัดการอากาศ มีการทำงานรวมกัน 3 ระบบ คือ หลักของระบบระบายอากาศ ความร้อน และเครื่องปรับอากาศจะทำงานควบคู่กัน เพิ่มศักยภาพในการจัดการอากาศ เพื่อสภาพแวดล้อมที่ดีอากาศที่ดีมีคุณภาพอากาศ ทั้งยังมีค่าบำรุงรักษาที่เหมาะสม ดีกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศแยกกันเป็นเครื่องๆ ให้การระบายอากาศที่สดชื่นลดเจ็บของกลิ่นเหม็นทั้งยังรักษาความดันอากาศให้เหมาะสม [10] เช่น การนำระบบ HVAC มาใช้ร่วมกับการระบายความร้อนวิธีธรรมชาติ ในการออกแบบควบคุมของผ้า幔บังแดด เพื่อให้มีคุณภาพอากาศเป็นที่พึงพอใจในความรู้สึกสบายของผู้อยู่อาศัย [11] เนื่องจากปัจจุบันได้มีการให้ความสำคัญของการประหยัดพลังงานมากขึ้น เช่น การออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน โดยคำนึงถึงแสงสว่าง การบังเงา เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย เช่น อาคารประหยัดพลังงานของมหาวิทยาลัยชิงหวา (Tsinghua University) ประเทศ

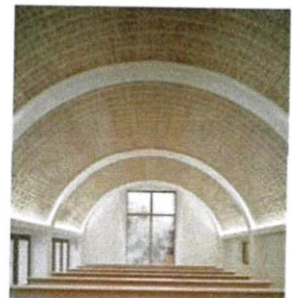
จีน มีการออกแบบอาคารเรียนให้มีการบังเงาอัตโนมัติตามเวลาที่เหมาะสมตามกิจกรรมของผู้อยู่ในอาคาร เช่น ห้องสมุด เป็นบริเวณต้องการแสงสว่างจะมีการบังเงาที่น้อย เพื่อให้มีแสงส่องผ่าน ทำให้ประหยัดการใช้ไฟฟ้า [12] นอกจากนี้มีการออกแบบที่บังเงากับการระบายอากาศวิธีธรรมชาติให้มีการทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร [13] และได้มีการนำระบบระบายอากาศวิธีธรรมชาติมาใช้สำหรับที่อยู่อาศัย ที่เมืองกวางโจว ประเทศจีน เพื่อนำมาลดพลังงานของเครื่องปรับอากาศเช่นกัน [14]

การระบายอากาศต้องคำนึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) เช่น ประเทศจีนได้มีการพัฒนาที่อยู่อาศัยของรัฐบาลให้มีคุณภาพอากาศที่เหมาะสมต่อผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะห้องนั่งเล่น ซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้สอยมากที่สุด เพราะคุณภาพอากาศเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยอย่างมาก [15] โดยได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ไร้สายสำหรับตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในอาคาร คือ การวัดค่าพารามิเตอร์สิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สารมลพิษ และฝุ่นละออง [16] ซึ่งมีงานวิจัยคุณภาพอากาศภายในอาคารของผู้อยู่อาศัยในอาคารตึกแห่งใหม่ในเมืองเทียนจิน ประเทศจีน เนื่องจากเมืองนี้มีปัญหาของมลพิษ ซึ่งเป็นอันตรายจึงได้มีการตรวจสอบความเข้มข้นสารอันตรายในอาคาร โดยมีการแก้ปัญหาให้ประชาชนแบบง่าย คือ สามารถปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยการเปิดหน้าต่างอากาศถ่ายเท แต่เมื่อวัดค่าคุณภาพอากาศภายนอกพบว่าไม่สะอาด ควรวางเครื่องฟอกอากาศภายในอาคาร [17] และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนที่มีเครื่องปรับอากาศ มีการจำลองเชิงตัวเลขของการกระจายตัวของลมเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีการควบคุมให้ความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศมีความเหมาะสมกับผู้เรียนที่ทำให้รู้สึกสบาย และหายใจอากาศห้องมีคุณภาพอากาศในอาคารที่ดี [18] เช่นเดียวกันกับมหาวิทยาลัยเซินหยาง ประเทศจีน ได้มีการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารแบบอัตโนมัติ เมื่อทำการประเมินความพึงพอใจจากผู้เรียน พบว่าการควบคุมคุณภาพเป็นวิธีที่ดีอย่างหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหามลพิษในอาคาร โดยมีระบบระบายอากาศมาช่วยให้มีอากาศถ่ายเทเหมาะสมกับจำนวนผู้อยู่ในอาคาร ทำให้รู้สึกสบาย [19] การควบคุมคุณภาพอากาศด้วยระบบ HVAC ที่ใช้ระบายอากาศ นั้นนำมาประยุกต์ใช้หลายแบบ เช่น นำอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) มาวัดคุณภาพอากาศ แล้วสร้างแบบจำลองของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมขนาดห้องและจำนวนผู้อยู่ภายในห้อง [20] และได้มีการนำอุปกรณ์ไร้สายมาใช้ส่งงานเพื่อควบคุมคุณภาพอากาศให้เหมาะสมกับผู้อยู่อาศัย [21] นอกจากนี้ระบบ HVAC ได้นำมาควบคุมพื้นที่การทำงานหลายรูปแบบ เช่น ไดนามิกโซน [22] และควบคุมระบบปรับอากาศแบบหลายโซน เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สำคัญสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 20% [23]

นอกจากการนำระบบระบายอากาศมาใช้เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคารแล้ว ยังได้มีการนำระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) มาใช้ในการลดอุณหภูมิด้วย เช่น การนำระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของคอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งลดอุณหภูมิสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำลง ส่งผลให้แรงดันตกคร่อมเครื่องอัดไอ (Compressor) ลดลง ทำให้ประหยัดพลังงานได้ 8% และเครื่องปรับอากาศทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 14.25% [24] ระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำมี 2 แบบ คือ ระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำทางตรง (Direct water Evaporative Cooling System : DEC) และระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำทางอ้อม (Indirect water Evaporative Cooling System : IEC) โดยมีการพัฒนาระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำขึ้นมา คือ ระบบปรับ

อากาศแบบระเหยน้ำแบบ 2 ชั้นตอน ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้เหมาะสมกับภูมิภาคที่แห้ง ถึง ปานกลาง เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีน [25] ซึ่งในช่วงแรกนั้นระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ ได้นำมาใช้ในภาคการเกษตร เช่น การนำระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำสำหรับโรงเรือนกล้วยไม้ เพื่อรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ซึ่งระบบนี้ประหยัดพลังงานได้สูงกว่าการใช้เครื่องปรับอากาศแบบเดิม ทำให้ระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำจึงได้นำมาใช้ในโรงเรือนภาคการเกษตรมากขึ้น [26] และต่อมาได้นำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น การนำระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำมาใช้ถ่ายเทความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ [27] นอกจากนี้ในภาคครัวเรือนก็ได้นำระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำมาใช้ทั้งภายในและภายนอกบ้าน ซึ่งมีความวิจัยทำการจำลองเชิงตัวเลขถึงอิทธิพลของลมจากธรรมชาติของสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อใช้ระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำมาช่วยในการกำจัดความร้อนแฝงของหยดน้ำ ทำให้ลดอุณหภูมิได้ถึง $6-7^{\circ}\text{C}$ [28]

เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อความต้องการพลังงานและความสบายของมนุษย์น้อย [29] ซึ่งระบบระบายอากาศนั้นขึ้นอยู่กับหลายอย่าง เช่น การกำหนดค่าของเพดานมีผลต่อการอัตราการไหลของอากาศ โดยการประเมินผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดค่าของเพดาน อธิบายจากการจำลองอุโมงค์ลมและเปรียบเทียบกับห้องจำลองที่มีค่าเพดานแตกต่างกันไป เช่น เพดานทึบ ไม่มีเพดานเปิดโล่ง และเพดานทรงโค้งทึบ ดังรูปที่ 1.7 (ก.), (ข.), (ค.) ตามลำดับ ซึ่งทำให้เห็นว่าการกำหนดค่าของเพดานมีผลกระทบต่ออัตราการไหลเวียนอากาศภายในอาคารและอัตราการไหลอากาศ [30]



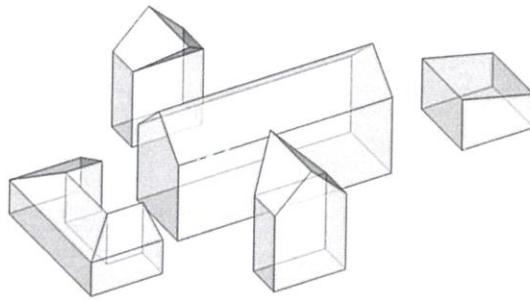
(ก.) เพดานทึบ

(ข.) ไม่มีเพดานเปิดโล่ง

(ค.) เพดานทรงโค้งทึบ

รูปที่ 1.7 การกำหนดค่าเพดานที่แตกต่างกันในการก่อสร้าง

มุมของหลังคาและฉนวนหลังคามีผลกับความร้อนซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานด้วย ดังรูปที่ 1.8 ซึ่งมีการนำฉนวนกันความร้อนใยแร่ (Mineral Wool) มาทำเป็นฉนวนหลังคาเพื่อกันความร้อน และการเลือกมุมหลังคา เนื่องจากความร้อนที่เหมาะสม ทำให้มีการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น [31] สำหรับการใช ฉนวนกันความร้อนในบ้านและโรงเรือน ต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และวิเคราะห์อิทธิพลของฉนวนกันความร้อนในการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา โดยการติดตั้งฉนวนในสภาพอากาศที่แตกต่างกันทำให้ประสิทธิภาพของฉนวนแตกต่างกันด้วย [32]

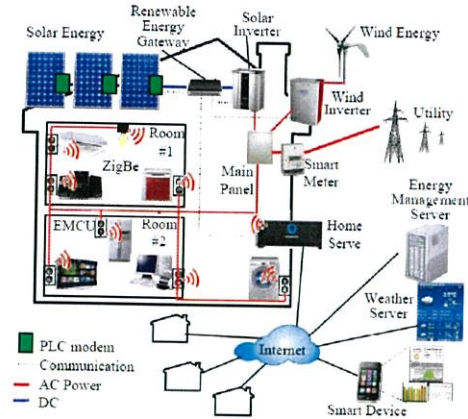


รูปที่ 1.8 รูปแบบการสร้างมูมหลังคา

ในประเทศเม็กซิโก ได้มีการใช้ระบบระบายอากาศตามธรรมชาติภายใต้เงื่อนไขอุณหภูมิอบอุ่น ให้มีการประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การระบายอากาศตามธรรมชาติเป็นแบบวิธีการระบายความร้อนแบบพาสซีฟ ช่วยเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อน ซึ่งประเทศเม็กซิโกเป็นประเทศที่ตั้งในสภาพภูมิอากาศอบอุ่น การศึกษาจะเสนอวิธีการ เช่น การแสดงที่มีรูปแบบการระบายอากาศแบบง่าย โดยการจำลองการไหลของอากาศร้อนจำนวน 27 กรณี ของอาคารบ้านเรือน รวมถึงคุณลักษณะเฉพาะของการออกแบบอาคารและสภาพภูมิอากาศที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงาน [33] และได้มีการสร้างโมเดลการควบคุมความร้อนและการระบายความร้อนโดยมุ่งเน้นที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อให้ความร้อนและความเย็นในบ้านที่เรียบง่ายประกอบด้วยสามห้อง ใช้การควบคุมและทำนายรูปแบบได้อย่างเต็มที่ คำนึงถึงสถานะที่มีอุณหภูมิปัจจุบันในบ้าน 24 ชั่วโมงและคำสั่งควบคุมในการพยากรณ์ล่วงหน้า ในการระบายความร้อนสำหรับห้องพักในบ้าน [34]

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) เพื่อประเมินคุณภาพความสบายประกอบด้วย แก๊สเซนเซอร์ (Gas sensor array) ระบบเก็บข้อมูลและระบบรับรู้ ซึ่งแก๊สเซนเซอร์ (Gas sensor array) มีความไว ต่อแก๊สพิษที่เป็นมลภาวะภายในอาคาร และมีความไวต่ออุณหภูมิและความชื้นเป็นอย่างดี ซึ่งระบบมีการจัดประเภทผลการวัดในเชิงคุณภาพตามบริเวณและใช้เวลาในการตัดสินใจในแง่ของความสบายภายในอาคารบ้านและสภาพการทำงาน [35]

บ้านอัจฉริยะ (Smart Home) ระบบการจัดการพลังงานรวมทั้งพลังงานทดแทนบนพื้นฐานของซิกบี (ZigBee) และ เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ดังรูปที่ 1.9 โดยระบบการจัดการพลังงานบ้านต้องพิจารณาถึงการใช้พลังงานและการสร้างเพื่อลดการใช้จ่ายด้านพลังงาน ซิกบี (ZigBee) จะตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ใช้ตรวจสอบการใช้พลังงานจากการสร้างพลังงานทดแทน เซิร์ฟเวอร์ที่บ้านรวบรวมการใช้พลังงานและข้อมูลเพื่อวิเคราะห์สำหรับการประมาณค่าพลังงานและควบคุมพลังงานที่บ้านตามตารางเวลาการใช้งาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานการบริหารจัดการพลังงานจากระยะไกล [36]



รูปที่ 1.9 บ้านอัจฉริยะ (smart home)

จากสภาพแวดล้อมกับการดำเนินชีวิตของบุคคลในปัจจุบันและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับปริญญาโทเรื่องระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย ที่ได้นำมาเป็นแนวความคิดในการทำปริญญาโทนี้ โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยเรื่องอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อร่างกายของมนุษย์ การระบายอากาศและการหมุนเวียนของอากาศอย่างเหมาะสม เป็นต้น จึงนำมาเป็นแนวความคิดที่ช่วยลดการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยลงโดยอาศัย โดยเน้นการลดการใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมากภายในบ้านและนำมาเป็นโหลดที่ใช้ในการทดลอง โดยทำการออกแบบระบบระบายอากาศ ที่สามารถระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับระบบปรับอากาศวิธีระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ซึ่งมีหลักการคือใช้พัดลมเป่าท่อซึ่งขดตัวทาบไปมาเหมือนรังผึ้ง (Cooling Pad) และมีน้ำไหลผ่านภายในขดท่อ ซึ่งพัดลมเป่าท่อทำให้เกิดลมเย็นจากความชื้นของน้ำทำให้เข้าไปในระบบระบายอากาศปิดที่ออกแบบไว้ข้างต้น โดยระบบใช้ตัวตรวจจับอุณหภูมิเพื่อควบคุมการทำงานของตัวระบายอากาศและพัดลมไอน้ำโดยใช้คำสั่งภาษาแลตเตอร์ ผ่านเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้(Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุม โดยในการควบคุมแบ่งระดับของอุณหภูมิออกเป็น 3 ระดับโดยในแต่ละระดับส่งผลต่อการทำงานของจำนวนพัดลมไอน้ำ การทดลองทำโดยออกแบบบ้านจำลองจากการนำเอาข้อมูลอ้างอิงจากเอกสารงานวิจัยมาใช้ในการออกแบบและนำอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ มาติดตั้งภายในบ้านจำลองเพื่อควบคุมให้อากาศภายในบ้านจำลองอยู่ในโซนที่มีความสะดวกสบายตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ทำให้ได้สภาพอากาศภายในบ้านจำลองที่มีความสะดวกสบาย และลดการใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ แล้วทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณไฟฟ้าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ของระบบระบายอากาศที่ออกแบบขึ้นเพื่อให้เห็นว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถลดอุณหภูมิและใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและออกแบบระบบระบายอากาศร่วมกับระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เพื่อลดอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุม
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมอุปกรณ์ของระบบระบายอากาศและพัดลมของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ที่ออกแบบไว้ในการควบคุมอากาศภายในบ้านจำลองให้ได้ตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
3. เพื่อศึกษาผลกระทบของผนังบ้านจำลองที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ โดยใช้ผนัง 2 ชนิด คือ สมาร์ทบอร์ด (Smart board) และ พลาสวูด (Plastwood)
4. เพื่อศึกษาผลกระทบของฉนวนใต้หลังคาซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ โดยแบ่งหลังคาออกเป็น 2 ชนิด คือ หลังคามีฉนวนและหลังคาไม่มีฉนวน
5. เพื่อศึกษาผลกระทบของทิศทางการจัดวางตัวของบ้านจำลองที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ โดยพิจารณาทั้งหมด 4 ทิศทางคือ 1.ทิศเหนือ 2. ทิศตะวันออก 3. ทิศใต้ 4. ทิศตะวันตก
6. เพื่อศึกษาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบระบายอากาศภายในบ้านเพื่อประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นโครงการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้างระบบระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของระบบโดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ควบคุมการทำงานของพัดลมประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ควบคุมอุณหภูมิ โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องจำลอง (ΔT) มากที่สุด และในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ มีพัดลมระบายอากาศควบคุมไม่ให้เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ (30 – 60 %) หลังจากนั้นศึกษาการทดลองทั้งหมด 16 กรณี คือ การทดลองได้ทดลองใช้ผนัง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือ ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) เป็นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์เมนต์ และผนังพลาสวูด (Plastwood) เป็นแผ่นพีวีซี (PVC) โฟมมีลักษณะผิวเรียบ แล้วทำการหุ้มหน้าบ้านแบบจำลองนี้ทั้งหมด 4 ทิศที่แตกต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และทำการเปลี่ยนหลังคา 2 แบบ คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวน และหลังคาที่มีฉนวน และทำการเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของระบบระบายอากาศกับเครื่องปรับอากาศโดยคิดที่อุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันเพื่อเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

ปริญญาานิพนธ์นี้ทำเพื่อออกแบบและสร้างระบบระบายอากาศภายในบ้าน เพื่อให้มีอุณหภูมิลดลงและให้สภาพอากาศมีความเหมาะสมในการอยู่อาศัยตามคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ) โดยนำวิธีการระบายอากาศของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) มาประยุกต์ใช้ และนำเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) มาควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) เพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติ

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ตั้งแต่ 1 กันยายน พ.ศ. 2558 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2559 โดยมีแผนดำเนินการดังนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ
 - การดำเนินงานในเดือนที่ 1
 - ศึกษาการใช้โปรแกรมจำลองการหมุนเวียนของอากาศ เพื่อเตรียมพร้อมใช้คำนวณ ทิศทางการไหลเวียนของอากาศภายในบ้านจำลอง
 - ศึกษาการออกแบบบ้านจำลองและลักษณะของบ้านที่มีการถ่ายเทอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น มุมหลังคา หน้าต่าง ประตู และประเภทฉนวนกันความร้อน
 - การดำเนินงานเดือนที่ 2
 - ศึกษาการใช้ภาษา แลตเตอร์ (Ladder) สำหรับการเขียนวงจรควบคุมอุณหภูมิของ ใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC)
 - ศึกษาเครื่องตรวจจับ (Sensor) ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิ
 - ศึกษาชนิดของ ใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการประกอบวงจรควบคุมอุณหภูมิ
2. วางแผนการดำเนินการเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการจัดซื้อและประกอบวงจร
 - การดำเนินการเดือนที่ 3
 - ออกแบบวงจรตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ในการตรวจจับอุณหภูมิภายในชุดทดลอง
 - นำข้อมูลการหมุนเวียนของอากาศมาออกแบบชุดทดลองให้สอดคล้องกับทิศทางการไหลของอากาศที่คำนวณได้จากโปรแกรม
 - จัดซื้ออุปกรณ์นำมาประกอบชิ้นงาน

3. จัดทำการประกอบชิ้นงาน

- การดำเนินงานเดือนที่ 4
 - นำประกอบชุดทดลองตามแบบที่วางไว้แล้ว
 - ประกอบชิ้นงานวงจรควบคุมอุณหภูมิตามแบบที่ได้วางเอาไว้

4. ทดสอบวงจรและคิดคำนวณเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านเดี่ยว

- การดำเนินการเดือนที่ 5, 6, และ 7
 - ทดสอบวงจร
 - เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าในเชิงเศรษฐศาสตร์

5. สรุปผลการทดลองงานและจัดเตรียมการนำเสนองาน

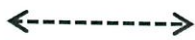
- การดำเนินงานเดือนที่ 8
 - ทำการเรียบเรียงข้อมูลตั้งแต่เริ่มโครงการจนจบโครงการ
 - จัดทำรูปเล่มรายงานของปริญาานิพนธ์และสื่อนำเสนอ

ตารางที่ 1.1 สรุปแผนการดำเนินงาน

การดำเนินการ	ระยะเวลาการทดลอง																															
	ภาคเรียนที่ 1														ภาคเรียนที่ 2																	
	ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาการใช้โปรแกรมจำลองการหมุนเวียนของอากาศ และศึกษาการออกแบบบ้านจำลอง	←————→																															
ศึกษาการใช้ภาษา แลตเตอร์ สำหรับการเขียนวงจรควบคุม อุณหภูมิของ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลโทรลเลอร์					←————→																											
ออกแบบวงจรตรวจจับอุณหภูมิที่จะใช้ในการตรวจจับ อุณหภูมิภายในชุดทดลอง									←————→																							
- นำประกอบชุดทดลองตามแบบที่วางไว้แล้ว - ประกอบชิ้นงานวงจรควบคุมอุณหภูมิตามแบบที่ได้วางเอาไว้													←————→																			
- ทดสอบวงจร - เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าในเชิงเศรษฐศาสตร์																	←————→															
- ทำการเรียบเรียงข้อมูลตั้งแต่เริ่มโครงการจนจบโครงการ - จัดทำรูปเล่มรายงานของโครงการและนำเสนอ																													←————→			



ระยะวางแผน



ระยะปฏิบัติงานจริง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

การทำโครงการวิจัยนี้ทำเพื่อออกแบบและสร้างระบบระบายอากาศ เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านลดลง นำไปสู่การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านลดลงจากการลดใช้เครื่องปรับอากาศ มีประโยชน์แบ่งออกได้ 2 ด้าน ดังนี้

1. ประโยชน์ในด้านการอนุรักษ์พลังงาน

- 1.1 เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคครัวเรือน
- 1.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า
- 1.3 ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าเหลือเพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นในอนาคต
- 1.4 ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่นำมาใช้การผลิตพลังงานไฟฟ้า

2. ประโยชน์ในด้านงานวิจัย

- 2.1 สามารถออกแบบระบบระบายอากาศ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 เพื่อรวมศาสตร์ความรู้ทางวิศวกรรมด้านระบบการจัดการพลังงานบ้าน (Home Energy Management System : HEMS) เกี่ยวกับระบบระบายอากาศภายในบ้าน
- 2.3 สามารถนำความรู้ที่ได้จากโครงการชิ้นนี้ไปเผยแพร่ เพื่อการโครงการวิจัยและพัฒนาในองค์ความรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานโครงการวิจัยชิ้นนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

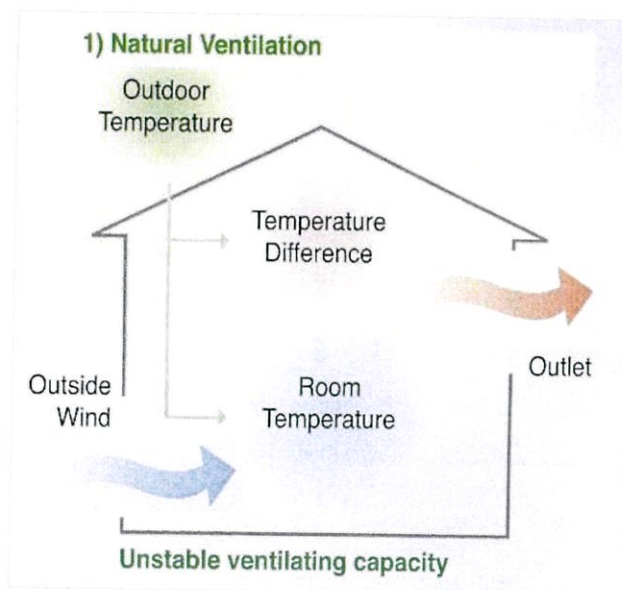
ในบทนี้เป็นหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) โดยต้องคำนึงถึงการระบายอากาศ (Ventilation System) และ ควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality) เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและควบคุมการทำงานด้วยเครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมอัตโนมัติ

2.1 การระบายอากาศ (Ventilation System)

การระบายอากาศ (Ventilation System) คือ การจัดระบบการถ่ายเทอากาศจากภายนอกอาคารเข้ามาภายในอาคาร เพื่อให้มีการผลัดเปลี่ยนอากาศ ลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซ ลดความชื้นของกลิ่นหรือขจัดให้หมดไป และทำให้ความชื้นที่พื้นผิวระเหยง่ายขึ้น การระบายอากาศทำได้ 2 วิธี คือ

2.1.1 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)

ห้องต้องมีผนังด้านนอกอย่างน้อยหนึ่งด้านโดยมีช่องเปิดสู่ภายนอกได้ ซึ่งจะต้องเปิดให้อากาศผ่านในขณะที่ใช้สอยพื้นที่นั้น ต้องมีพื้นที่ลมผ่านสุทธิไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับพื้นที่ ดังรูปที่ 2.1

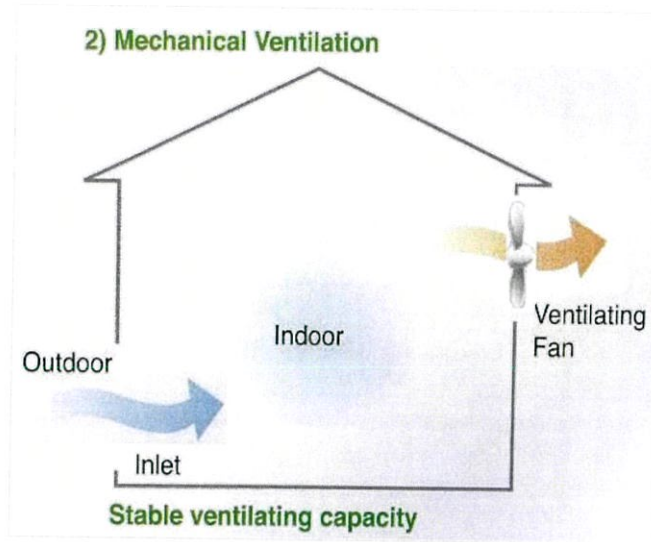


รูปที่ 2.1 การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)

(ที่มา : <http://www.rpci.co.th>)

2.1.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation)

ใช้กับพื้นที่ใดก็ได้ โดยให้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศเพื่อให้เกิดการนำอากาศภายนอกเข้าสู่ห้องหรือบริเวณ โดยมีอัตราไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯ ที่ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ดังรูปที่ 2.2 [37]

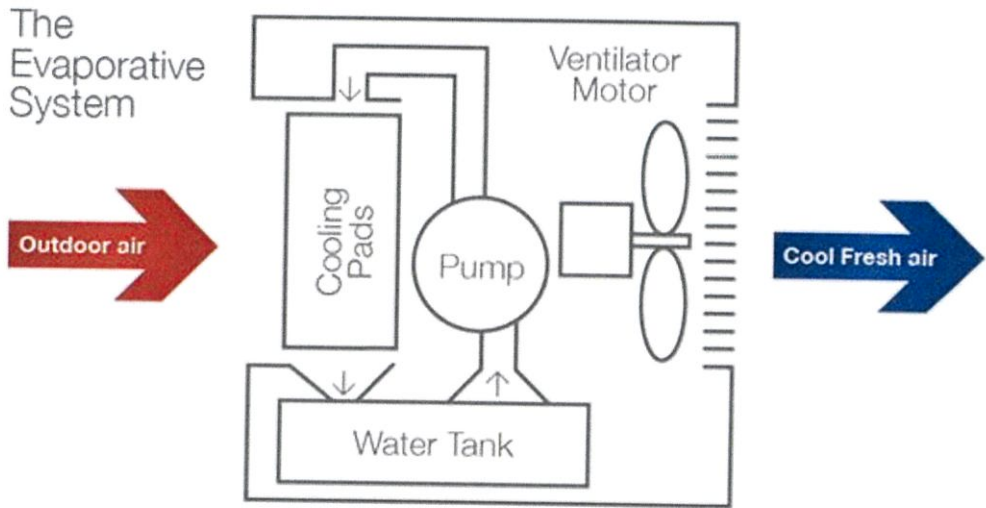


รูปที่ 2.2 การระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation)

(ที่มา : <http://www.rpci.co.th>)

2.2 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System)

เป็นหลักการวิธีทางธรรมชาติที่ใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศร้อน หลักการคือการแบ่งอนุภาคของน้ำให้มีขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวมาก เมื่ออากาศร้อนผ่านพื้นผิวน้ำ อากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent Heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนกลายเป็นไอ ผลที่ได้ คือ อากาศร้อนอุณหภูมิจะลดลงแต่มีปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มมากขึ้นและน้ำบางส่วนมีอนุภาคเล็กมากที่ยังไม่เปลี่ยนสถานะเมื่อสัมผัสความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไอได้รวดเร็ว เปรียบเหมือนสถานะของบริเวณแหล่งน้ำจะรู้สึกเย็น น้ำบริเวณพื้นที่นั้นจะระเหยกลายเป็นไอโดยที่น้ำระเหยจะดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงไปด้วย จึงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศใกล้เคียงกันที่ไม่มีแหล่งน้ำ [38] ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ
(Evaporative Cooling System)

(ที่มา : <http://www.estexpert.com>)

2.2.1 การระเหยของน้ำ (Water evaporation) คือ การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอน้ำ มีการดูดซับความร้อนแฝง (Latent heat) จากอากาศไปใช้ เมื่อความร้อนในอากาศลดลงทำให้อุณหภูมิของอากาศลดต่ำลง

- ในการระเหยน้ำ 1 gm ดูดซับความร้อนแฝง 540 cal
- ในการระเหยน้ำ 1 lb ดูดซับความร้อนแฝง 1,070 Btu
- ในการระเหยน้ำ 1 gal ดูดซับความร้อนแฝง 8,700 Btu

ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้ สสารเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิของสสารนั้นไม่เปลี่ยนแปลง [16]

การลดอุณหภูมิด้วยการระเหยน้ำ เทียบกับการลดอุณหภูมิจากน้ำแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิของอากาศด้วยการระเหยน้ำ กับ การลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำแข็ง พบว่าการลดอุณหภูมิโดยการระเหยน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่า 6.75 เท่า และใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 1 ใน 10 ส่วน น้ำแข็งมีค่าความร้อนแฝง 80 Cal/ g ไอน้ำมีค่าความร้อนแฝง 540 Cal/ g [39]

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระเหยน้ำ

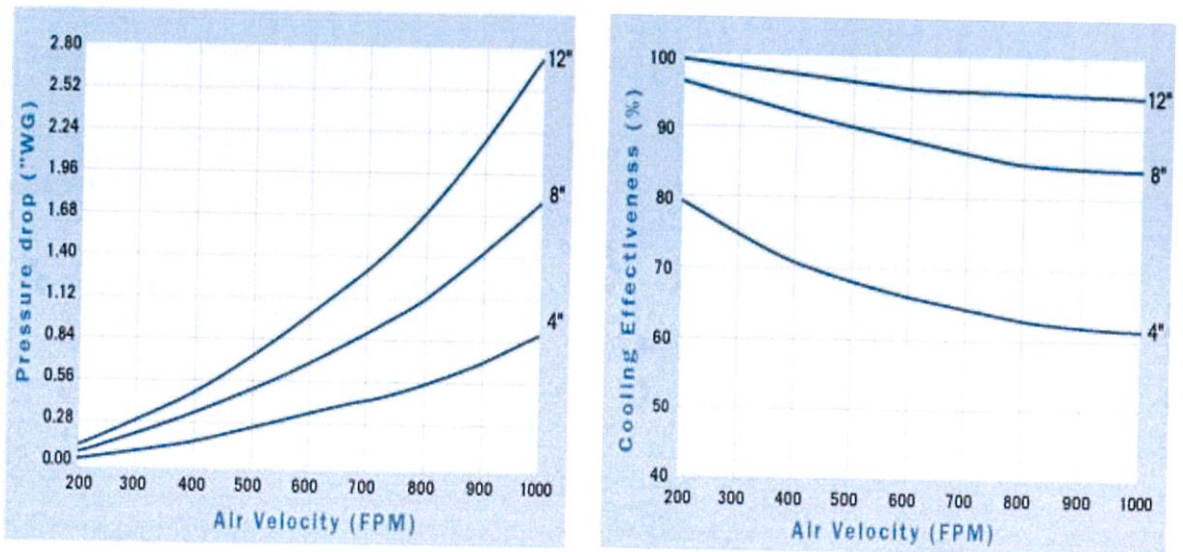
1. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Relative humidity) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ
2. การอุ้มน้ำได้เต็มที่ของอากาศนั้นที่อุณหภูมิ เท่ากัน มีหน่วยเป็น %RH

คุณสมบัติของอากาศในการอุ้มน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อุณหภูมิของอากาศ สูงขึ้นอากาศขยายตัวหรือมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณไอน้ำในอากาศมีอยู่เท่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรอากาศใหม่ จึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง ดังนั้น ทุกอุณหภูมิของอากาศที่สูงขึ้น 2°F (11°C) ทำให้อากาศขยายตัวเพิ่มปริมาตรขึ้นเป็น 2 เท่า ขณะที่ปริมาณไอน้ำในอากาศมีอยู่เท่าเดิม มีผลทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงจากเดิมครึ่งหนึ่ง

3. อุณหภูมิของอากาศ
4. พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำ กับ อากาศ [39]

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดอุณหภูมิโดยระบบการระเหยน้ำ

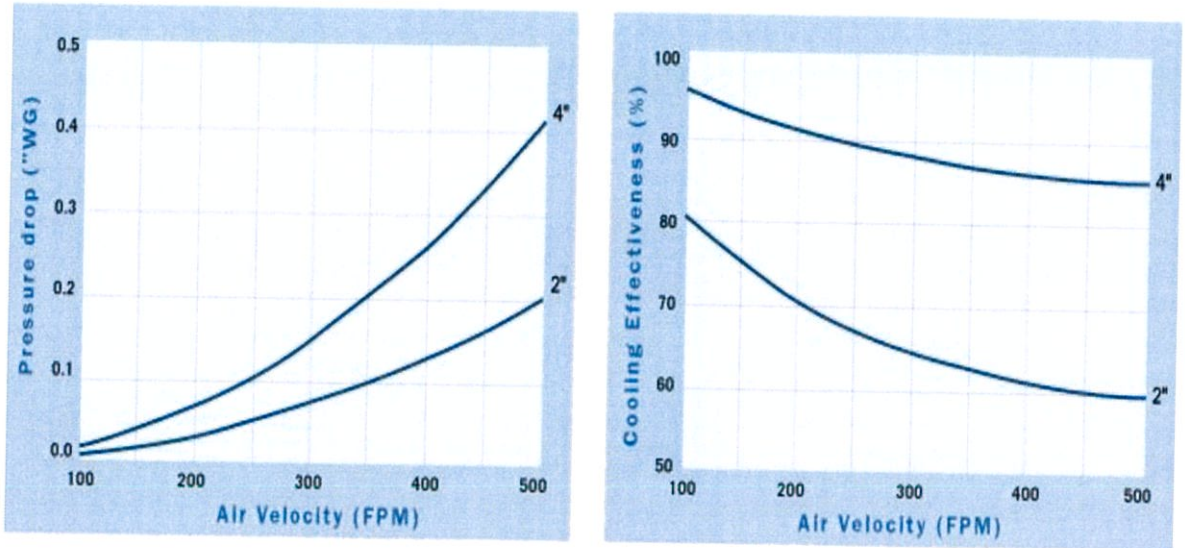
1. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ
2. ชนิดของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad)
 - พื้นที่ผิวสัมผัสอากาศ ขึ้นอยู่กับความสูงของลอนคลื่นของแผ่นทำความเย็น (Flute Height)
 - Pad 7090 1 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ผิวสัมผัส 440 ตารางเมตร มีมุมมองของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) 45/45 องศา มีข้อมูลประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เส้นโค้งประสิทธิภาพของแผงรังผึ้งทำความเย็น ชนิด 7090

(ที่มา : <http://www.nature-cool.com>)

- Pad 5090 1 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ผิวสัมผัส 660 ตารางเมตร มีมุมมองของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) 60/30 องศา มีข้อมูลประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เส้นโค้งประสิทธิภาพของแผงรังผึ้งทำความเย็น ชนิด 50901

(ที่มา : <http://www.nature-cool.com/>)

3. ความหนาของแผ่นทำความเย็น

- ประสิทธิภาพการทำความเย็นของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) ขึ้นกับความหนาของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad)
- ความหนาของแผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) ที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นสูงขึ้น

4. ความเร็วลมผ่านแผ่นทำความเย็น (Cooling Pad)

- ความเร็วลมที่ผ่านแผ่นทำความเย็นยิ่งความเร็วสูงขึ้น ประสิทธิภาพการทำความเย็นลดลง [40]

$$\text{ความเร็วลมผ่านแผ่นทำความเย็น} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \frac{\text{AIR FLOW (m}^3/\text{min)}}{\text{cooling pad Area (m}^2) \times 60} \quad (2.1)$$

2.2.4 แผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad)

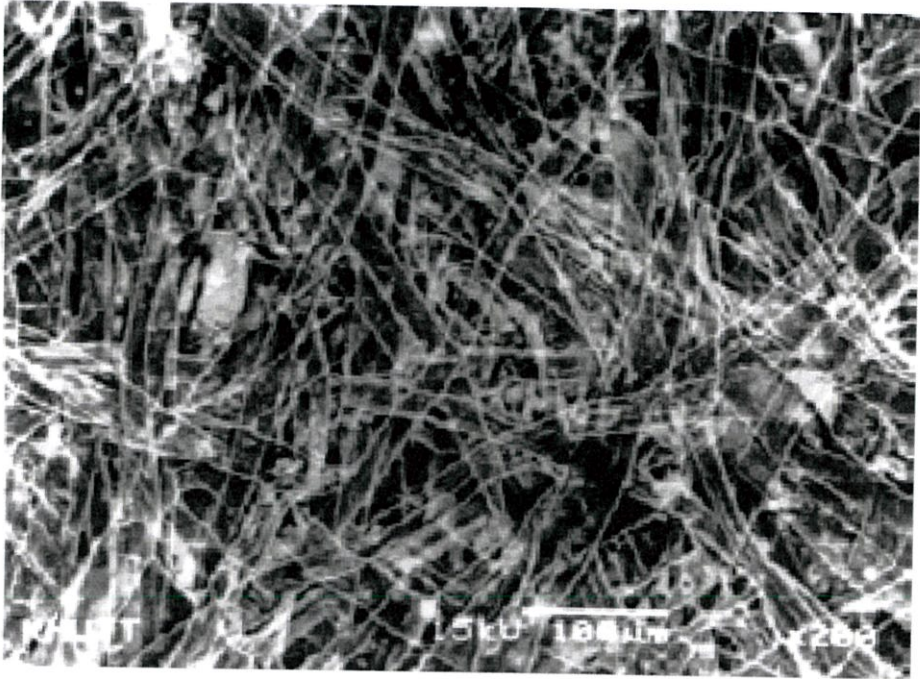
แผ่นรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) คือ อุปกรณ์สำคัญของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ มีลักษณะดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผ่นรังผึ้งทำความเย็น Cooling Pad

(ที่มา : <http://www.nature-cool.com>)

ค้นพบโดย Carl Munter ในปี 1980 ทำมาจากเยื่อกระดาษชนิดพิเศษ (Special High Cellulose Material) มีโครงสร้างซับซ้อน ดังรูปที่ 2.7 ได้มีการเคลือบด้วยสารเคมีทำให้มีคุณสมบัติ แข็งแรง ไม่เปื่อยยุ่ยง่าย คงทนต่อการย่อยสลาย มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำ และ อุ่นน้ำได้ดี (Highly Absorbent) ซึ่งแผ่นทำความเย็น 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถอุ้มน้ำได้ 100 ลิตร [40]



รูปที่ 2.7 เยื่อแผ่นรังผึ้งทำความเย็น ถ่ายด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
(Electron Microscope)

(ที่มา : <http://www.nature-cool.com>)

กระบวนการผลิต

1. เคลือบเยื่อกระดาษด้วยสารเคมี เพื่อให้มีคุณสมบัติแข็งแรง ไม่เปื่อยยุ่ยง่าย คงทนต่อการย่อยสลาย มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ และ อุ่นน้ำได้ดี (Highly Absorbent) ดังรูปที่ 2.8



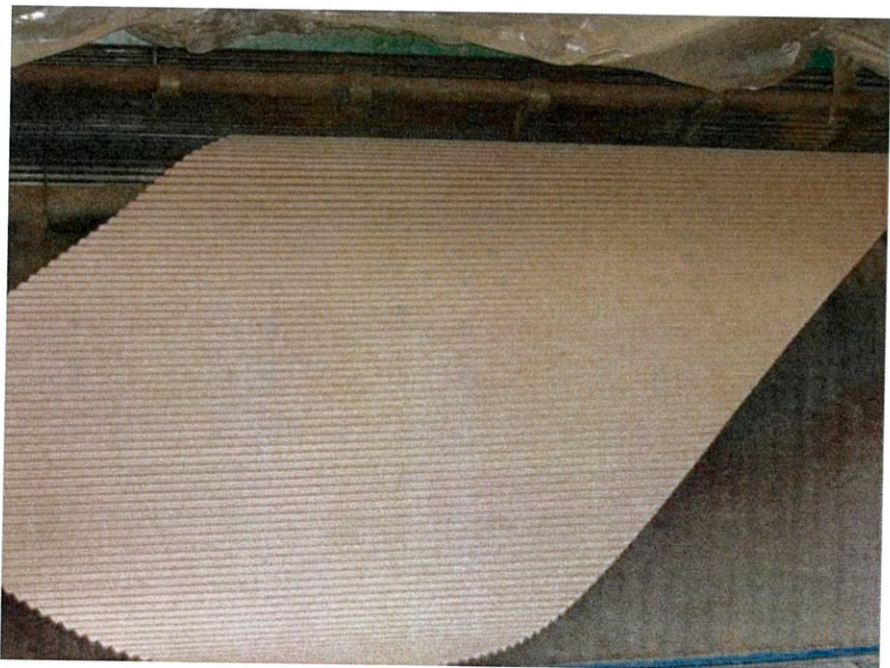
รูปที่ 2.8 เคลือบเยื่อกระดาษด้วยสารเคมี
(ที่มา : www.b-inter.com)

2. อบเยื่อกระดาษให้แห้ง เพื่อไม่ให้มีความชื้น ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 อบเยื่อกระดาษให้แห้ง และตัดขนาด
(ที่มา : www.b-inter.com)

3. นำเข้าเครื่องขึ้นลอนเยื่อกระดาษ โดยมี 2 ชนิด คือ Pad 7090 ซึ่งมีมุมมองขาของลอนเป็น 45/45 องศา และ Pad 5090 ซึ่งมีมุมมองขาของลอนเป็น 60/30 องศา ดังรูปที่ 2.10



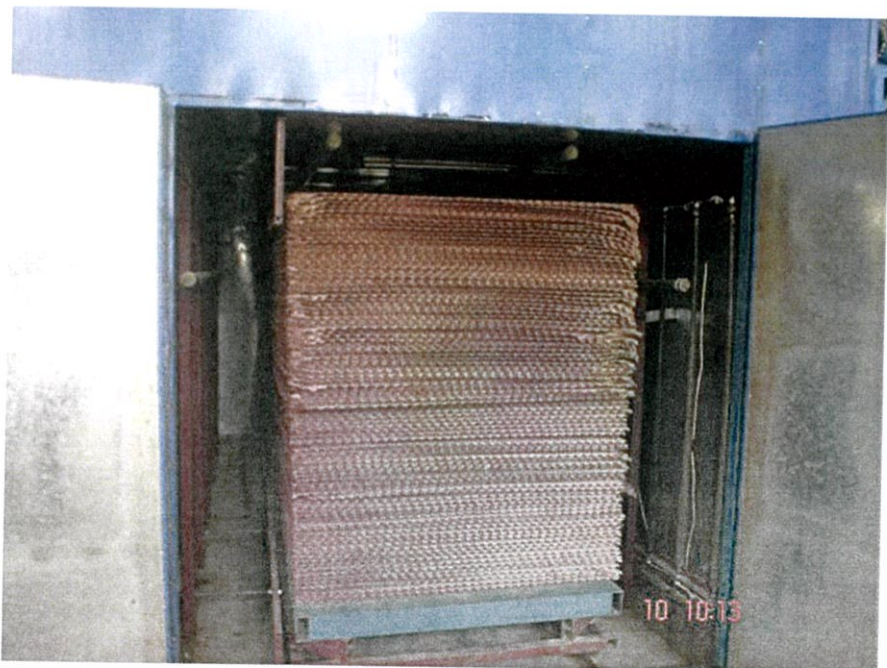
รูปที่ 2.10 นำเข้าเครื่องขึ้นลอนเยื่อกระดาษ
(ที่มา : www.b-inter.com)

4. นำเยื่อกระดาษเขาเครื่องทากาว เพื่อทำการประกบสลับลอนกันแต่ละชั้น ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 นำเยื่อกระดาษเขาเครื่องทากาว
(ที่มา : www.b-inter.com)

5. นำเยื่อกระดาษที่ทากาวแล้วเข้าเครื่องอบ เพื่อไม่ให้มีความชื้น ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 นำเยื่อกระดาษที่ทากาวแล้วเข้าเครื่องอบ
(ที่มา : www.b-inter.com)

6. อบด้วยความร้อน 100 –105 °C ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 อบด้วยความร้อน 100 –105 °C
(ที่มา : www.b-inter.com)

7. นำเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ ซึ่งความหนาตามมาตรฐานที่ขายตามท้องตลาดคือ 10 และ 15 เซนติเมตร ดังรูป 2.14 [40]



รูปที่ 2.14 นำเข้าเครื่องตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการ
(ที่มา : www.b-inter.com)

2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

คือ สภาพของอากาศในบริเวณหนึ่ง ภายในอาคารหรือที่พักอาศัย โดยที่สภาพอากาศที่ดีมีเงื่อนไขของการพิจารณา ดังนี้

- ความสุขสบายของคนในการอยู่บริเวณนั้น คืออุณหภูมิของอากาศความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลมของอากาศบริเวณนั้นที่ยอมรับได้
- การหายใจของคนเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่ ณ บริเวณคนอยู่นั้น
- ความเข้มข้นของก๊าซ ไอ อนุภาคของสิ่งสกปรก และสารที่มีกัมมันตภาพรังสีเหล่านี้มีปริมาณไม่มาก ไม่ก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพและร่างกายของคน [41]

ตารางที่ 2.1 ค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	23-26 °C	ASHRAE 55-1992
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60 %	ASHRAE 55-1992
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	ASHRAE 62.1-2007
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	9 ppm	สวล. 2538
อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ	> 2 ACH	วสท. 2547
อนุภาคขนาดเล็ก(PM2.5)	0.025 mg/m ³	สวล. 2553
เชื้อแบคทีเรีย	< 100 CFU/m ³	WHO 1988
เชื้อรา	< 50 CFU/m ³	WHO 1988
เชื้อรา Aspergillus	< 2 CFU/m ³	Alberti et al. 2001

บทที่ 3

การออกแบบและจำลองการไหลของอากาศภายนอกและภายในบ้าน

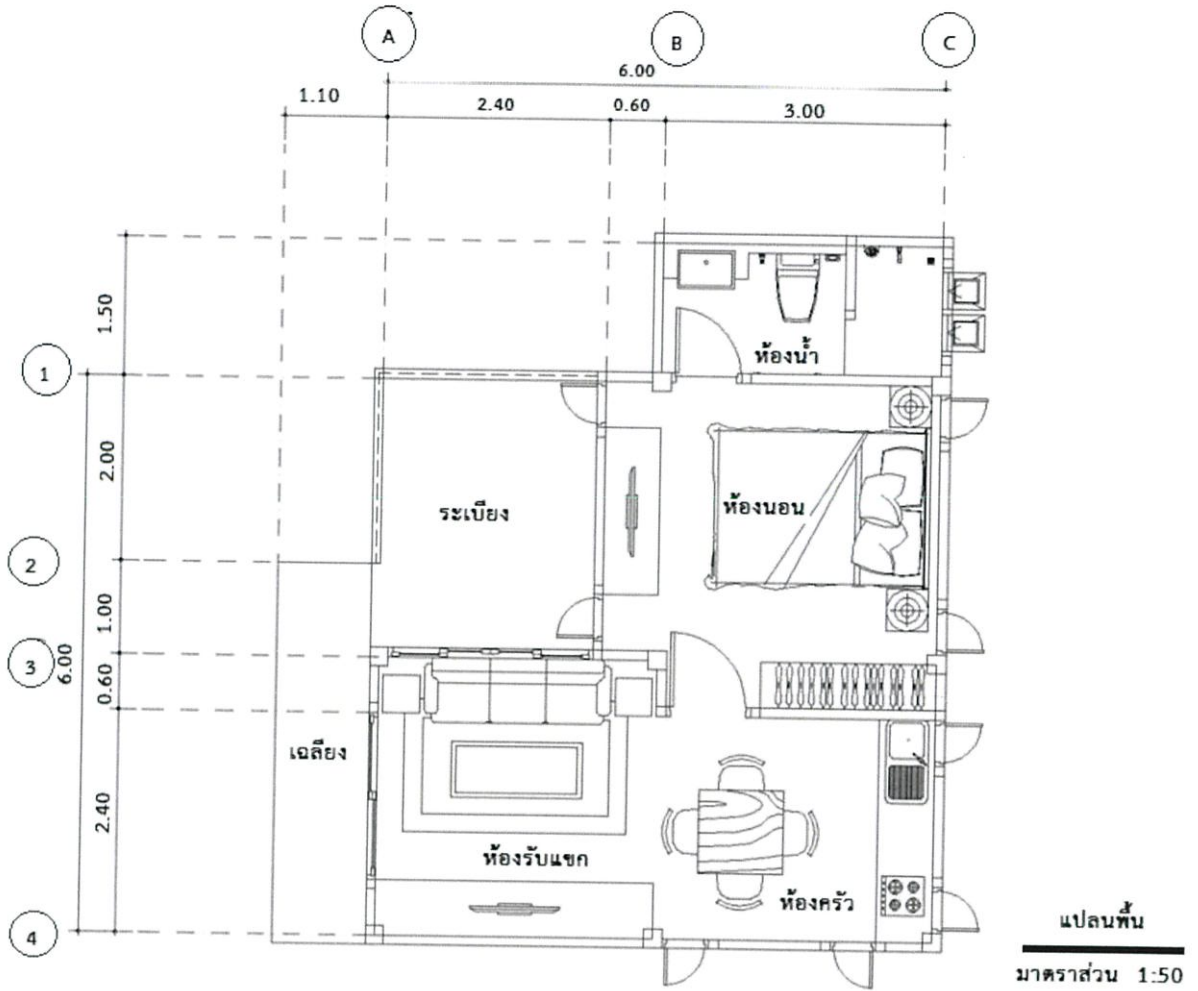
การออกแบบบ้านนั้นมีความสำคัญอย่างมาก เพราะมีผลต่อผู้อยู่อาศัย โดยจะต้องคำนึงถึงคุณภาพอากาศที่ดีต่อการอยู่อาศัย และการถ่ายเทของอากาศ เพื่อช่วยให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบาย (Comfort Zone) การออกแบบบ้านที่สามารถลดอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านได้นั้น สามารถช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศได้ นำไปสู่การประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางเลือกหนึ่ง โดยในบทนี้ได้้นำโปรแกรม CFD มาช่วยในการจำลองการไหลและอุณหภูมิของอากาศ

3.1 ออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

ดำเนินการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน โดยเน้นการถ่ายเทอากาศเพื่อลดอุณหภูมิในบ้านนำไปสู่การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลดลง ซึ่งนำมาทำเป็นบ้านต้นแบบ ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมีขนาด 12×12 ตารางเมตร มี 1 ห้องนอน และ 1 ห้องน้ำ หน้าบ้านหันไปทางทิศใต้ จากนั้นนำบ้านต้นแบบมาออกแบบปรับปรุงใหม่ เพื่อลดอุณหภูมิภายนอกก่อนเข้าสู่ภายในบ้าน



รูปที่ 3.1 บ้านต้นแบบสามมิติ



รูปที่ 3.2 แพลนบ้านต้นแบบ

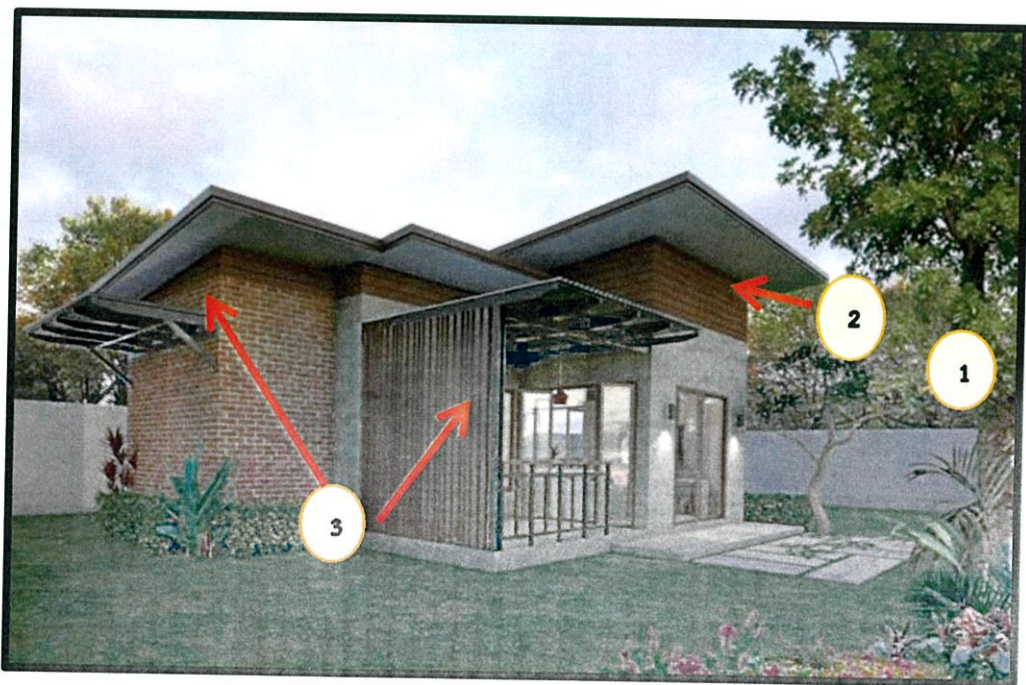
ปัญหาของบ้านต้นแบบ มีดังนี้

1. ไม่มีต้นไม้บังรังสีดวงอาทิตย์ ในการให้ร่มเงาบ้าน
2. ไม่มีช่องระบายอากาศใต้หลังคา ทำให้มีการสะสมความร้อนใต้หลังคา
3. ในด้านทิศตะวันตกจะโดนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน
4. ไม่มีทางให้ลมไหลผ่านออกจากภายในบ้าน ทำให้มีการสะสมความร้อนภายในบ้าน

แนวทางการออกแบบการปรับปรุงบ้านต้นแบบ มีดังนี้

1. ให้มีต้นไม้ในด้านทิศตกและใต้ เพื่อเป็นร่มเงาให้บ้าน โดยเฉพาะทางทิศใต้จึงเน้นเป็นต้นไม้ยืนต้น
2. ออกแบบให้หน้าจั่วของบ้านมีช่องระบายความร้อนใต้หลังคาทะเล จากทิศเหนือ-ใต้
3. ติดแผงบังแดดด้านทิศตะวันตกบริเวณระเบียงจนติดหลังคาเพื่อ ลดรังสีจากดวงอาทิตย์กระทบตัวบ้าน ซึ่งทำให้บ้านร้อน
4. ให้มีช่องลมผ่านเข้าทางห้องรับแขกแล้วออกจากห้องครัว โดยออกแบบเป็นประตูบานเฟี้ยม ซึ่งสามารถเปิดได้สุด เพื่อรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และเพื่อให้บ้านมีอากาศถ่ายเท เพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้าน

ดังนั้น จากแนวทางการปรับปรุงบ้านต้นแบบจะได้บ้านประหยัดพลังงาน โดยลดอุณหภูมิจากภายนอกก่อนเข้าภายในบ้านและเพื่อให้ภายในบ้านมีอากาศถ่ายเท ได้ดังรูป 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 บ้านที่ทำการออกแบบปรับปรุง ในข้อ 1, 2 และ 3



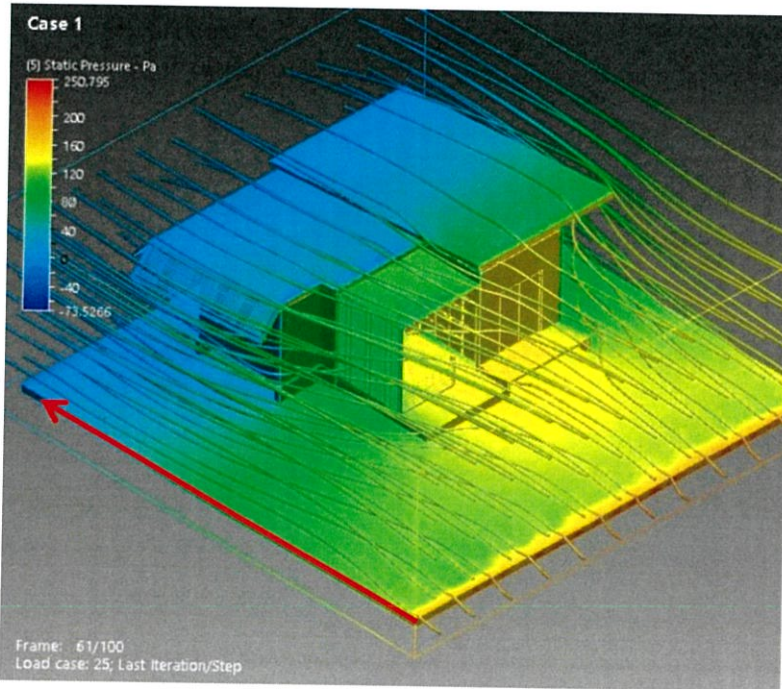
รูปที่ 3.4 บ้านที่ทำการออกแบบปรับปรุง ในข้อที่ 4

3.2 จำลองทิศทางลมภายนอกบ้าน

การจำลองทิศทางลมนั้น คำนึงถึงทิศทางลมของประเทศไทย ซึ่งมาจากแนว ตะวันตกเฉียงใต้ - ตะวันออกเฉียงเหนือ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อน โดยมี ทิศทางลมพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว เพื่อกำหนดเป็นทิศทางลมผ่านภายนอกบ้าน เพื่อดูความดันที่กระทำกับตัวบ้านในทิศทางลมต่างๆ

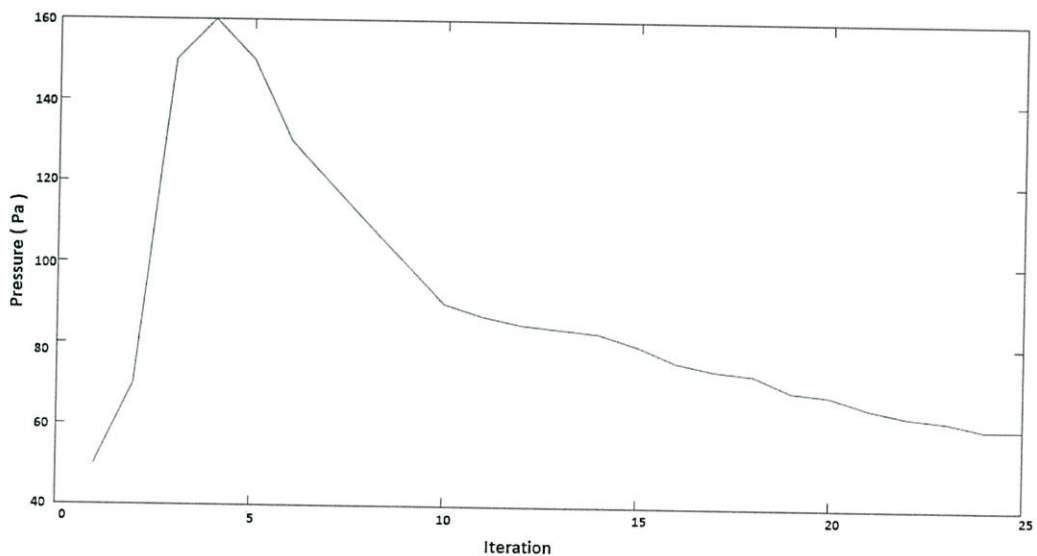
ดังนั้นจึงกำหนดทิศทางลม 3 ทิศที่พัดผ่านภายนอกบ้าน ดังนี้

1. ลมจากทิศใต้ ทิศทางของความดันลมเป็นไปตามทิศลูกศร ในรูปดังรูป 3.4 ในรูปบริเวณสี เหลือง คือ บริเวณที่มีแรงดันลมมาก คือ บริเวณที่แรงดันลมได้กระทบกับผนังบ้าน



รูปที่ 3.5 ความดันลมจากทิศใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน

จากรูป 3.5 แสดงความดันของอากาศ กล่าวคือการเคลื่อนที่ของอากาศจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งโดยปกติอากาศเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่าเสมอ ซึ่งในรูปภาพได้แสดงความดันของอากาศ ส่วนแถบสีที่แบ่งไว้ คือ สีแดงจะมีความดันของอากาศสูงสุด และสีน้ำเงินจะมีความต่ำสุด



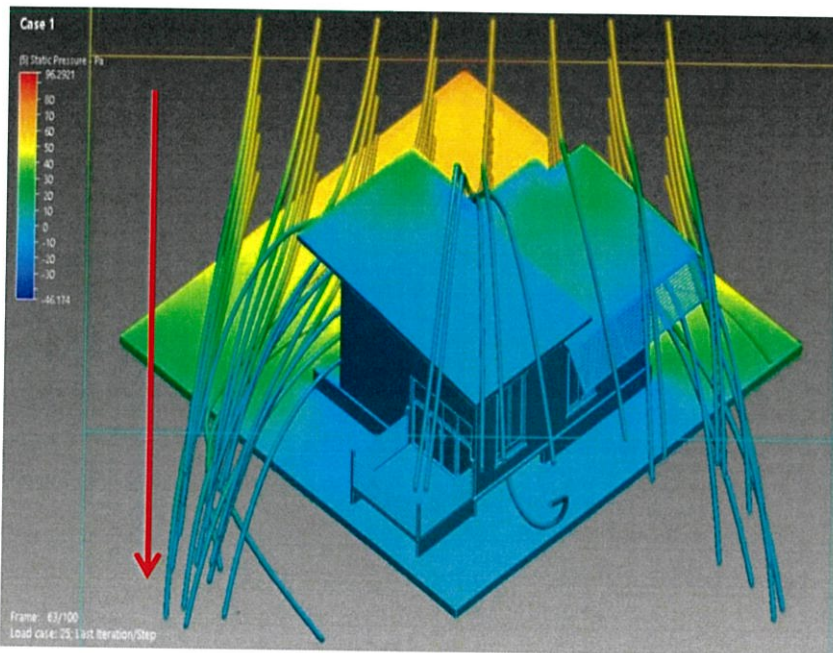
รูปที่ 3.6 กราฟความดันลมจากทิศใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน

จากรูปที่ 3.6 แสดงลมจากทิศใต้มีแรงดันลมเฉลี่ยมากที่สุด คือ 160 Pa เมื่อลมมากระทบกับตัวบ้าน และเมื่อผ่านตัวบ้านไปแรงดันก็จะมีค่าน้อยลงมากอยู่ที่ 60 Pa ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลเนื่องจากสมการที่ 3.1

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

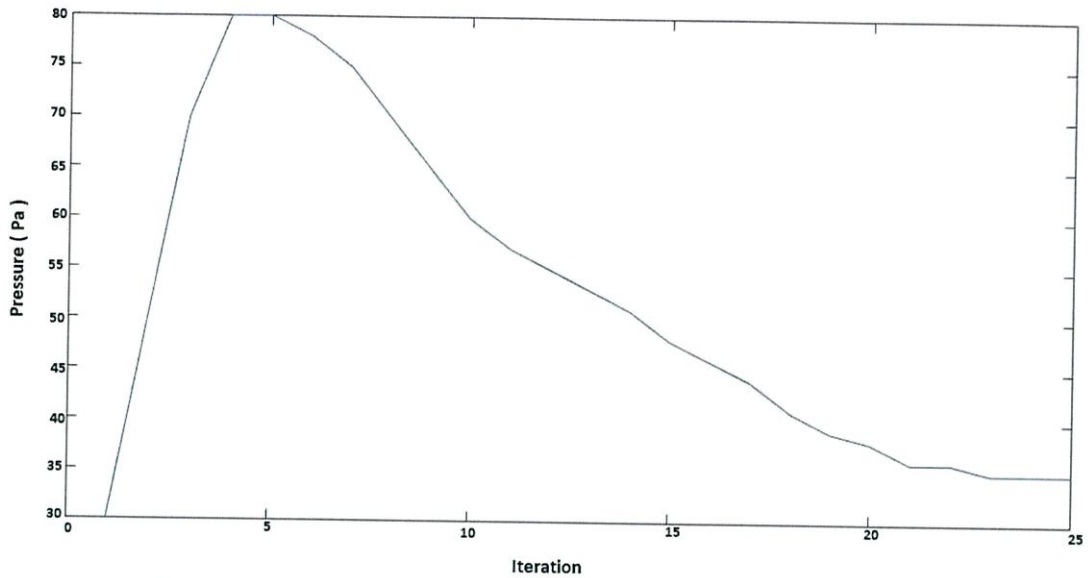
พบว่าในช่วงเริ่มแรกอากาศไม่กระทบตัวบ้านทำให้ความดันยังน้อยอยู่ แต่เมื่ออากาศเริ่มกระทบกับตัวบ้านจึงส่งผลให้ความดันมีค่าเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นเมื่ออากาศที่กระทบกับตัวบ้านหมดไป ความดันก็จะค่อย ๆ ลดลงดังแสดงในกราฟ

2. ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศทางของความดันลมเป็นไปตามทิศลูกศร ในรูปดังรูป 3.6 ในรูปบริเวณสีเหลือง คือ บริเวณที่มีแรงดันลมมาก คือ บริเวณที่แรงดันลมได้กระทบกับผนังบ้าน



รูปที่ 3.7 ความดันลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน

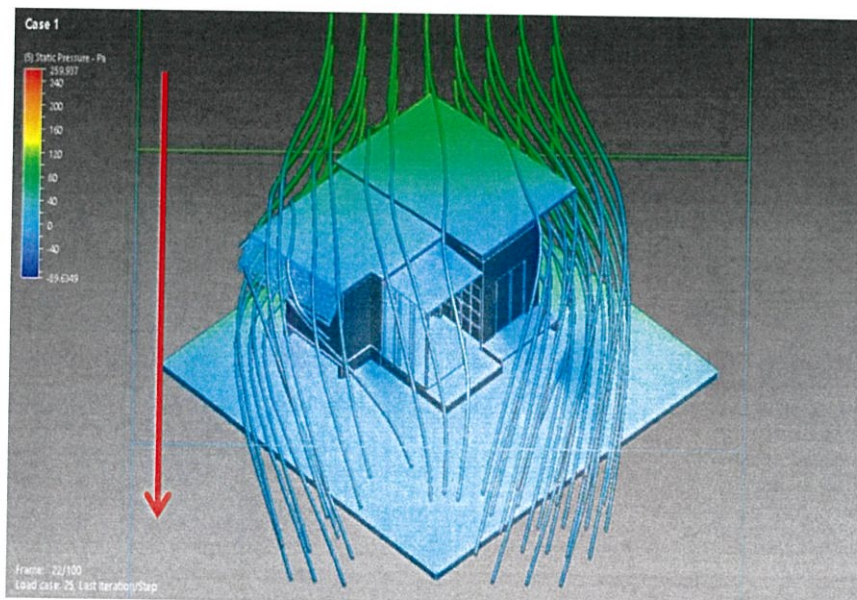
จากรูป 3.7 แสดงความดันของอากาศ กล่าวคือการเคลื่อนที่ของอากาศจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งโดยปกติอากาศเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่าเสมอ ซึ่งในรูปภาพได้แสดงความดันของอากาศ ส่วนแถบสีที่แบ่งไว้ คือ สีแดงจะมีความดันของอากาศสูงสุด และสีน้ำเงินจะมีความต่ำสุด



รูปที่ 3.8 กราฟความดันลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่กระทำกับภายนอกบ้าน

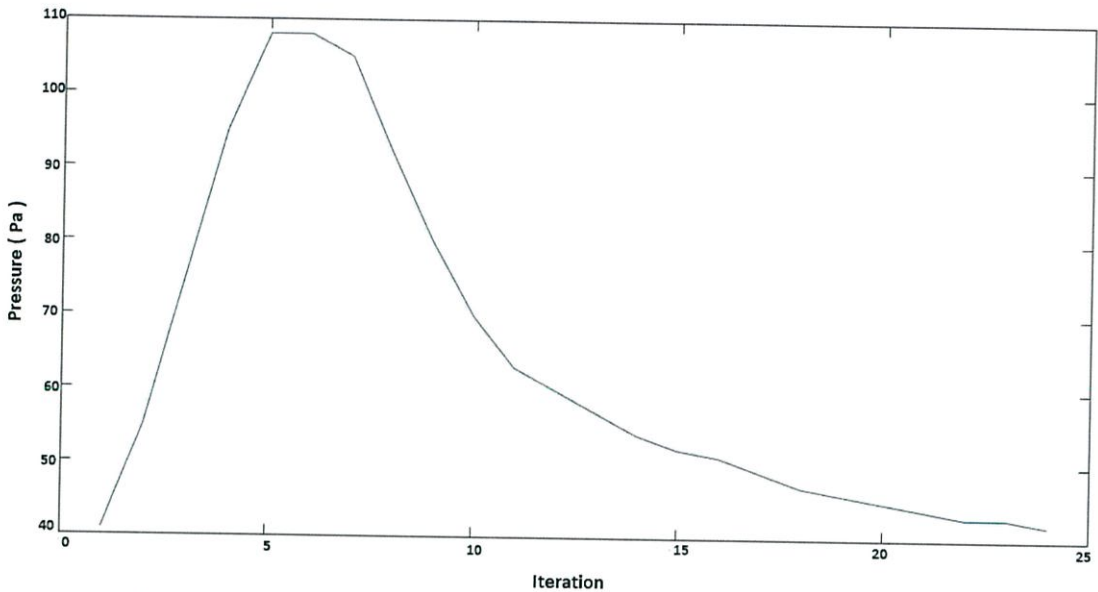
จากรูปที่ 3.8 แสดงลมจากทิศใต้มีแรงดันลมเฉลี่ยมากที่สุด คือ 80 Pa เมื่อลมมากระทบกับตัวบ้าน และเมื่อผ่านตัวบ้านไปแรงดันก็จะมีค่าน้อยลงมากคงที่ที่ 35 Pa ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลเนื่องจากสมการที่ 3.1 พบว่าในช่วงเริ่มแรกอากาศไม่กระทบตัวบ้านทำให้ความดันยังน้อยอยู่ แต่เมื่ออากาศเริ่มกระทบกับตัวบ้านจึงส่งผลให้ความดันมีค่าเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นเมื่ออากาศที่กระทบกับตัวบ้านหมดไป ความดันก็จะค่อย ๆ ลดลงดังแสดงในกราฟ

3. ลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศทางของความดันลมเป็นไปตามทิศลูกศร ในรูปดังรูป 3.8 ในรูปบริเวณสีเหลือง คือ บริเวณที่มีแรงดันลมมาก คือ บริเวณที่แรงดันลมได้กระทบกับผนังบ้าน



รูปที่ 3.9 ความดันลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่กระทำกับภายนอกบ้าน

จากรูป 3.9 แสดงความดันของอากาศ กล่าวคือการเคลื่อนที่ของอากาศจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งโดยปกติอากาศเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันลมสูงไปยังจุดที่มีความดันลมต่ำกว่าเสมอ ซึ่งในรูปภาพได้แสดงความดันของอากาศ ส่วนแถบสีที่แบ่งไว้ คือ สีแดงจะมีความดันของอากาศสูงสุด และสีน้ำเงินจะมีความดันต่ำสุด



รูปที่ 3.10 กราฟความดันลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่กระทำกับภายนอกบ้าน

จากรูปที่ 3.10 แสดงลมจากทิศใต้มีแรงดันลมเฉลี่ยมากที่สุด คือ 110 Pa เมื่อลมมากกระทบกับตัวบ้าน และเมื่อผ่านตัวบ้านไปแรงดันก็จะมีค่าน้อยลงมาคงที่ที่ 40 Pa ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลเนื่องจากสมการที่ 3.1 พบว่าในช่วงเริ่มแรกอากาศไม่กระทบตัวบ้านทำให้ความดันยังน้อยอยู่ แต่เมื่ออากาศเริ่มกระทบกับตัวบ้านจึงส่งผลให้ความดันมีค่าเพิ่มขึ้น และหลังจากนั้นเมื่ออากาศที่กระทบกับตัวบ้านหมดไป ความดันก็จะค่อย ๆ ลดลงดังแสดงในกราฟ

สรุปได้ว่า แรงดันของลมทางทิศใต้มีแรงดันลมกระทบภายนอกบ้านมากที่สุด ทำให้อากาศถ่ายเทเข้าและออกภายนอกบ้านได้ดีที่สุด เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศใต้ เพราะตำแหน่งของทิศทางลมมีผลต่อการถ่ายเทอากาศภายในบ้าน การรู้ตำแหน่งทิศทางลมที่พัดผ่านตัวบ้านนั้น ทำให้สามารถกำหนดทิศทางหน้าบ้านได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้มีอากาศไหลผ่านเข้าภายในบ้าน และสามารถกำหนดทิศทางถ่ายเทอากาศออกได้อย่างเหมาะสมเช่นกัน ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายเมื่อมีอากาศถ่ายเทภายในบ้าน

3.3 จำลองทิศทางการไหลของอากาศภายในบ้านด้วยระบบระบายอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System)

ในการจำลองการไหลของอากาศในบ้านด้วยระบบระบายอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) มีขอบเขตกำหนดการทำงานของระบบ 2 แบบ ดังนี้

1. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน

กำหนดให้พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ทั้งสามตัวทำงานพร้อมกับพัดลมระบายอากาศออกนอกบ้าน

2. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน

กำหนดให้พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ทั้งสามตัวทำงานพร้อมกับพัดลมดูดอากาศและพัดลมระบายอากาศและพัดลมดูดอากาศหยุดลงเมื่ออุณหภูมิภายในบ้านน้อยกว่าภายนอกบ้าน

โดยทั้งสองกรณีจะแบ่งกรณีการทำงานของพัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ตามระดับของอุณหภูมิแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

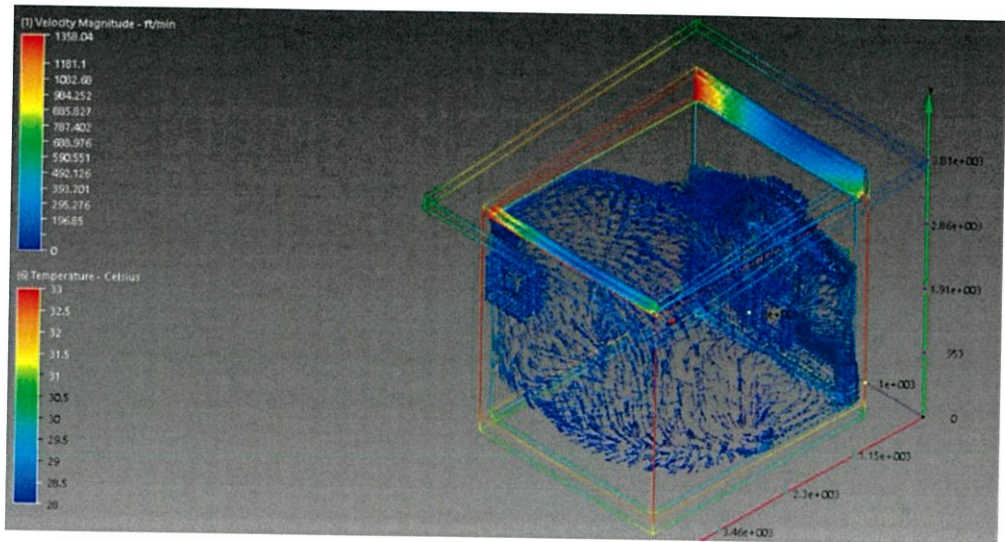
1. ระดับ 4 ช่วงอุณหภูมಿನ้อยกว่ากับ 25 °C พัดลมไม่ทำงาน
2. ระดับ 3 ช่วงอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 25 °C แต่ไม่น้อยกว่า 29 °C
ทำงาน 1 ตัว
3. ระดับ 2 ช่วงอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 29 °C แต่ไม่น้อยกว่า 34 °C
ทำงาน 2 ตัว
4. ระดับ 1 ช่วงอุณหภูมิมากกว่าเท่ากับ 34 °C ทำงาน 3 ตัว

การจำลองการไหลเวียนอากาศภายในบ้าน การจำลองจะจำลองทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องและอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้งระบบซึ่งจะแสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่วนซ้ำ (Iteration) ตั้งแต่ที่ 1 ถึง 100 ทั้ง 2 กรณี ซึ่งทั้งสองกรณีจะแบ่งการจำลองผลของอุณหภูมิเฉลี่ยของระบบออกเป็นอีก 3 กรณี คือ

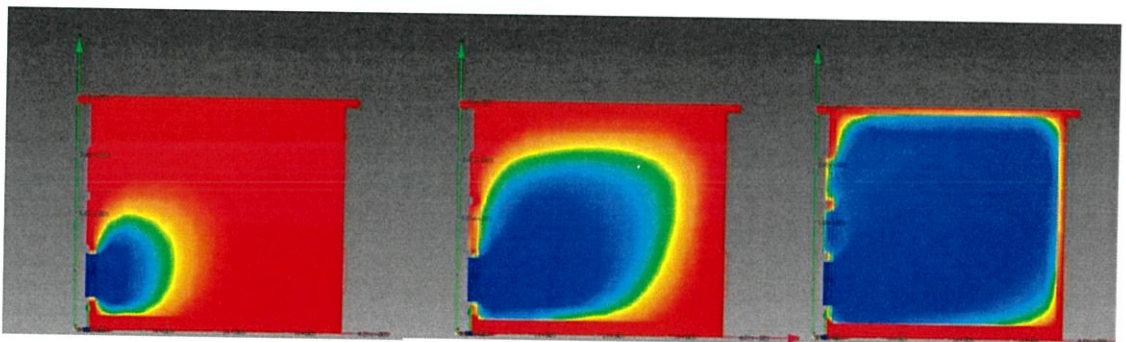
1. พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว
2. พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว
3. พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

1. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน

1.1 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

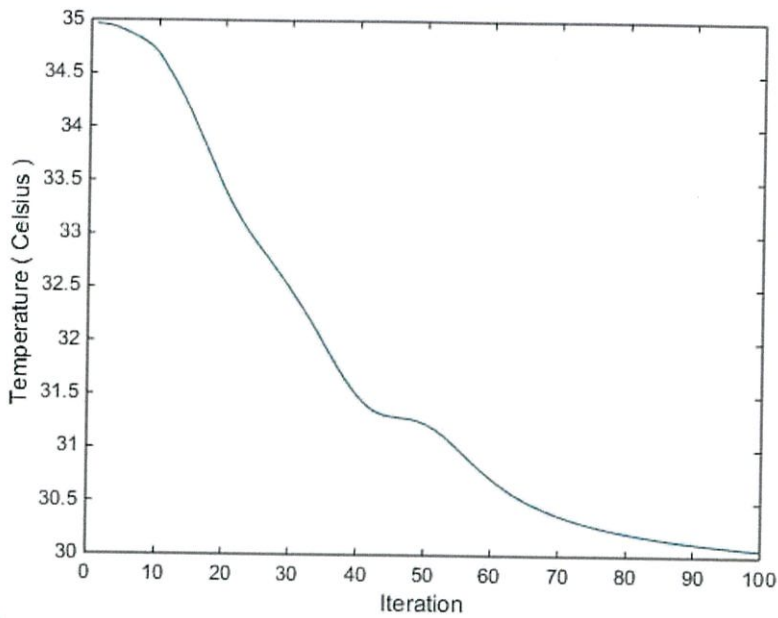


รูปที่ 3.11 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว



รูปที่ 3.12 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

จากรูปที่ 3.11 และ 3.12 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า



รูปที่ 3.13 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัฒนของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

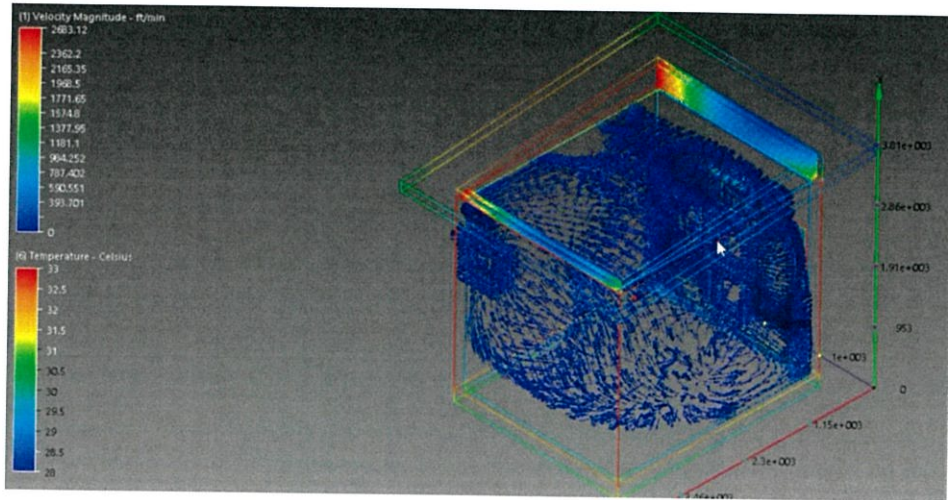
จากรูปที่ 3.13 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัฒนของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 30 °C

ตารางที่ 3.1 สรุปผลจากรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัฒนทำงาน 1 ตัว) ดังนี้

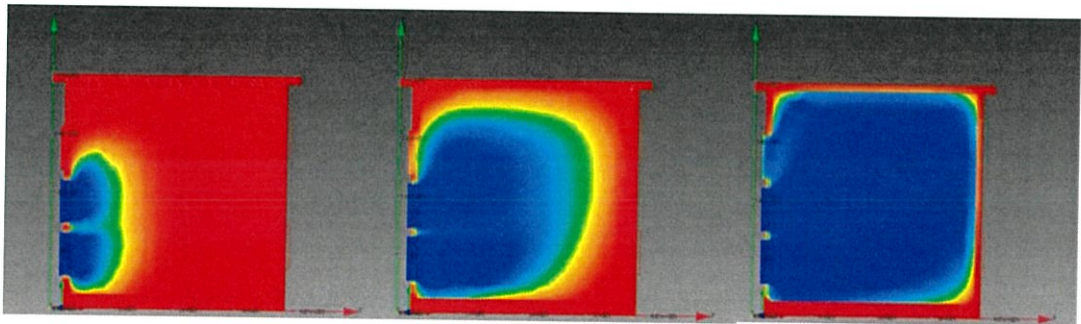
บริเวณ	อุณหภูมิน้อยที่สุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.449	35.000	30.283
ผนัง	28.000	35.000	32.283
พื้น	28.559	34.565	29.647
อากาศ	28.000	34.162	28.136

จากตารางที่ 3.1 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.283 °C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.283 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

1.2 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

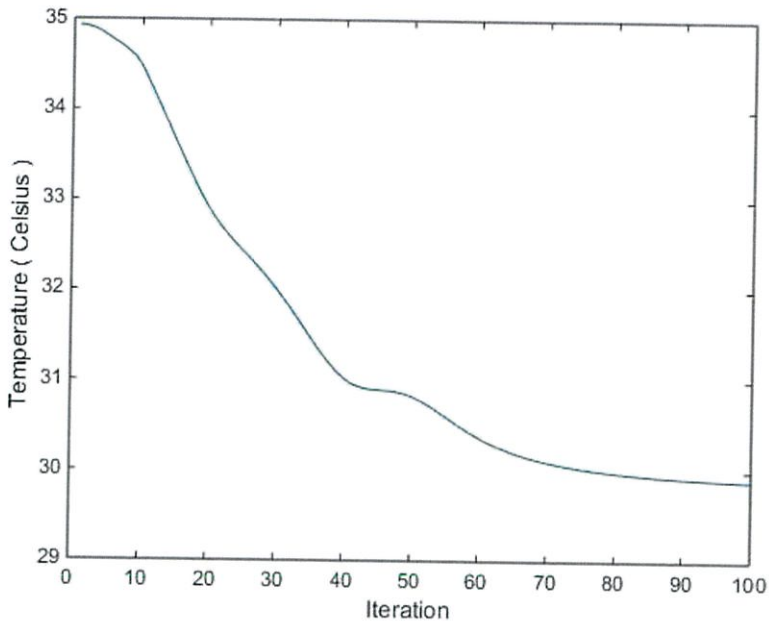


รูปที่ 3.14 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว



รูปที่ 3.15 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

จากรูปที่ 3.14 และ 3.15 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า ซึ่งลดอุณหภูมิได้เร็วกว่า กรณีที่ 1



รูปที่ 3.16 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัฒนของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

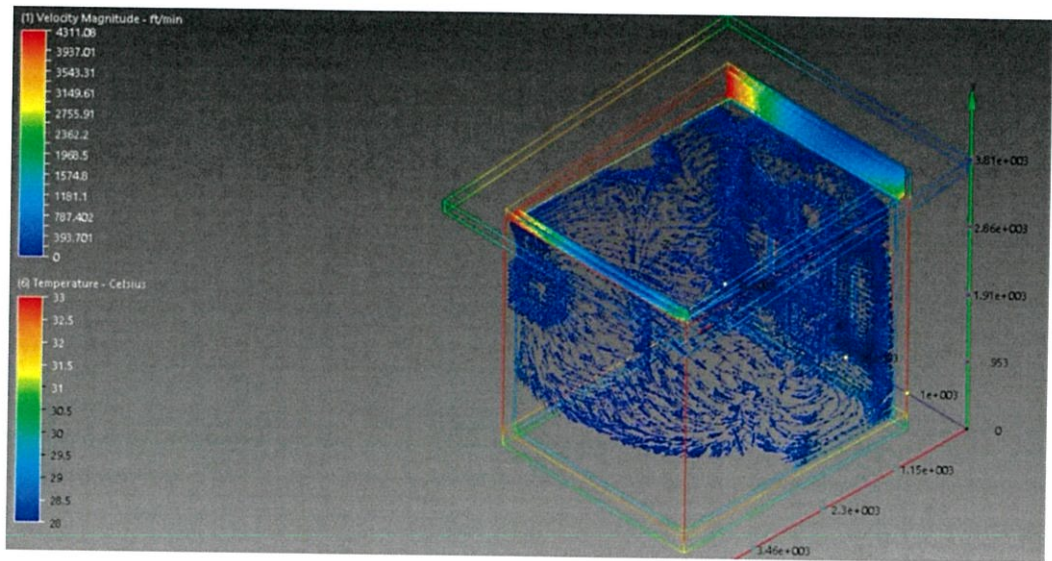
จากรูปที่ 3.16 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัฒนของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 30 °C

ตารางที่ 3.2 สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัฒนทำงาน 2 ตัว) ดังนี้

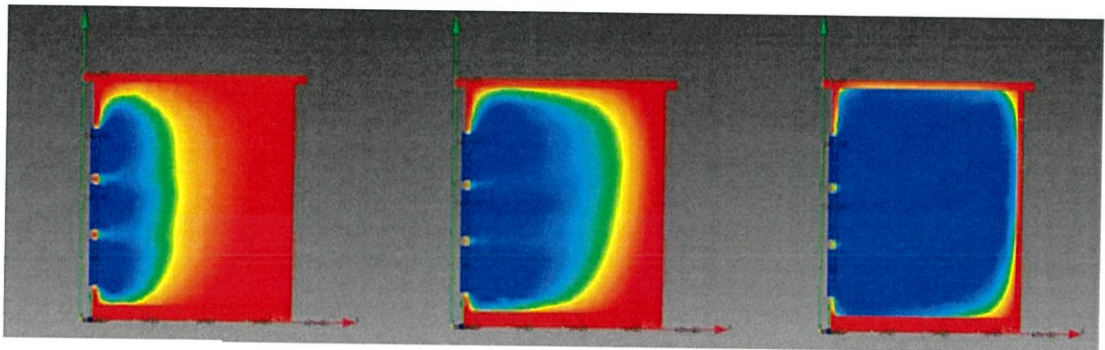
บริเวณ	อุณหภูมิน้อยที่สุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.273	35.000	30.076
ผนัง	28.000	35.000	31.797
พื้น	28.429	34.517	29.392
อากาศ	28.000	34.124	28.124

จากตารางที่ 3.2 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.797 °C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.076 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

1.3 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

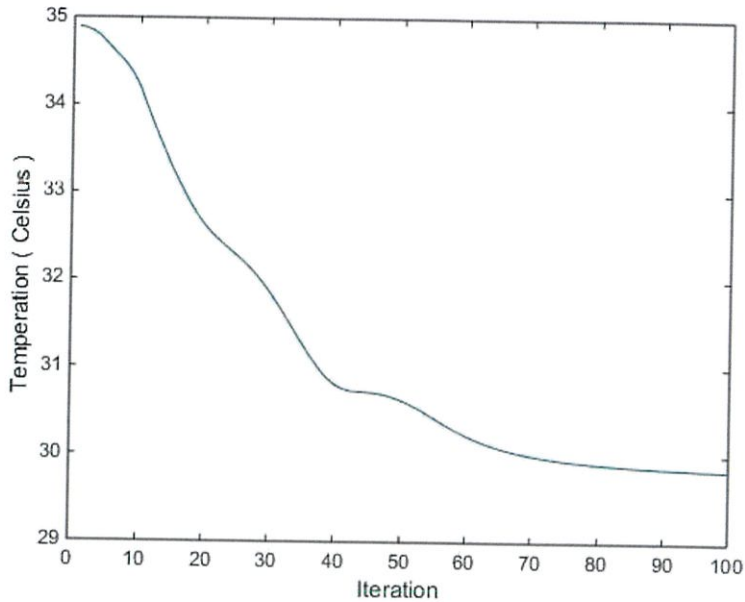


รูปที่ 3.17 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว



รูปที่ 3.18 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

จากรูปที่ 3.17 และ 3.18 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า ซึ่งลดอุณหภูมิได้เร็วกว่า กรณีที่ 1 และ 2



รูปที่ 3.19 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

จากรูปที่ 3.19 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 30 °C

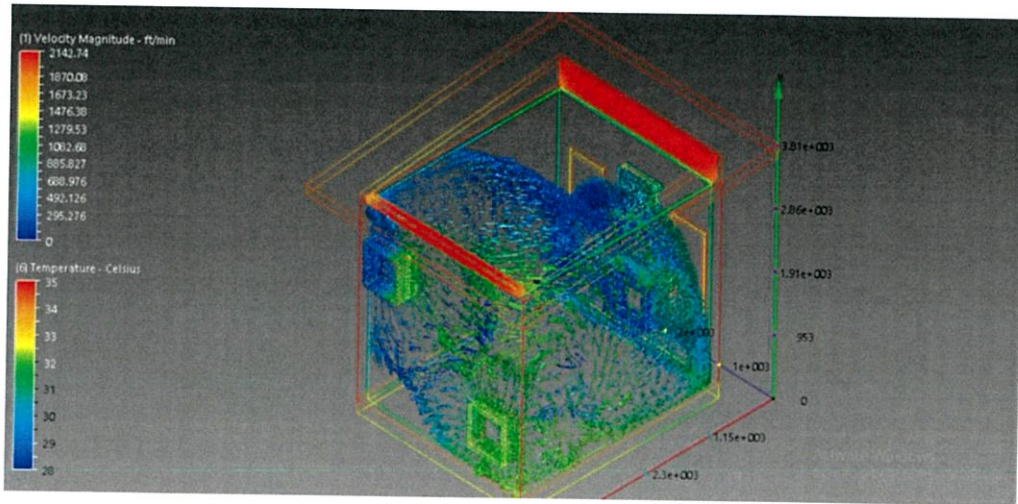
ตารางที่ 3.3 สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 3 ตัว) ดังนี้

บริเวณ	อุณหภูมิน้อยที่สุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.183	35.000	29.977
ผนัง	28.000	35.000	31.744
พื้น	28.374	34.498	29.299
อากาศ	28.000	34.150	28.060

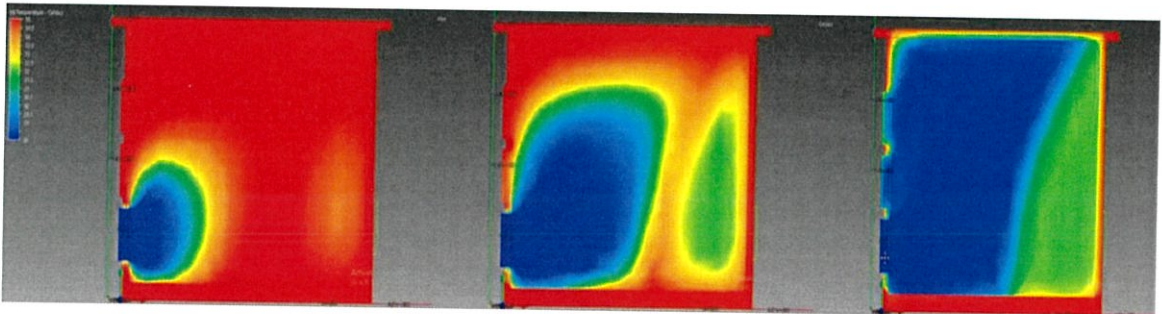
จากตารางที่ 3.3 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.744 °C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.977 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

2. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน

1.1 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

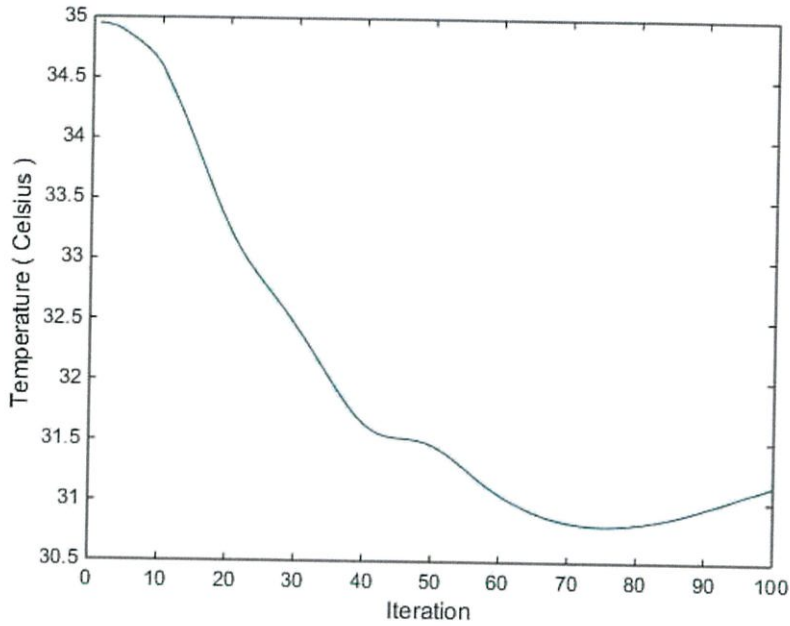


รูปที่ 3.20 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว



รูปที่ 3.21 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

จากรูปที่ 3.20 และ 3.21 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า



รูปที่ 3.22 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 1 ตัว

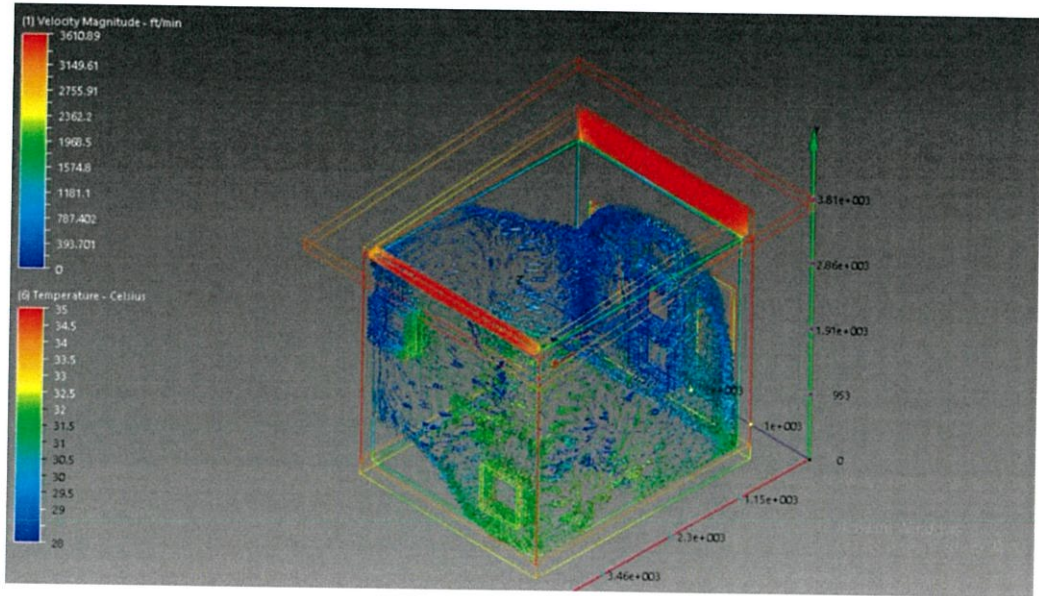
จากรูปที่ 3.22 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 31 °C

ตารางที่ 3.4 สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัฒนทำงาน 1 ตัว) ดังนี้

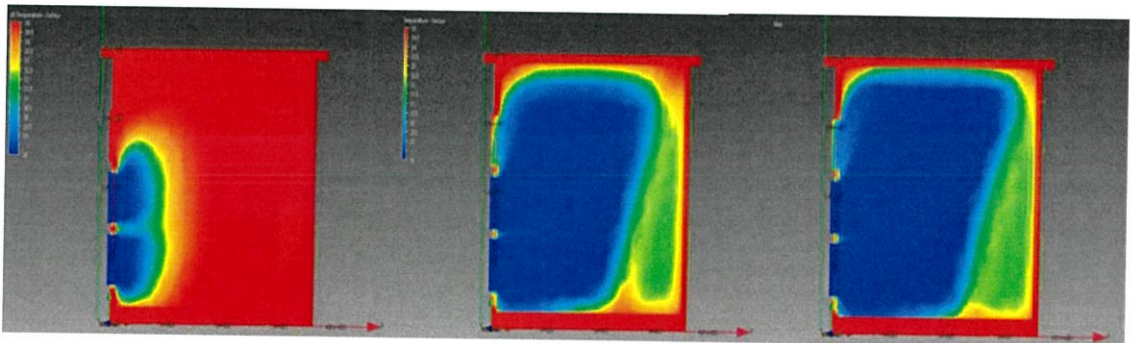
บริเวณ	อุณหภูมิน้อยที่สุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.923	35.000	31.326
ผนัง	28.000	35.000	32.664
พื้น	29.050	34.643	30.516
อากาศ	28.000	34.263	29.482

จากตารางที่ 3.4 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.664 °C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 31.326 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

1.2 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

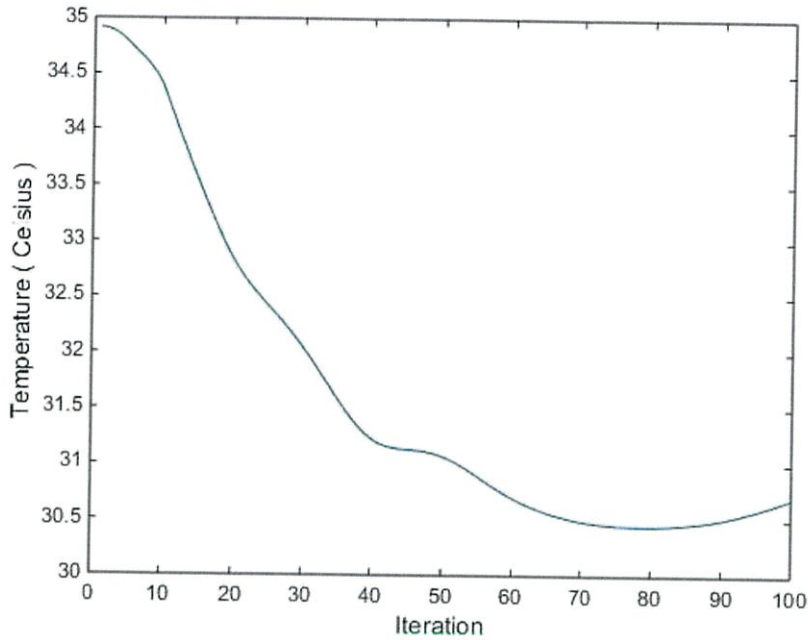


รูปที่ 3.23 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว



รูปที่ 3.24 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

จากรูปที่ 3.23 และ 3.24 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า ซึ่งลดอุณหภูมิได้เร็วกว่ากรณีที่ 1



รูปที่ 3.25 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัฒนของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 2 ตัว

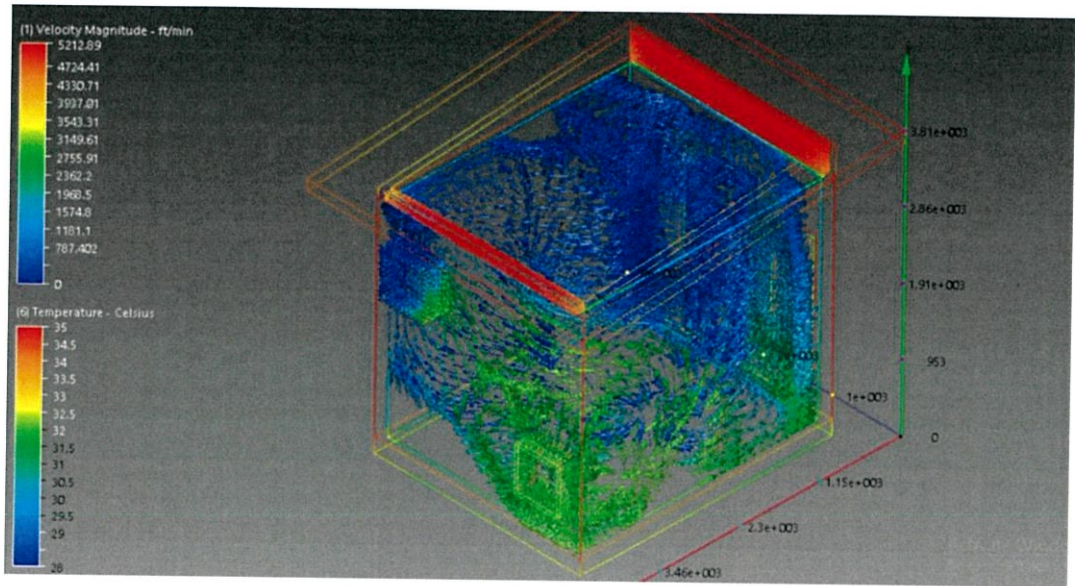
จากรูปที่ 3.25 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 31 °C แสดงความดันของอากาศ กล่าวคือการเคลื่อนที่ของอากาศจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งโดยปกติอากาศเคลื่อนที่จากจุดที่มีความดันสูงไปยังจุดที่มีความดันต่ำกว่าเสมอ ซึ่งในรูปภาพได้แสดงความดันของอากาศ ส่วนแถบสีที่แบ่งไว้ คือ สีแดงจะมีความดันของอากาศสูงสุด และสีน้ำเงินจะมีความต่ำสุด

ตารางที่ 3.5 สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัฒนทำงาน 2 ตัว) ดังนี้

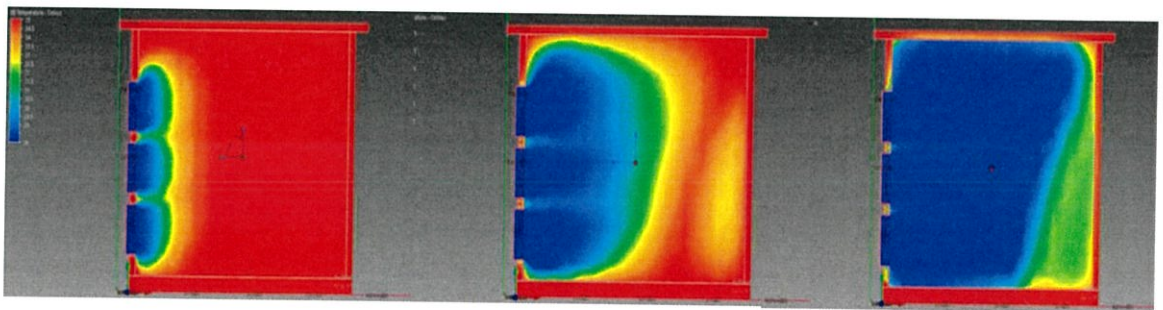
บริเวณ	อุณหภูมิน้อยที่สุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.599	35.000	30.817
ผนัง	28.000	35.000	35.000
พื้น	28.841	34.623	30.240
อากาศ	28.000	33.925	30.240

จากตารางที่ 3.5 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 35.000°C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.817 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

1.3 พัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

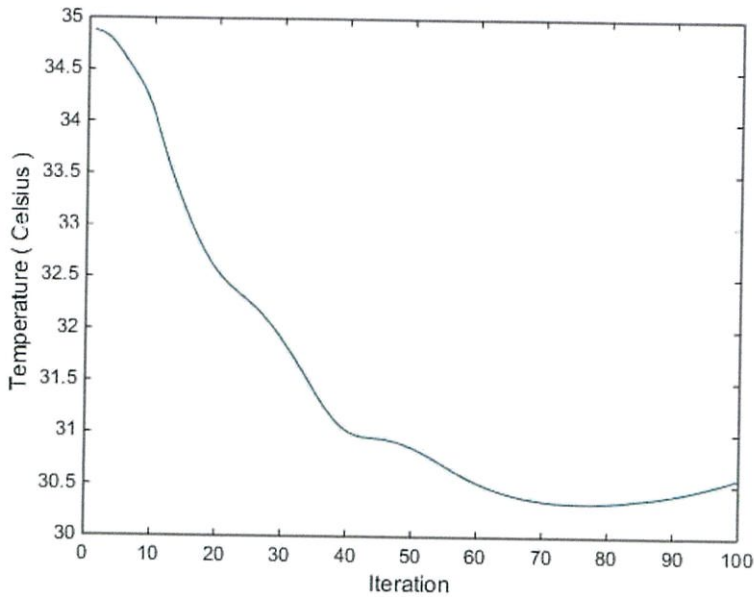


รูปที่ 3.26 แสดงการไหลของอากาศเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว



รูปที่ 3.27 แสดงระนาบของอุณหภูมิเมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

จากรูปที่ 3.26 และ 3.27 พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นสูงมาก คือ บริเวณสีแดง เมื่อพัฒนาระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า ซึ่งลดอุณหภูมิได้เร็วกว่ากรณีที่ 1 และ 2



รูปที่ 3.28 แสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และการวนซ้ำ (Iteration)

ของกรณี พัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน 3 ตัว

จากรูปที่ 3.28 มีอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่ 35 °C และเมื่อพัดลมของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงานทำงาน อุณหภูมิเริ่มลดลงจนคงที่ประมาณ 31 °C

ตารางที่ 3.6 สรุปผลจากกรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน (พัดลมทำงาน 3 ตัว) ดังนี้

บริเวณ	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิที่มากที่สุด (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
หลังคา	28.498	35.000	30.524
ผนัง	28.000	35.000	32.377
พื้น	28.813	34.615	30.199
อากาศ	28.000	33.355	28.948

จากตารางที่ 3.6 บริเวณที่มีการสะสมความร้อนมากที่สุด คือ ผนัง มีอุณหภูมิเฉลี่ย 32.377 °C เพราะ เป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน และรองลงมาคือ หลังคา มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.524 °C ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวันเช่นกัน แต่ได้มีการออกแบบให้หลังคาให้มีช่องถ่ายเทอากาศได้ จึงทำให้มีการสะสมความร้อนน้อยกว่าผนัง

จากผลจำลองการลดลงของอุณหภูมิเพื่อหา อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (ΔT) ของอุณหภูมิภายในห้องจำลอง ขณะที่อุณหภูมิเริ่มต้นลดลงจนเข้าสู่ช่วงคงที่ (Steady state) จากการจำลองสามารถลดอุณหภูมิภายในได้ประมาณ 4-5 องศา โดยนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงต่อไป

บทที่ 4

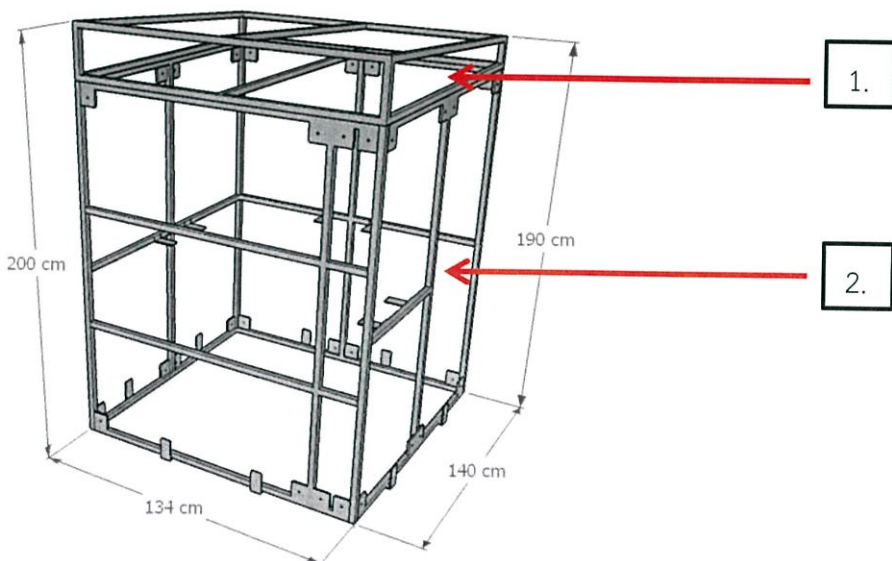
ออกแบบชุดจำลองในการทดลองและผลการทดลอง

การออกแบบชุดจำลองในการทดลองนั้นเป็นแบบระบบปิด เพื่อทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีพัดลมระบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ในการควบคุมอุณหภูมิ ให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องจำลอง (ΔT) ที่ลดลงมากที่สุด และในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีพัดลมระบายอากาศควบคุมไม่ให้เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ (30 – 60 %) ซึ่งการทดลองนั้น มีทั้งหมด 16 กรณี โดยแบ่งเป็นการทดลองที่ใช้ผนัง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือ ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ซึ่งเป็นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์เมนต์ และผนังพลาสติก (Plastwood) เป็นแผ่นพีวีซี (PVC) โฟมมีลักษณะผิวเรียบ แล้วทำการมุงนทิศทางบ้านแบบจำลองนี้ทั้งหมด 4 ทิศที่แตกต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก จากนั้นทำการเปลี่ยนหลังคา 2 แบบ คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวน และหลังคาที่มีฉนวน

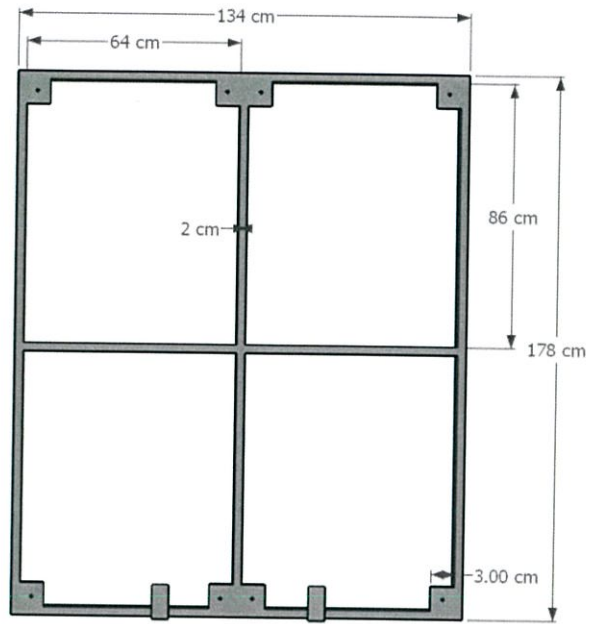
4.1 ออกแบบชุดจำลองในการทดลอง

การออกแบบชุดจำลองในการทดลอง จะออกแบบเป็นแบบระบบปิด สามารถเปลี่ยนผนังและหลังคาได้ ซึ่งออกแบบให้แยกออกจากกันเป็นส่วน คือ ส่วนที่เป็นห้องสี่เหลี่ยม และส่วนที่เป็นหลังคา แล้วจึงนำมาประกอบเข้าด้วยกันตามกรณีทั้ง 16 กรณีในการทดลอง โดยมีรายละเอียดของชุดจำลอง ดังนี้

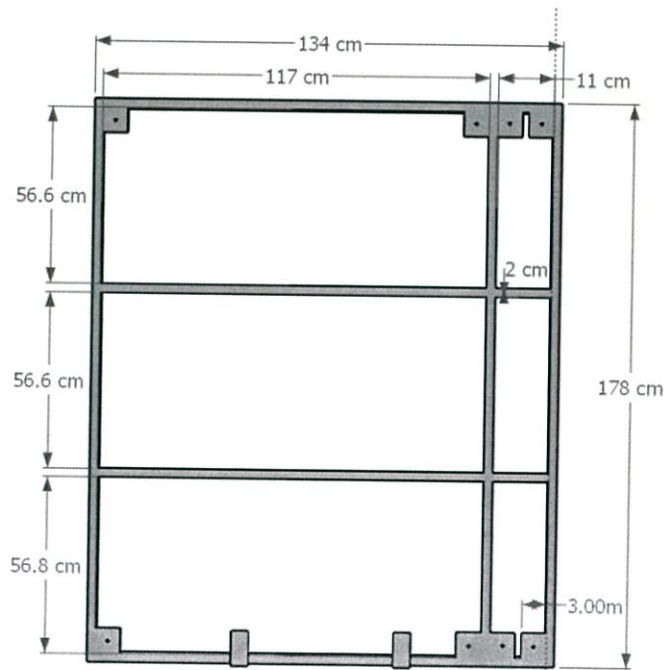
- แบบชุดจำลองในการทดลอง



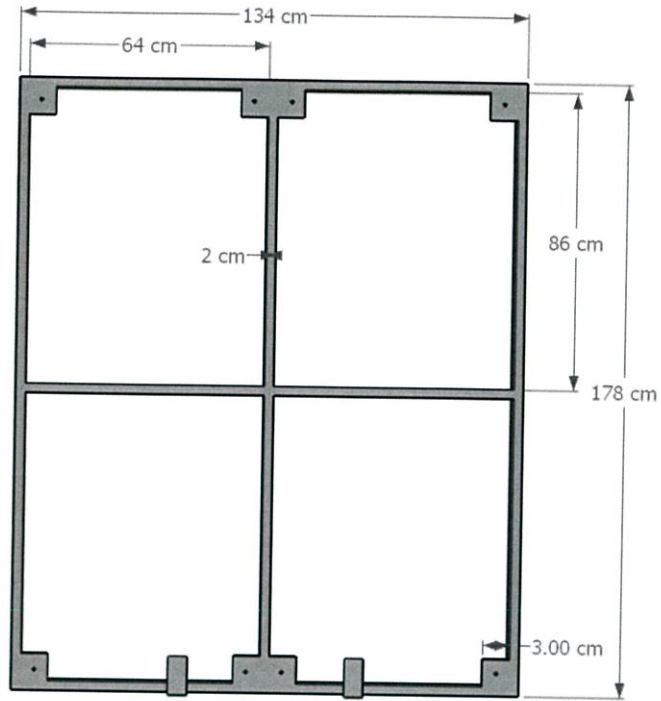
รูปที่ 4.1 (ก.) ภาพรวมของแบบชุดจำลอง



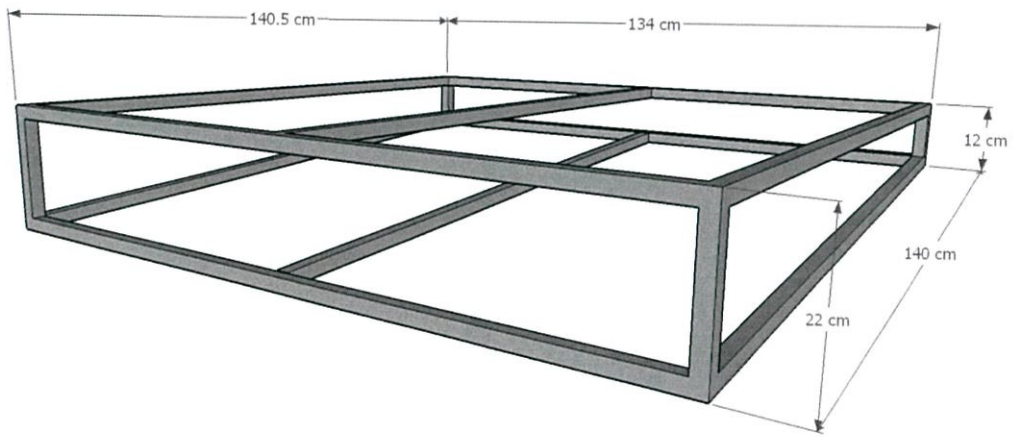
รูปที่ 4.1 (ข.) แบบผนังด้านซ้ายและขวา



รูปที่ 4.1 (ค.) แบบผนังด้านหน้า



รูปที่ 4.1 (ง.) แบบผนังด้านหลัง



รูปที่ 4.1 (จ.) แบบหลังคา

รูปที่ 4.1 แบบชุดจำลอง

จากรูปที่ 4.1 (ก.) เป็นแบบชุดจำลองภาพรวมทั้งหมด โดยชุดจำลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหลังคา (หมายเลข 1) และส่วนของห้องสี่เหลี่ยม (หมายเลข 2) โดยมีส่วนประกอบ ดังรูปที่ 4.1 (ข.) เป็นแบบผนังด้านซ้ายและขวา ซึ่งสองด้านจะเหมือนกัน ด้านนี้มีไว้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) รูปที่ 4.1 (ค.) คือ แบบผนังด้านหน้า ซึ่งพื้นที่ตรงกลางจะมีไว้สำหรับติดตั้งระบบปรับอากาศแบบวิธีระเหยน้ำ (Evaporative Cooling system) รูปที่ 4.1 (ง.) เป็นแบบผนังด้านหลัง ซึ่งด้านนี้มีไว้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จำนวน 2 ตัว เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วจะเป็นดังรูปที่ 4.2 (ก.) และรูปที่ 4.1 (จ.) เป็นแบบหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถแยกจากห้องสี่เหลี่ยมได้ โดยออกแบบให้มี มุมเอียงขึ้น 45 องศา และทำเป็นช่องให้ลมผ่านใต้หลังคาได้ เพื่อลดความร้อนสะสมใต้หลังคา เนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด จึงต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษ เมื่อประกอบเสร็จจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.2

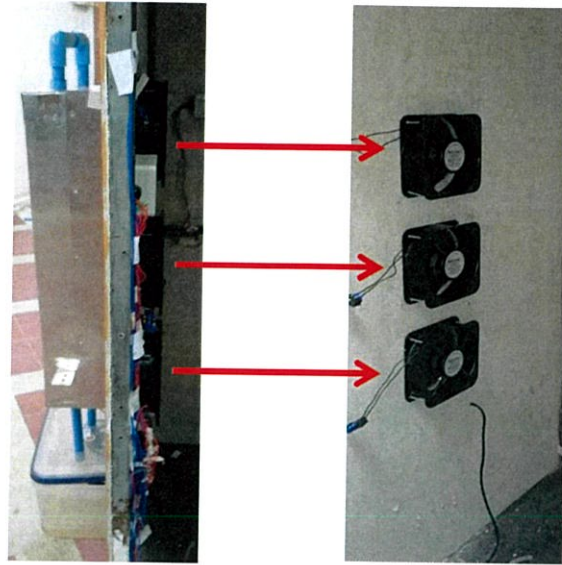


(ก) ด้านที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ
ที่ผนังด้านหลัง



(ข) ด้านที่ติดตั้งพัดลมระบบประหยัดพลังงาน
(Evaporative Cooling System)

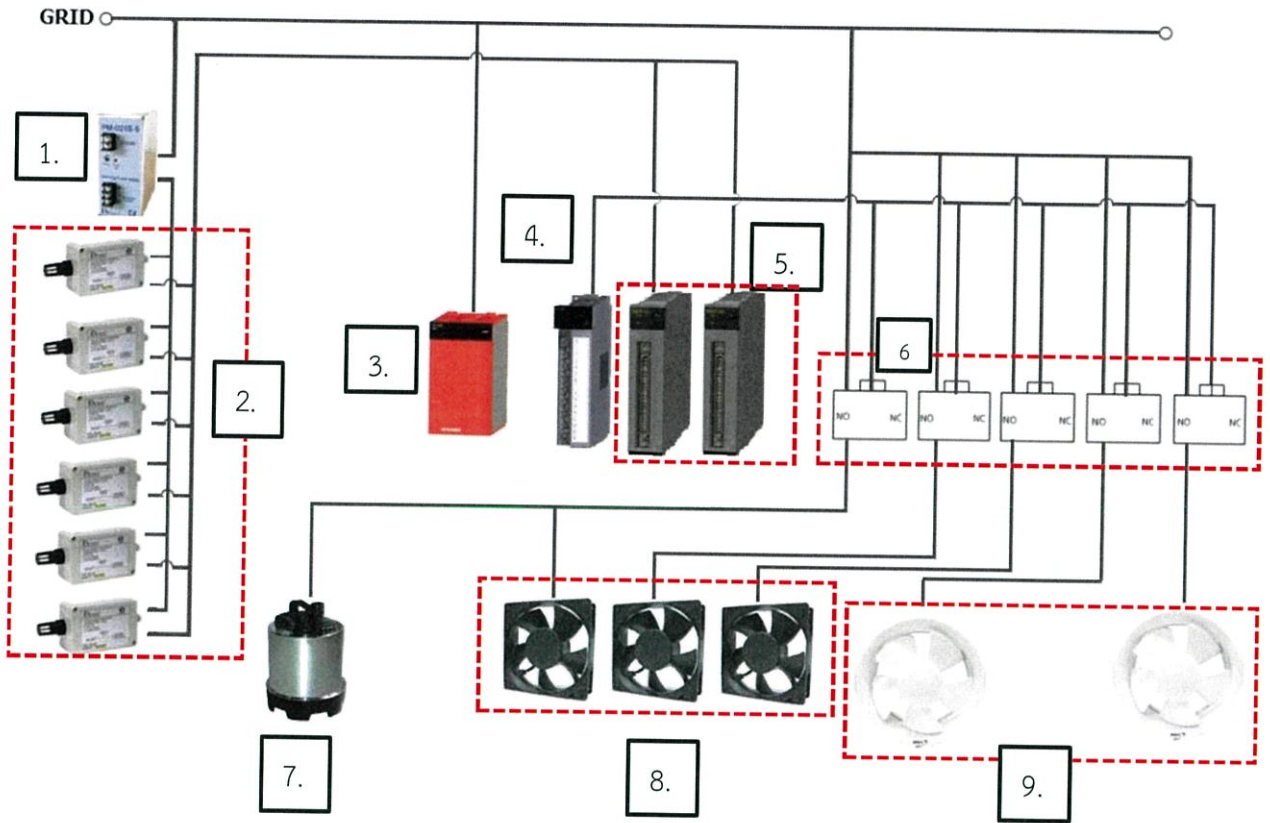
รูปที่ 4.2 ชุดจำลองในการทดลองเมื่อประกอบเสร็จ



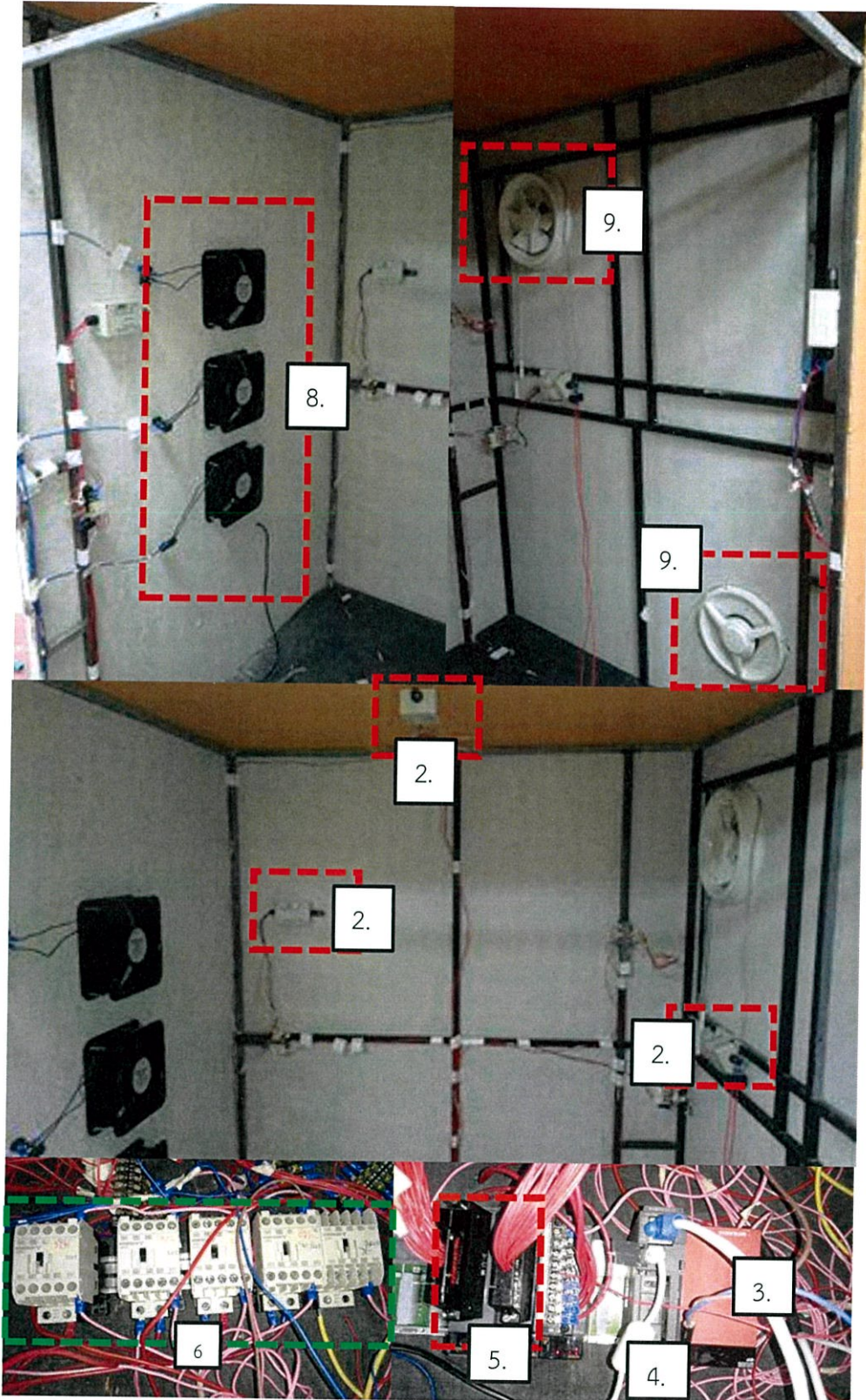
รูปที่ 4.3 ผนังที่อยู่ด้านในของระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling system)

จากรูปที่ 4.2 เป็นชุดจำลองที่ใช้ทำการทดลองโดยรูปที่ 4.2 (ก.) แสดงผนังด้านหลังมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 2 ตัว เพื่อช่วยลดความชื้น และรูปที่ 4.2 (ข.) แสดงผนังด้านหน้าที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling system) ชุดจำลองมีความกว้าง × ความสูง × ความหนา เป็น 20×20×60 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยผนังด้านหลังแผงระเหยระบายความร้อน (Cooling Pad) นั้นมีพัดลมติดตั้งจำนวน 3 ตัว ดังรูปที่ 4.3 ช่วยในการดูดไอระเหยจากแผงระเหยระบายความร้อน (Cooling Pad) และกล่องด้านล่างติดตั้งปั้มน้ำเพื่อให้น้ำจำนวน 3 ลิตร ไหลเวียนในระบบ

● วงจรไฟฟ้า



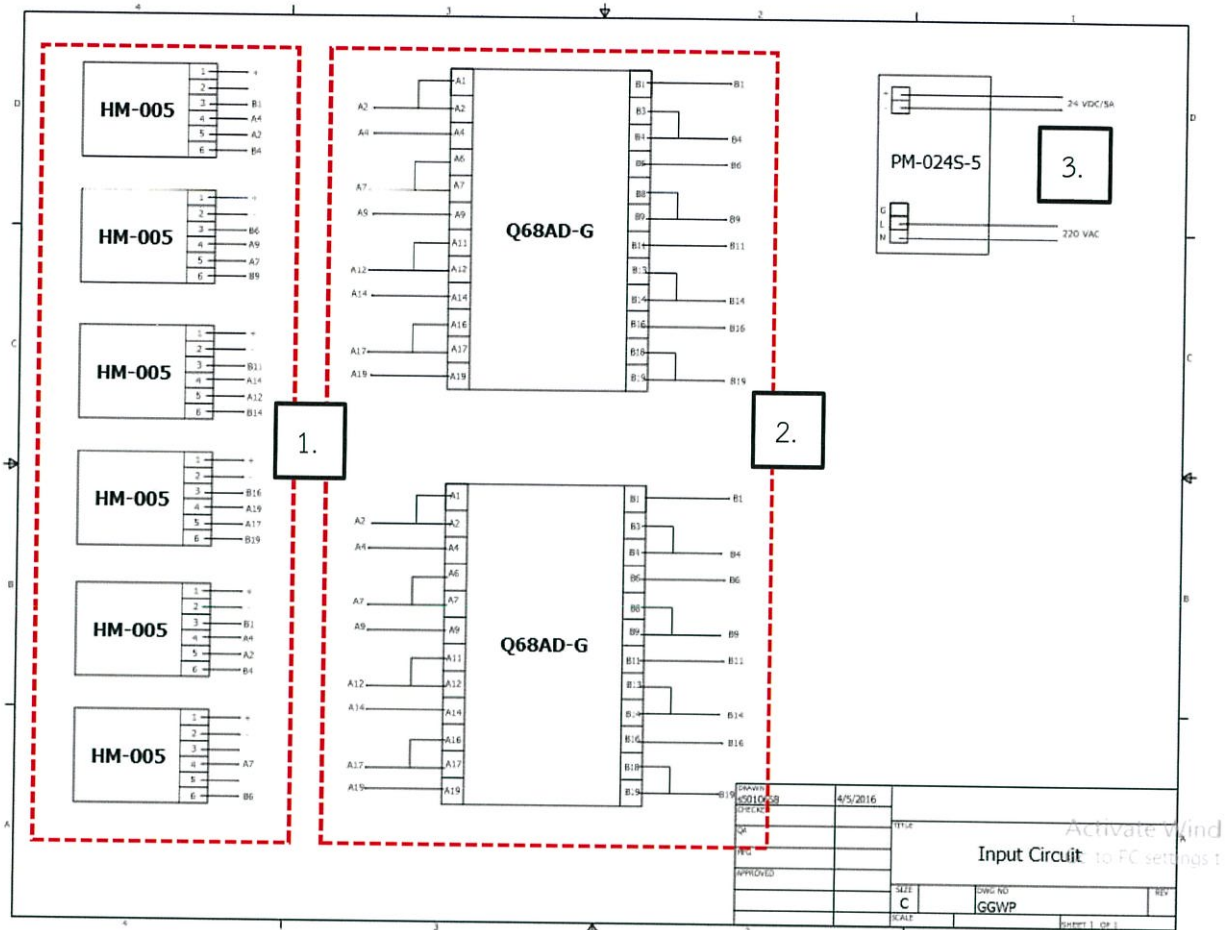
รูปที่ 4.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย



รูปที่ 4.5 การทดลองระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย

รูปที่ 4.4 และ 4.5 แสดงการเชื่อมอุปกรณ์ของระบบระบายอากาศควบคุม อุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย ซึ่งหมายเลขในภาพหมายถึง ดังนี้

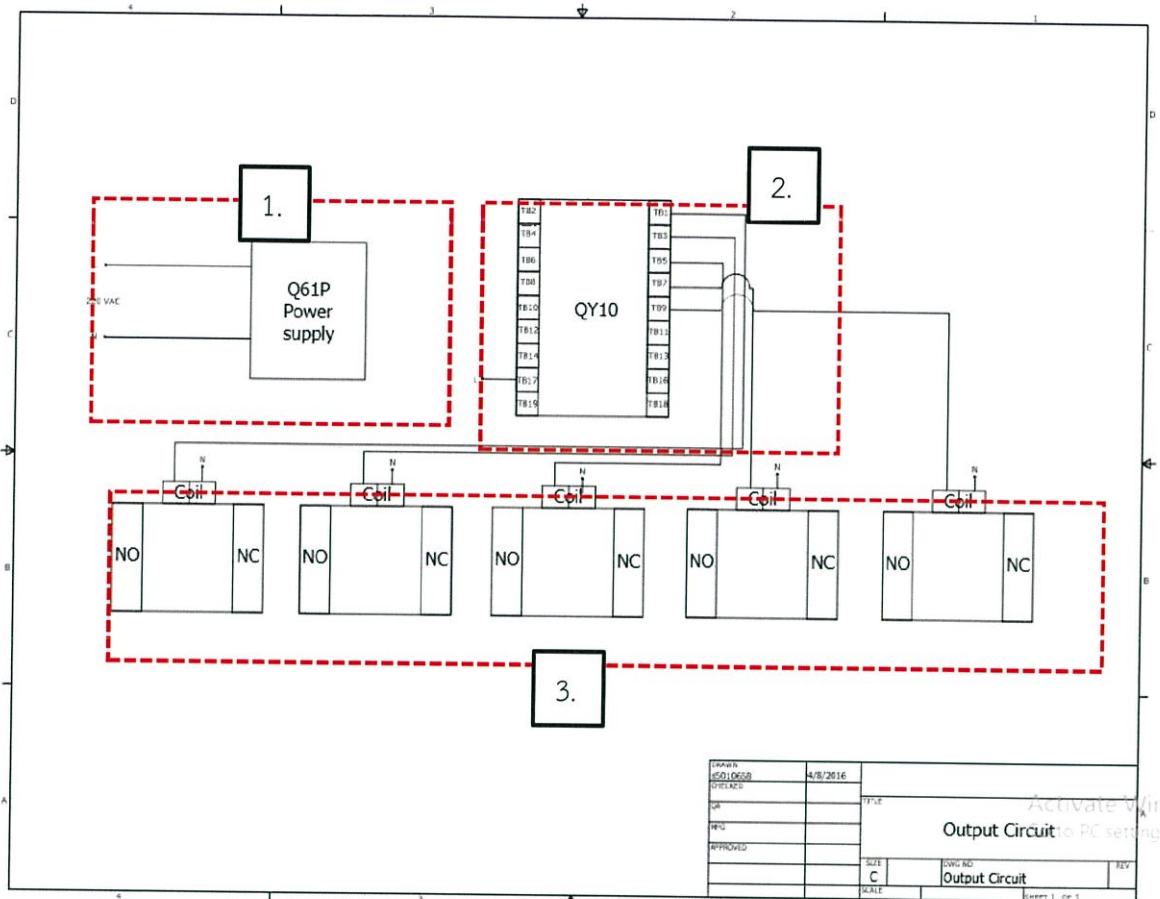
1. สวิตช์แปลงแรงดันจาก 220 VAC ให้เป็น 24 VDC (PM024S-5)
2. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณอนาล็อก สำหรับตรวจจับปริมาณอุณหภูมิ และ ความชื้น (HM-005)
3. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Q61P)
4. พอร์ตขาออกสำหรับเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (PLC) (QY10)
5. พอร์ตรับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ของเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (PLC) (Q68AD-G)
6. แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor)
7. เครื่องปั้มน้ำ (Pump) กำลังปั้ม 2400 L/hr
8. พัดลมระบายอากาศ ขนาด 8 นิ้ว
9. พัดลมระบายอากาศ ขนาด 8 นิ้ว



รูปที่ 4.6 วงจรไฟฟ้าขาเข้า (Input)

รูปที่ 4.6 แสดงถึงวงจรสัญญาณอินพุตและวงจรไฟเลี้ยงสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) สำหรับอุปกรณ์ในวงจรนี้ประกอบด้วย

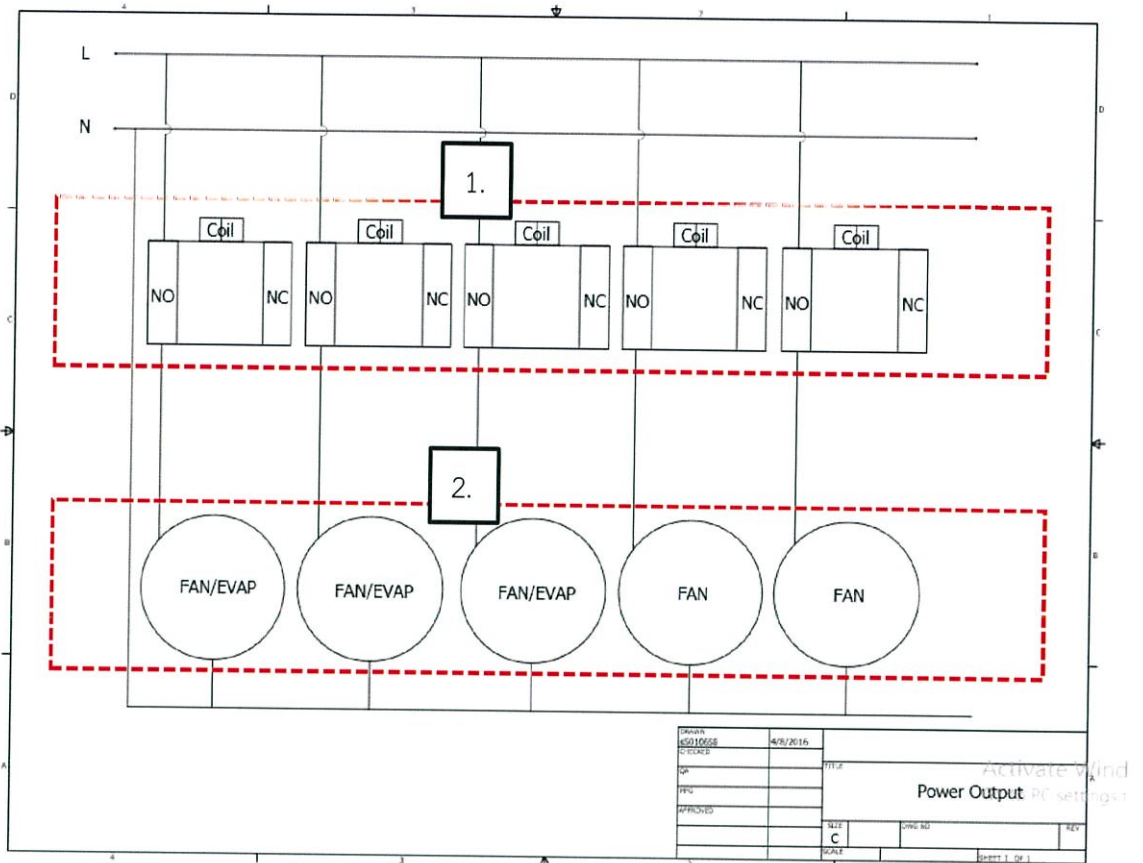
1. อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณอนาล็อก สำหรับตรวจจับปริมาณอุณหภูมิ และ ความชื้น (HM-005) ดังหมายเลข 1.
2. พอร์ตรับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ของ PLC (Q68AD-G) ดังหมายเลข 2.
3. สวิตซ์ซึ่งแปลงแรงดันกระแสสลับจาก 220 โวลต์ ให้เป็น 24 โวลต์กระแสตรง (PM024S-5) หมายเลข 3 จ่ายไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ตรวจจับ (HM-005) หมายเลข 1. คือ 1(+) และ 2(-) เมื่อได้อุปกรณ์ตรวจจับได้รับไฟเลี้ยงแล้ว (HM-005) หมายเลข 1. ทำการส่งสัญญาณที่วัดได้ในรูปสัญญาณอนาล็อก 4-20 mA เข้าไปที่ พอร์ตรับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ของ PLC (Q68AD-G) หมายเลข 2 โดยพอร์ต 5 คือ สัญญาณสำหรับความชื้น และพอร์ต 6 สำหรับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.7 วงจรไฟฟ้าขาออก (Output)

รูปที่ 4.7 แสดงถึงการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) และการส่งสัญญาณควบคุมเพื่อสั่งการทำงานของแมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor) โดยในวงจรประกอบไปด้วย

1. แหล่งจ่ายไฟกำลังไฟฟ้า (Q61P) ดังหมายเลข 1.
2. พอร์ตขาออกสำหรับเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (PLC) (QY10) ดังหมายเลข 2.
3. แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor) ดังหมายเลข 3. ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) จะรับไฟฟ้า 220 โวลต์กระแสสลับ จากกริดไฟฟ้า (Grid) ผ่านทางแหล่งจ่ายไฟกำลังไฟฟ้า (Q61P) หมายเลข 1 และส่งกำลังไฟฟ้าให้กับโมดูลตัวอื่นๆ ของ เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ เมื่อได้รับคำสั่งจากพอร์ตรับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล นำข้อมูลที่ถูกแปลงเป็นดิจิตอลแล้ว มาประมวลผลตามคำสั่งภาษาและส่งผลออกทางตัวพอร์ตขาออก หมายเลข 2. ไปที่ขดลวด (Coil) ของแมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor) หมายเลข 3 เพื่อควบคุมการเปิดปิดโหลดในลำดับต่อไป

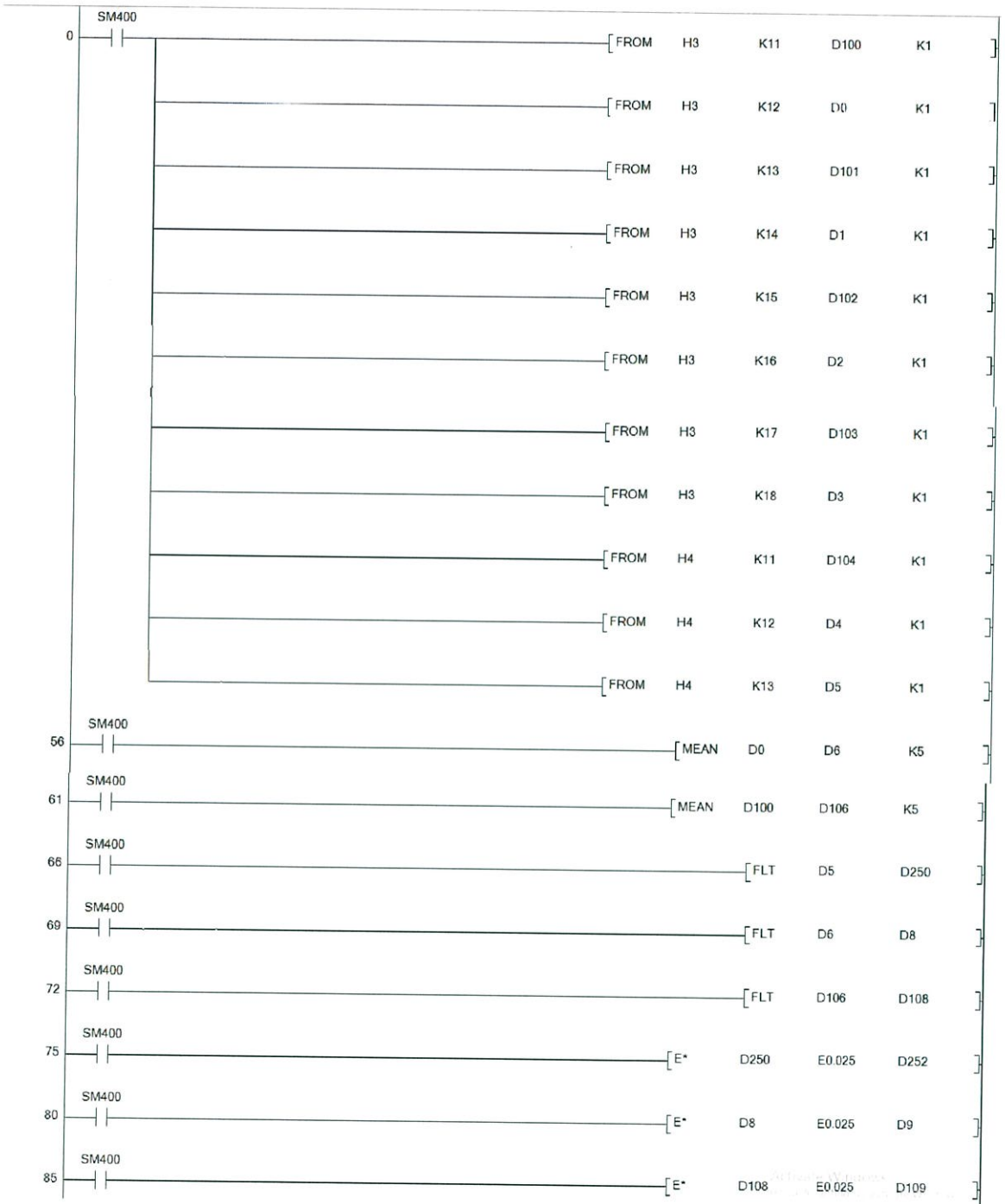


รูปที่ 4.8 วงจร Power Output

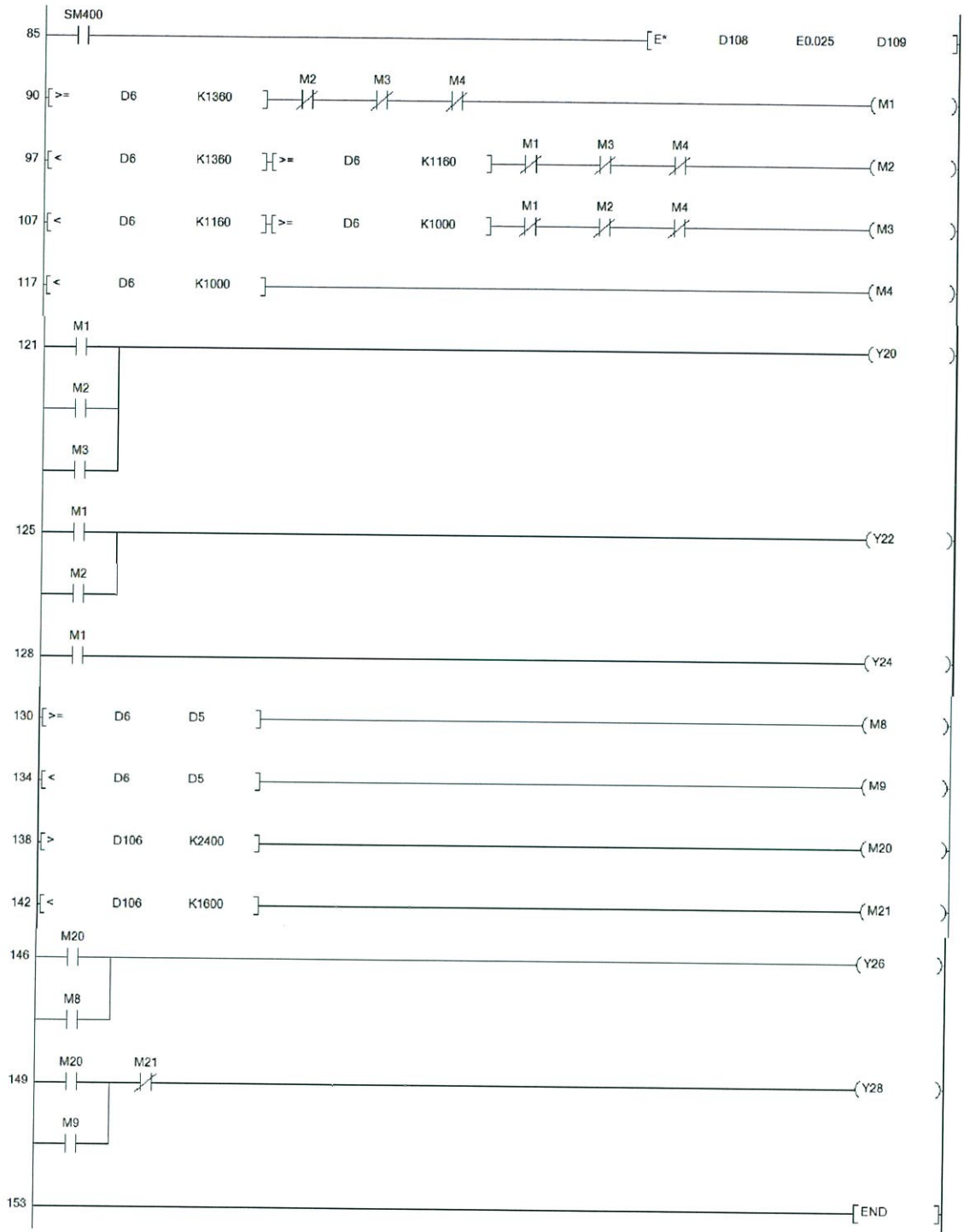
รูปที่ 4.8 วงจรนี้ใช้ในการส่งให้กับโหลดในระบบการทดลอง ประกอบด้วย

1. แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor) ดั้งหมายเลข 1.
2. โหลดในระบบ เช่น พัดลมระบายความร้อน พัดลมระบายอากาศ และเครื่องปั้มน้ำ ดั้งหมายเลข 2. ซึ่งมีหลักการทำงานคือ ในสภาวะปกติสายที่เราต่อที่ แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contractor) จะเป็น NO แต่เมื่อ แมกเนติก คอนแทคเตอร์ ได้รับสัญญาณไฟฟ้าผ่านทางขดลวด (Coil) จะทำให้สถานการณ์ทำงานเปลี่ยนเป็น NC ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านแมกเนติก คอนแทคเตอร์ เข้าสู่โหลดในระบบได้

● ควบคุมการทำงานด้วยภาษาแลตเตอร์ (Ladder)



รูปที่ 4.9 ภาษาแลตเตอร์ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 4.10 ภาษาแลตเตอร์ควบคุมการทำงาน (ต่อ)

รูปที่ 4.9 และ 4.10 อธิบายถึงคำสั่งภาษาแลดเดอร์ควบคุมการทำงานแต่ละบรรทัด ดังนี้

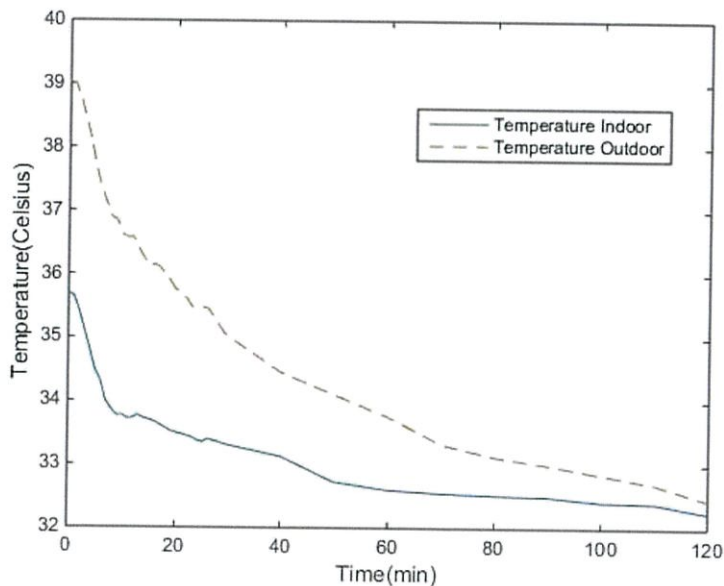
- 0-55 แสดงการกำหนดค่าการรับค่าของโมดูล Q68AD-G ยกตัวอย่าง เช่น [From H3 K11 D100 K1] คือคำสั่งให้รับค่าที่ตำแหน่งเริ่มต้น X30 (I13) และใช้คำสั่งตามตาราง Buffer memory (K11) เพื่อส่งคำสั่งดิจิทัล ที่ CH1 ออกไปเก็บไว้ที่ตัวแปร D100 จำนวน 1 ค่า(K1)
- 56-65 แสดงการหารเฉลี่ยค่าตัวแปรโดยใช้คำสั่งตัวอย่างดังนี้ [MEAN D0 D6 K5] โดยมีหลักการการทำงานคือจะนำเอาค่าตัวแปรตั้งแต่ D0 จนถึง D4 มาบวกกันแล้วหารด้วย 5 เก็บผลไว้ที่ตัวแปร D6
- 66-74 แสดงคำสั่งใช้แปลงข้อมูลเลขฐานสอง ให้เป็นข้อมูลชนิดเลขทศนิยม เช่น ตัวอย่างคำสั่ง [FLT D5 D250] หลักการทำงานคือแปลงข้อมูลเลขฐานสอง จากตัวแปร D5 แล้วนำค่าไปเก็บไว้ที่ตัวแปร D250
- 75-89 แสดงการคูณค่าตัวแปรเพื่อให้ข้อมูลกลายเป็นค่าที่เราทราบแล้วเข้าใจ และนำข้อมูลนี้ไปเก็บบันทึกไว้ที่ GOT ตัวอย่างคำสั่งคือ [E* D250 E0.025 D252] หลักการทำงานคือ ให้นำข้อมูลในตัวแปร D250 ไปคูณกับ 0.025 และเก็บผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร D252
- 90-96 แสดงการเปรียบเทียบค่าคือถ้า $D6 \geq 1360$ ให้ M1 ทำงาน
- 97-106 แสดงการเปรียบเทียบค่าคือถ้า $D6 < 1360$ และ $D6 \geq 1160$ ให้ M2 ทำงาน
- 107-116 แสดงการเปรียบเทียบคือ ถ้า $D6 < 1160$ และ $D6 \geq 1000$ ให้ M3 ทำงาน
- 117-120 แสดงการเปรียบเทียบคือถ้า $D6 < 1000$ ให้ M4 ทำงาน
- 121-124 แสดงว่าถ้า M1, M2, M3 ON จะทำให้ Y20 ทำงาน
- 125-127 แสดงว่าถ้า M1,M2 ON จะทำให้ Y22 ทำงาน
- 128-129 แสดงว่าถ้า M1 ON จะทำให้ Y24 ทำงาน
- 130-133 แสดงการเปรียบเทียบค่า ถ้า $D6 \geq D5$ ให้ M8 ทำงาน
- 134-137 แสดงการเปรียบเทียบค่า ถ้า $D6 < D5$ ให้ M9 ทำงาน
- 138-141 แสดงการเปรียบเทียบค่า ถ้า $D106 > 2400$ ให้ M20 ทำงาน
- 142-145 แสดงการเปรียบเทียบค่า ถ้า $D106 < 1600$ ให้ M21 ทำงาน
- 146-148 แสดงว่าถ้า M20 และ M8 ทำงานจะทำให้ Y26 ทำงาน
- 149-152 แสดงว่าถ้า M20 และ M9 ทำงานจะทำให้ Y28 ทำงาน

4.2 ผลการทดลอง

การทดลองได้ทดลองใช้ผนัง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือ ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) เป็นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์เมนต์ และผนังพลาสติก (Plastwood) เป็นแผ่นพีวีซี (PVC) โฟมมีลักษณะผิวเรียบ แล้วทำการหั่นหน้าบ้านแบบจำลองนี้ทั้งหมด 4 ทิศที่แตกต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และทำการเปลี่ยนหลังคา 2 แบบ คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวน และ หลังคาที่มีฉนวน

ในการทดลองทั้ง 16 กรณี ทำการบันทึกค่าทั้งหมด 4 ค่า คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เวลาทดลองกรณีละ 2 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

- **กรณีที่ 1 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศเหนือ**
มีผลการทดลอง ดังนี้

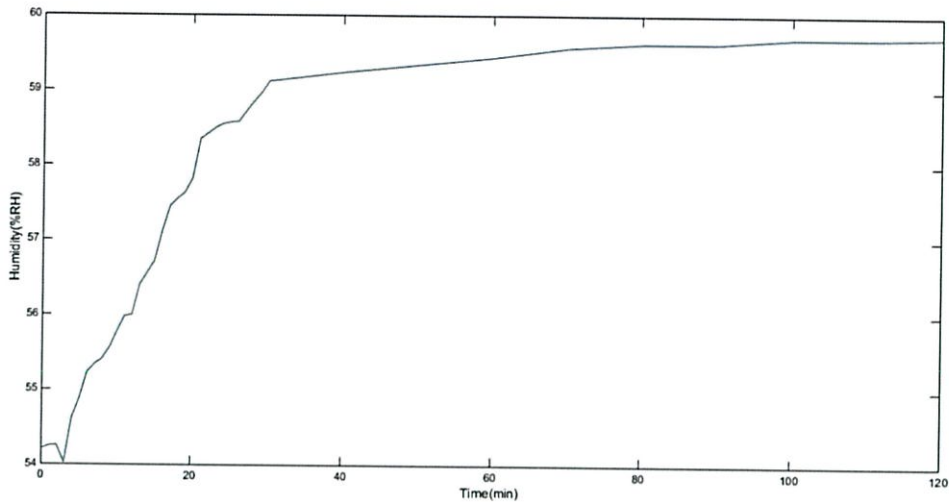


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 1)

จากกราฟ รูปที่ 4.11 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศเหนือ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 35.6 °C เหลือ 32.4 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 3.2 °C

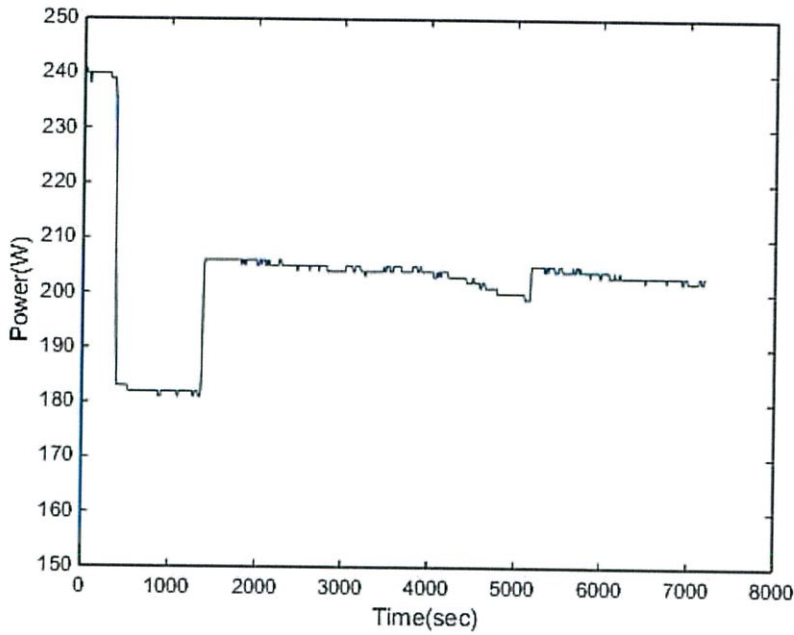
เนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับ

ความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 1)

จากกราฟรูปที่ 4.12 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 54 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงาน 59.8 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH อันเป็นผลเนื่องมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เคียงมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH

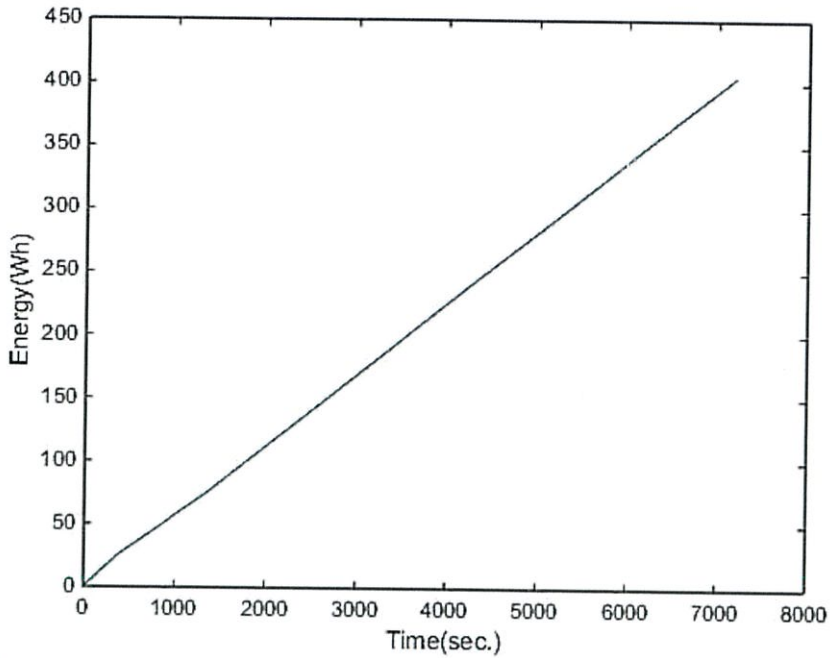


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 1)

จากกราฟรูปที่ 4.13 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้าจะสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟาลดลงมาที่ 205 W ทำให้กราฟเป็นดังรูปซึ่งเป็นผลมาจาก ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้จาก สมการที่ 4.1

$$P = IV\cos\theta \quad (4.1)$$

$\cos\theta$ คือ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหนดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียิ่งสูงขึ้น และเมื่อโหนดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



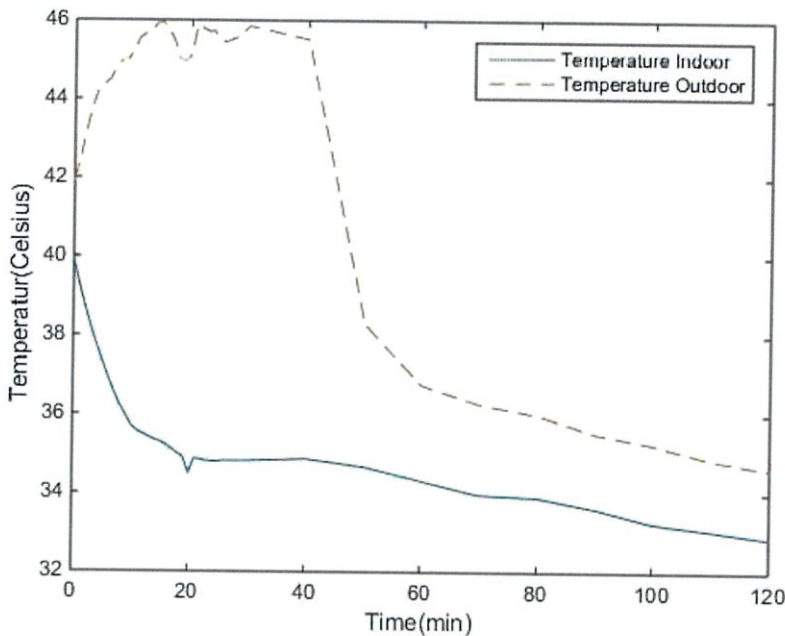
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 1)

จากรูปที่ 4.14 กราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนถึงสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 400 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผมน มาจากค่าพลังงานที่ใช้มาจากสมการที่ 4.2

$$W = Pt \quad (4.2)$$

พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มตามกำลังไฟฟ้า

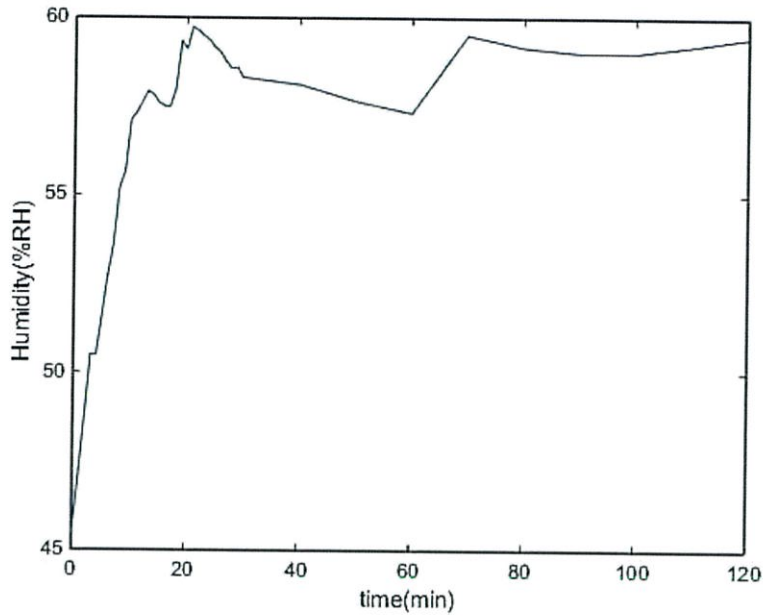
- กรณีที่ 2 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศใต้ มีผลการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 2)

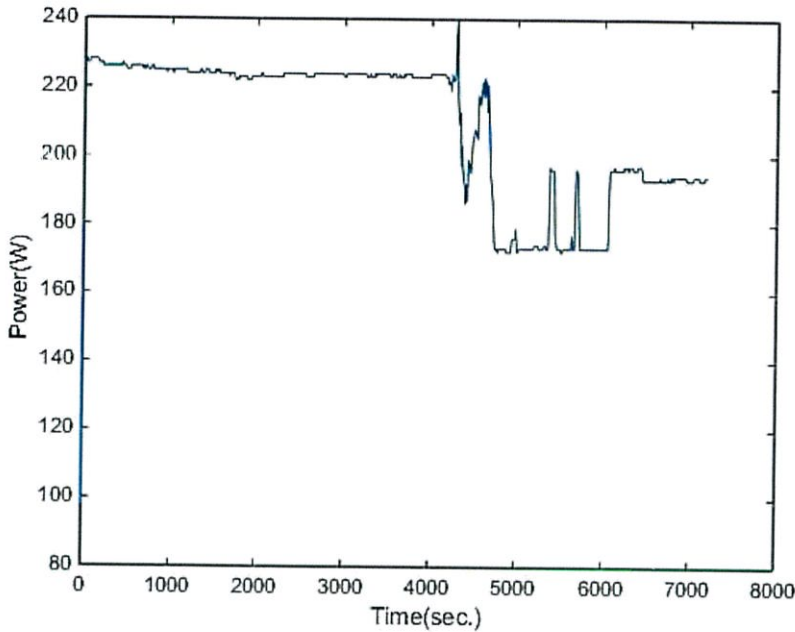
จากกราฟรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศใต้ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 40 °C เหลือ 33 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 7 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

พบว่าในกรณีที่ 2 นี้สามารถลดอุณหภูมิได้มากกว่ากรณีที่ 1 ถึง 3.8 °C เมื่อทำการเปลี่ยนทิศทางของบ้านจากทิศเหนือเป็นทิศใต้ จากผลการทดลองได้สอดคล้องกับหลักออกแบบบ้านที่ให้ทิศหน้าบ้านอยู่ทางทิศใต้ เพราะเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมมากที่สุด ทำให้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ได้มีลมผ่านหน้าสัมผัสแผงรังผึ้งระบายความร้อน (Cooling Pad) มากกว่ากรณีที่ 1 ส่งผลให้กรณีนี้สามารถลดอุณหภูมิได้มากขึ้น



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 2)

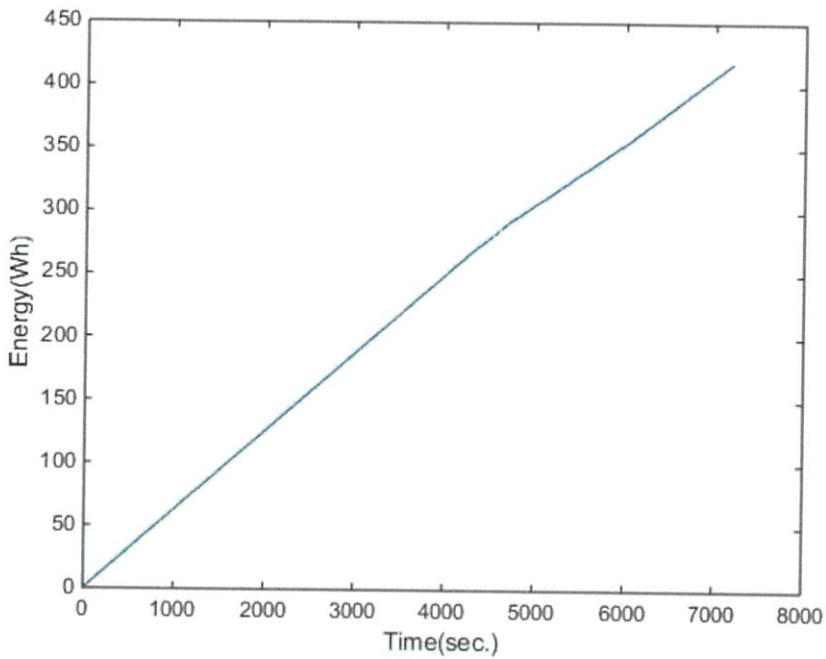
จากกราฟรูปที่ 4.16 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 45%RH จากนั้นเวลาผ่านไป 20 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงาน 59 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านมาและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 2)

จากกราฟรูปที่ 4.17 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้ามียุคสูงถึง 230 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า ลดลงมา ที่ 190 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแส และแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหนดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียุคสูงขึ้น และเมื่อโหนดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย

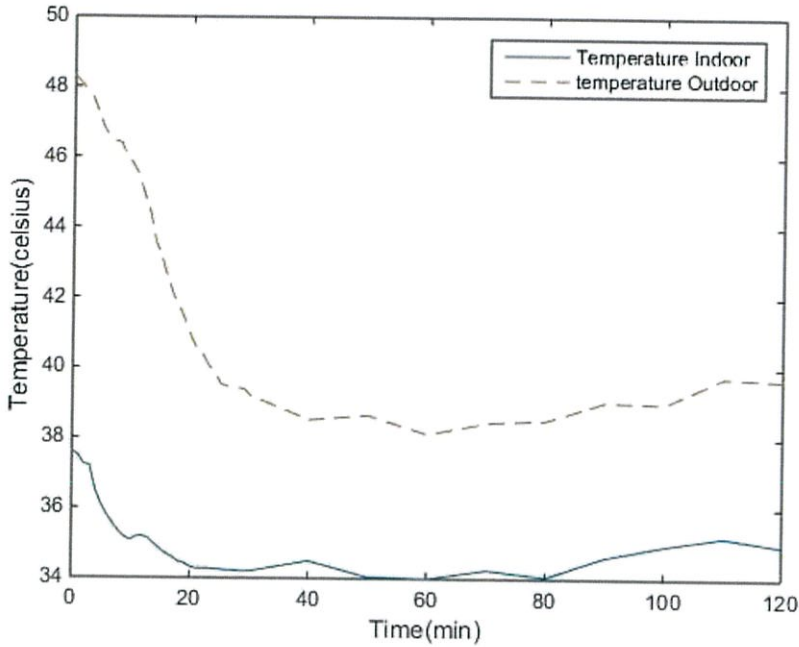
พบว่ากรณีที่ 2 นั้นกำลังไฟฟ้าที่ที่ใช้สูงสุดจะน้อยกว่ากรณีที่ 1 เพราะทิศทางลม จากทางใต้นั้นมีแรงดันมากทำให้มีการถ่ายเทอากาศใต้หลังคาได้ดี ส่งผลให้สามารถลดอุณหภูมิได้เร็ว และไม่ต้องใช้พัดลมของระบบปรับอากาศแบบระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) ครบทั้ง 3 ตัว ตลอดเวลา



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 2)

จากรูปที่ 4.18 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนถึงสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 430 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูป เป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการที่ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่า กำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป และในกรณีที่ 2 นี้มีการใช้พลังงานที่มากกว่ากรณีที่ 1 เพราะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ช่วงหนึ่งมีค่า 60%RH และมี แนวนอนที่จะเกินค่ามาตรฐาน ทำให้ระบบระบายอากาศต้องทำงานมากขึ้น

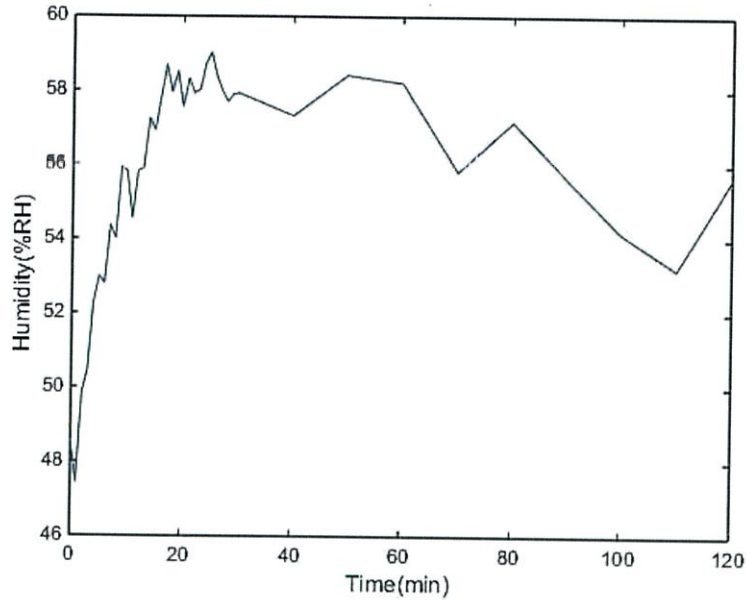
●กรณีศึกษาที่ 3 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศ ตะวันออก มีผลการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 3)

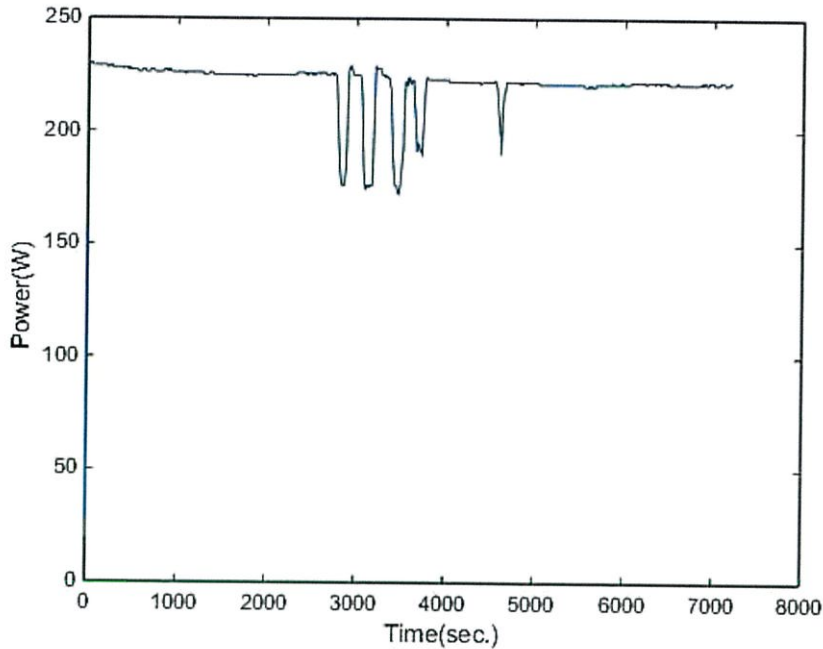
จากกราฟรูปที่ 4.19 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 37.5 °C เหลือ 34 °C และอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ที่ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 3.5 °C ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

พบว่าในกรณีนี้ลดอุณหภูมิได้ไม่มากนัก เพราะทิศตะวันออก เป็นทิศที่จะได้รับรังสีความร้อนในช่วงบ่ายมากกว่าทิศอื่น ทำให้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) จึงทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิได้มาก



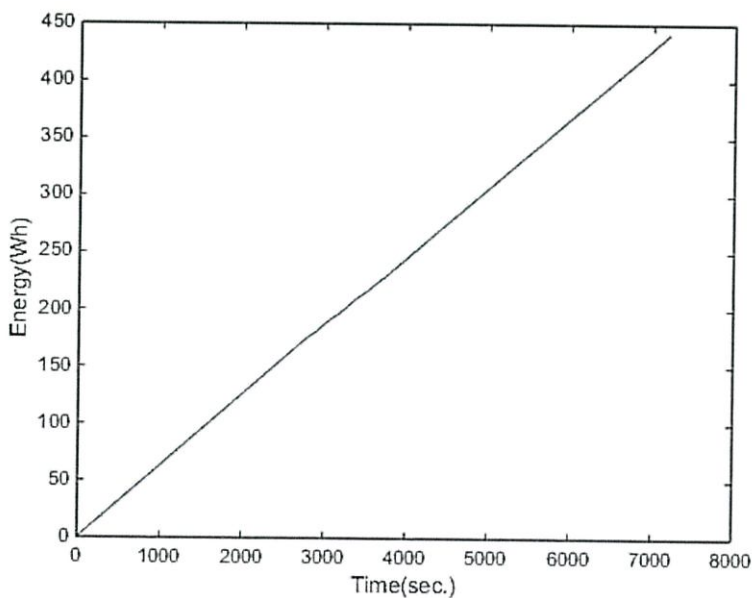
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 3)

จากกราฟรูปที่ 4.20 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 48 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 20 นาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 58 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 3)

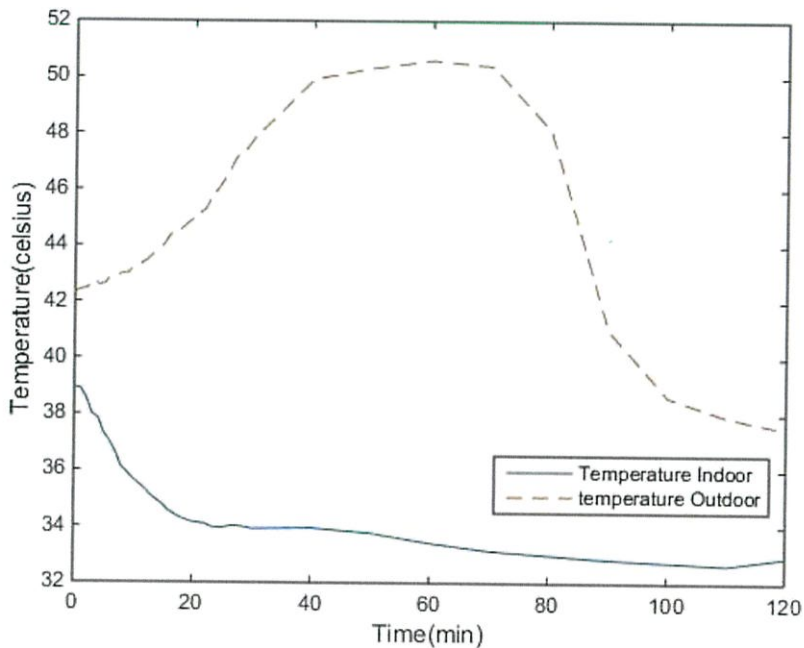
จากกราฟรูปที่ 4.21 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้า จะสูงถึง 230 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง แต่เนื่องจากอุณหภูมิมีค่าคงที่ที่ 34°C จึงทำให้ในการทดลองนี้กำลังไฟจะคงที่ที่ 230 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลตที่ใช้มากขึ้น ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลตมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 3)

จากรูปที่ 4.22 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 445 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังกล่าวเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป และในกรณีนี้มีการใช้พลังงานที่มาก เพราะ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่มีแนวโน้มเกินค่ามาตรฐานหลายช่วงทำให้ระบบระบายอากาศทำงานมากขึ้น

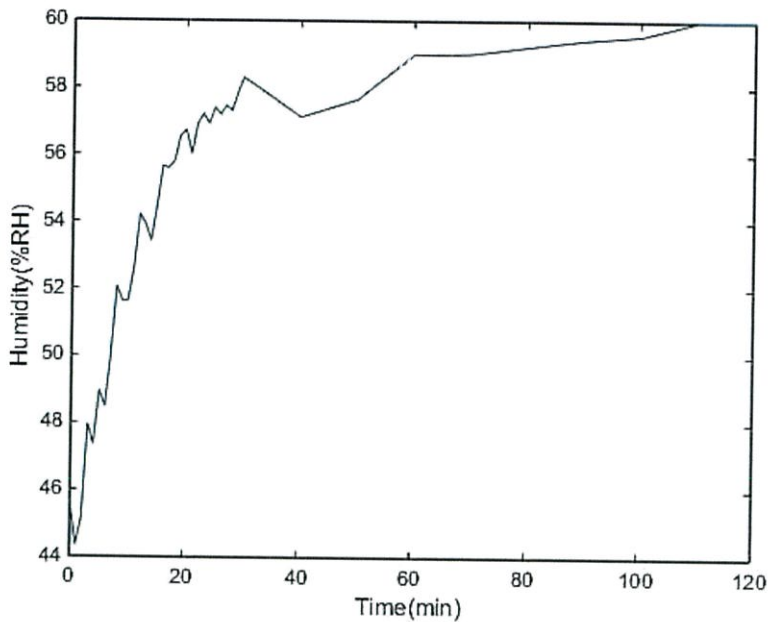
● **กรณีที่ 4 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันตก** มีผลการทดลอง ดังนี้



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 4)

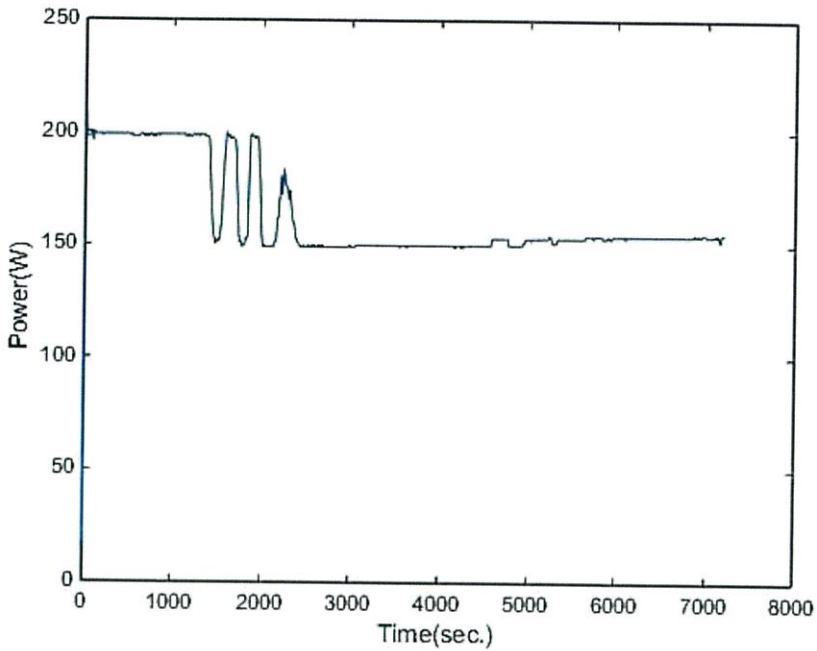
จากราฟรูปที่ 4.23 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 33 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 6 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความ

ร้อยแฉงจากสิ่งแวดลอมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจาลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



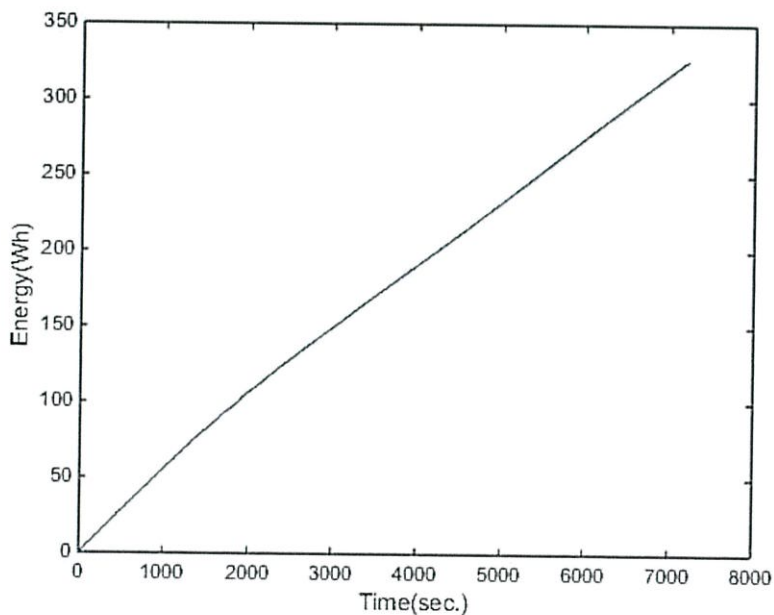
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 4)

จากกราฟรูปที่ 4.24 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 44 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 60 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้กับเวลา (กรณีที่ 4)

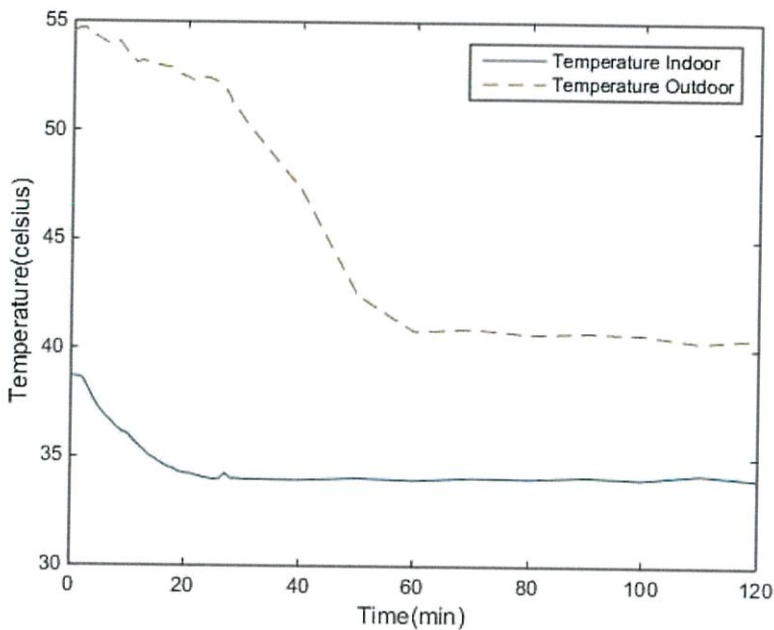
จากกราฟรูปที่ 4.25 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลจจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้าสูงถึง 200 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลงมาที่ 150 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 4)

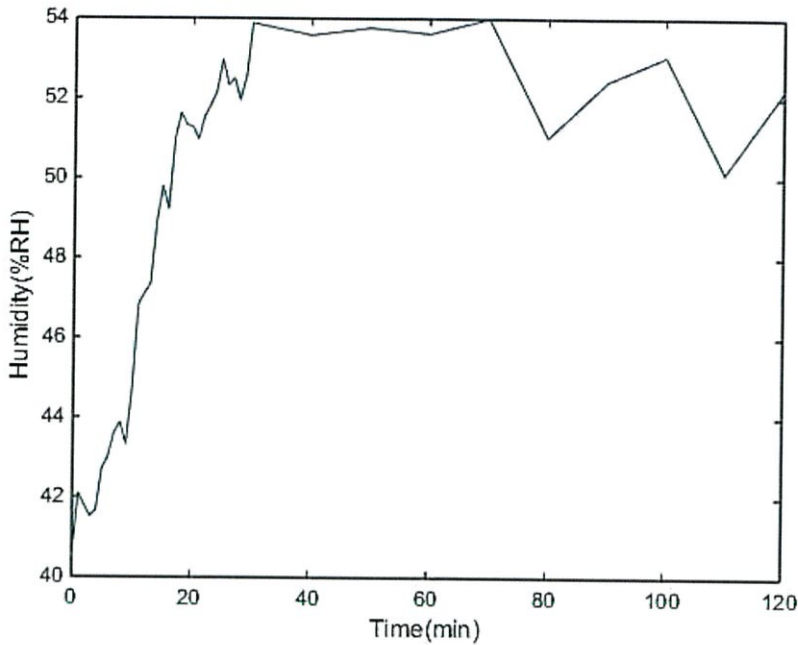
จากกราฟรูปที่ 4.26 เป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 445 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็น ผมนมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 5 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) มีฉนวนหลังคา หันทิศเหนือ**
มีผลการทดลอง ดังนี้



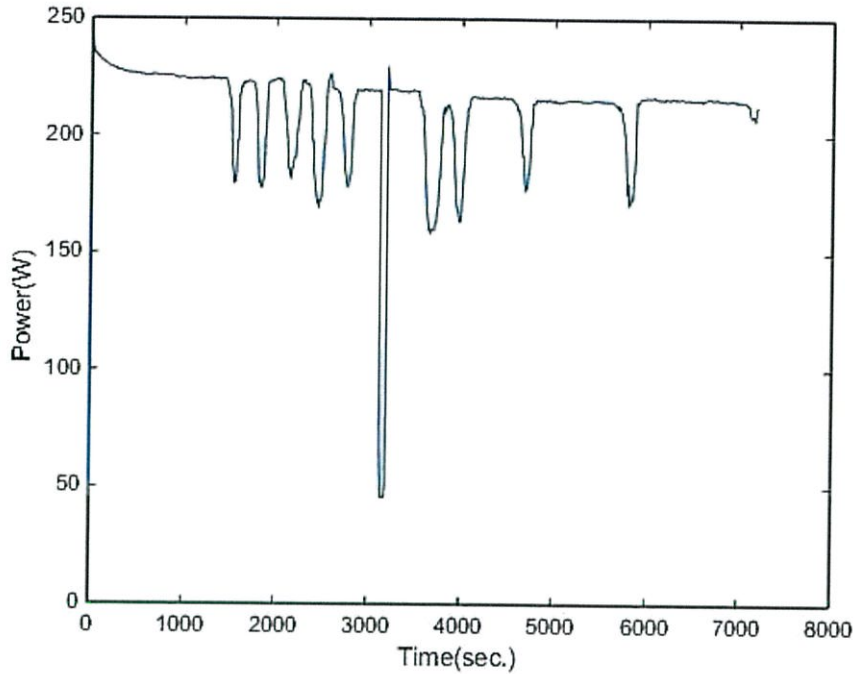
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 5)

จากกราฟรูปที่ 4.27 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศเหนือ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิจะลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 38 °C เหลือ 34.8 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 3.2 °C ซึ่ง °C ซึ่ง เนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความ ร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมี การดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



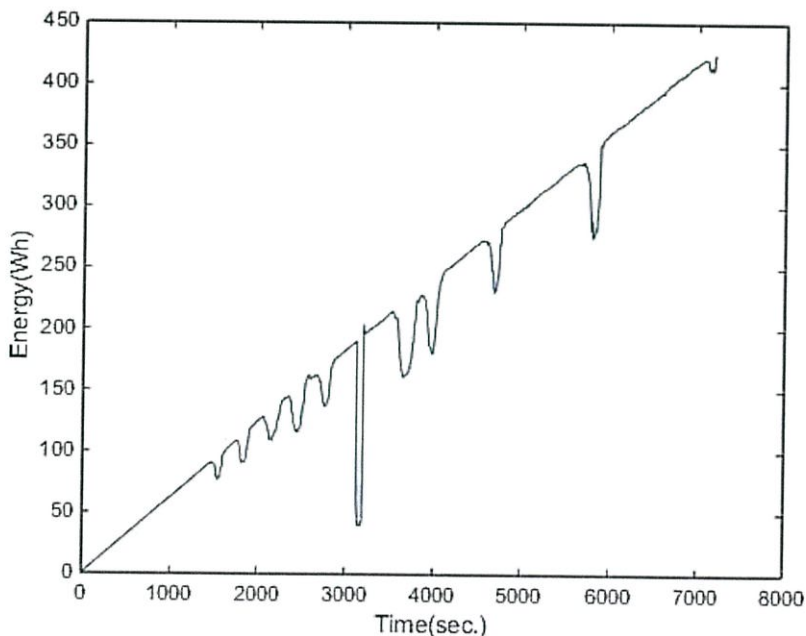
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 5)

จากกราฟรูปที่ 4.28 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 40 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 54 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 % ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 5)

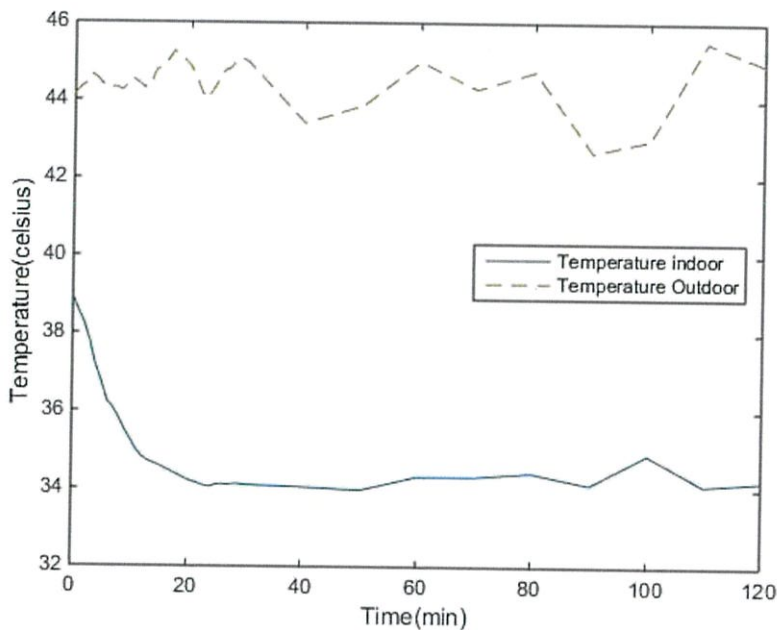
จากกราฟรูปที่ 4.29 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้ามียุคสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง แต่จากกราฟเกิดช่วงที่มีการสวิงขึ้น อาจเป็นผลมาจากพัดลมมีการหยุดทำงานไปชั่วขณะ แต่ก็ยังทำให้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยลดลงมาที่ 200 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียุคสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลง ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 5)

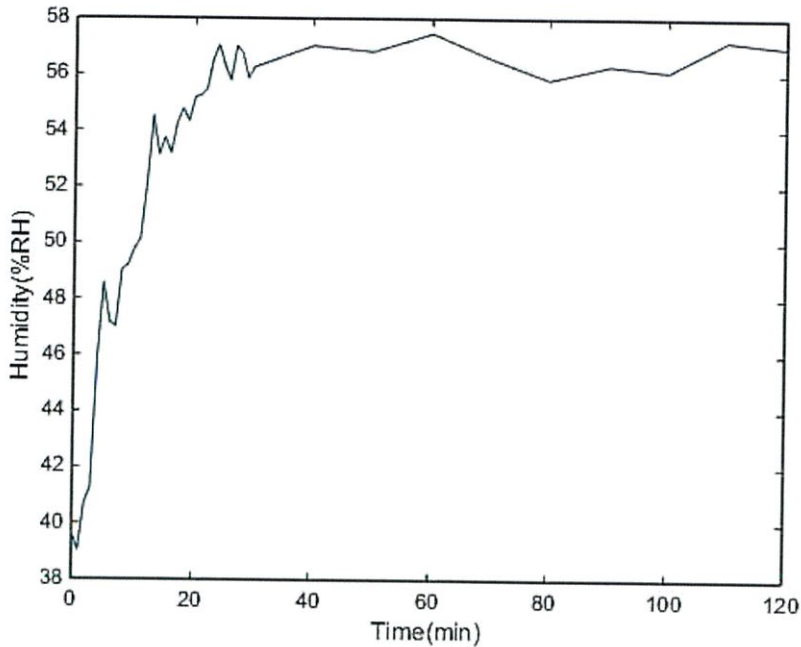
จากรูปที่ 4.30 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 430 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 6 : แผงสมาร์ทบอร์ด (Smart board) มีฉนวนหลังคา หันทิศใต้**
มีผลการทดลอง ดังนี้



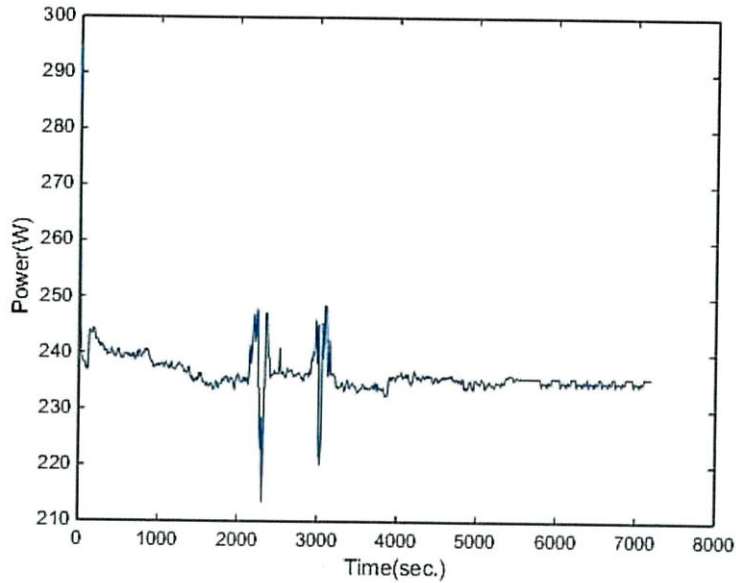
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 6)

จากรูปที่ 4.31 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศใต้ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 34.2 °C จากนั้นอุณหภูมิก็คงที่ ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 4.8 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อน ความร้อนแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



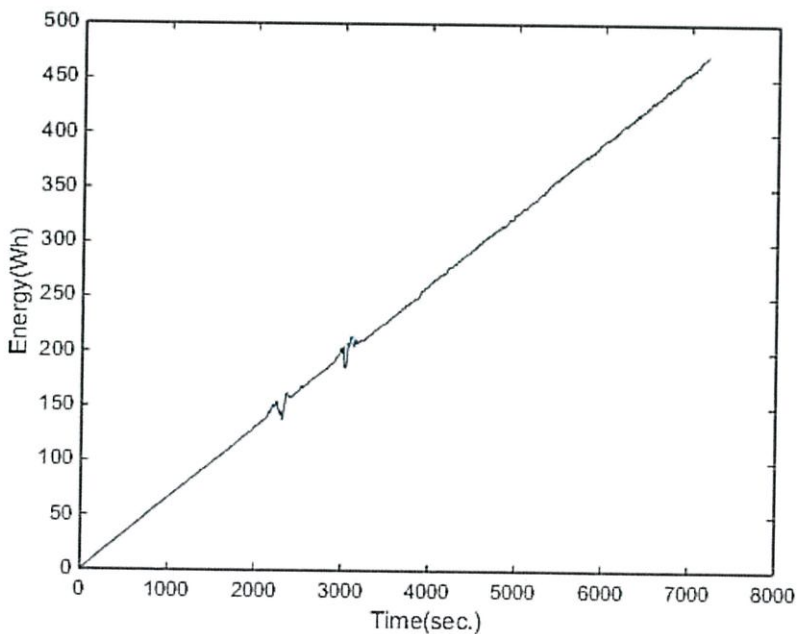
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 6)

จากกราฟรูปที่ 4.32 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 39 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 57 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 6)

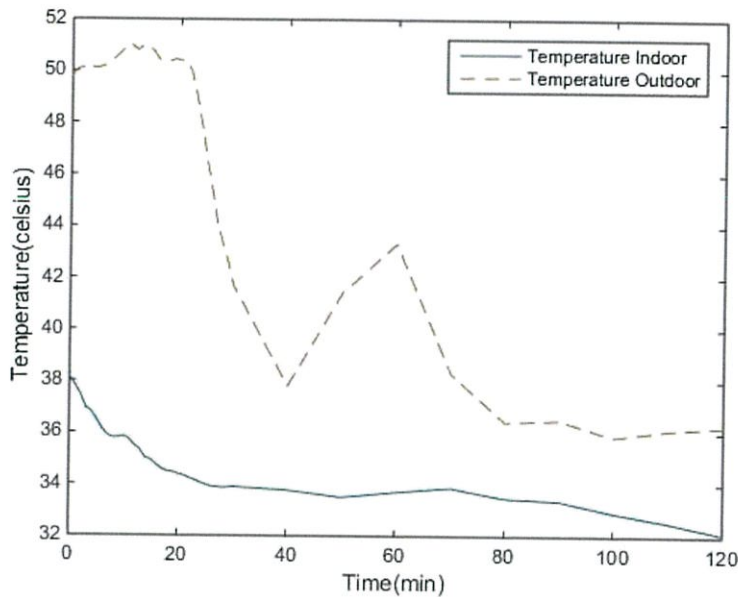
จากกราฟรูปที่ 4.33 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลจิ่งทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้าสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง แต่จากกราฟเกิดช่วงที่มีการสวิงขึ้นอาจเป็นผลมาจากพัดลมีการหยุดทำงานไปชั่วขณะ แต่ก็ยังทำให้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยลดลงมาที่ 235 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดัน จะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลตที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลตมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 6)

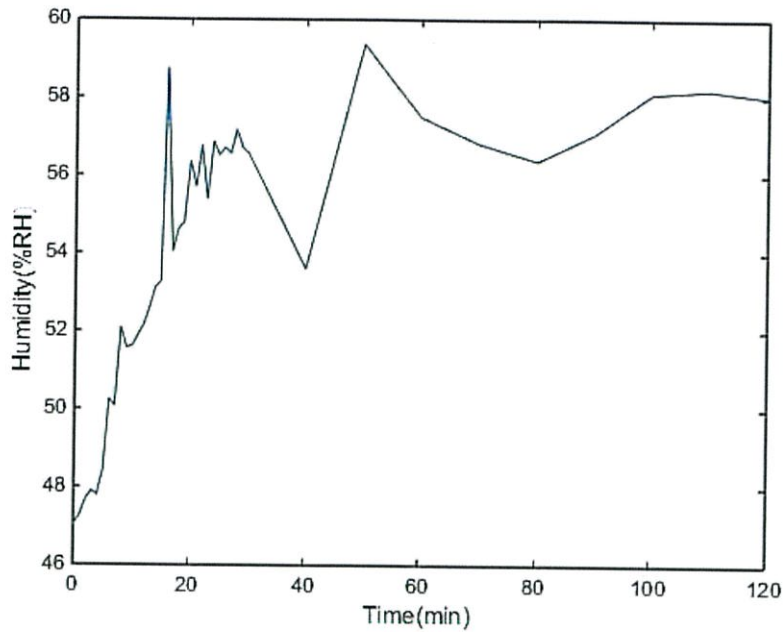
จากรูปที่ 4.34 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนถึงสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 460 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า (WOPP) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 7 : แผงสมาร์ทบอร์ด (Smart board) มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันออก**
มีผลการทดลอง ดังนี้



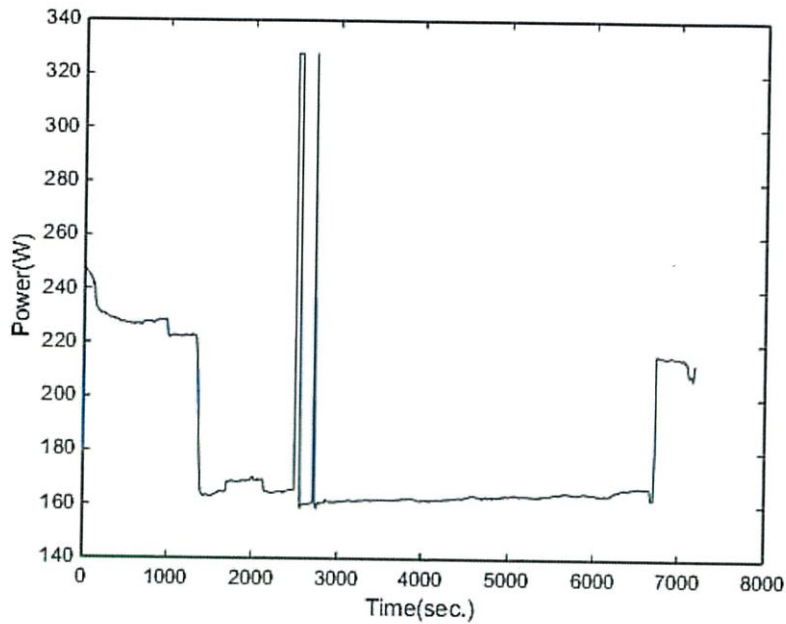
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 7)

จากรูปที่ 4.35 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 38 °C เหลือ 32 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 6 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้ อากาศหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



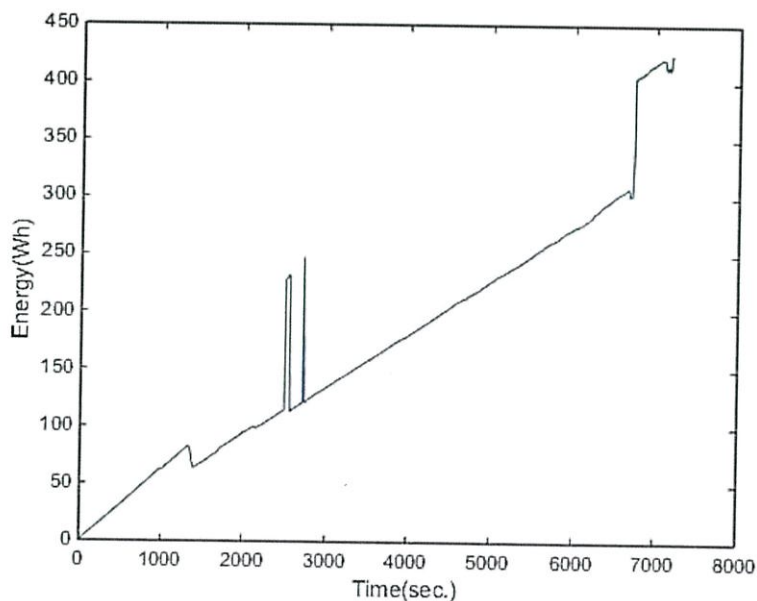
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 7)

จากกราฟรูปที่ 4.36 ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 47 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 58 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 7)

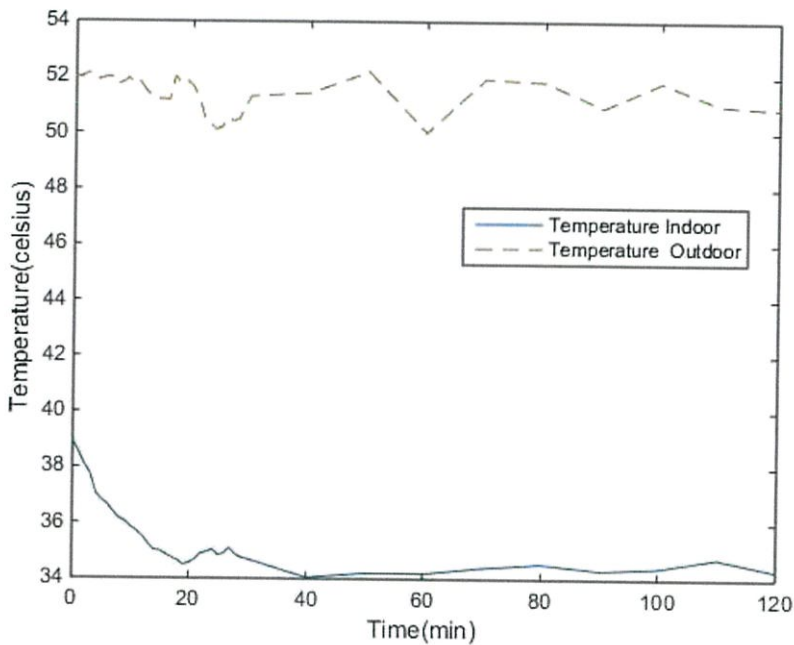
จากกราฟรูปที่ 4.37 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยลดลงมาที่ 160 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลง ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 7)

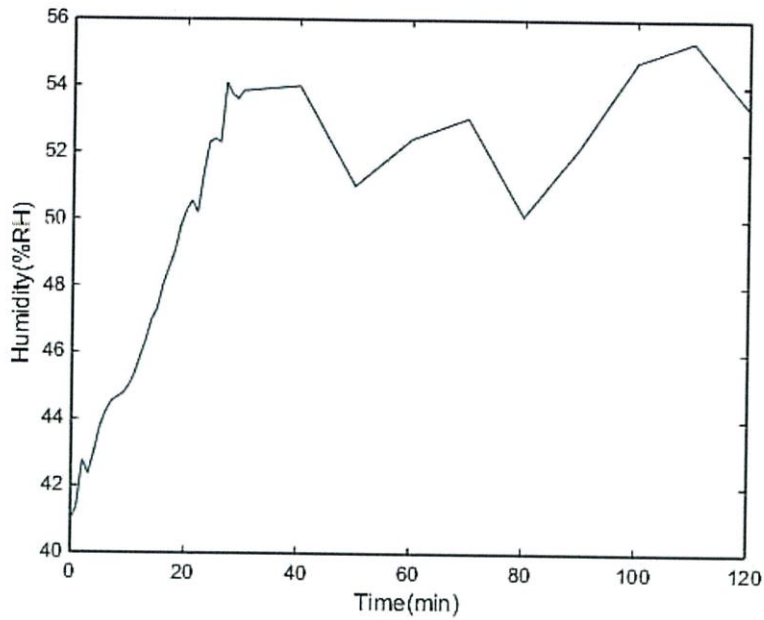
จากรูปที่ 4.38 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 440 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผมนมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า (WOC_P) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 8 : แผงสมาร์ทบอร์ด (Smart board) มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันตก**
มีผลการทดลอง ดังนี้



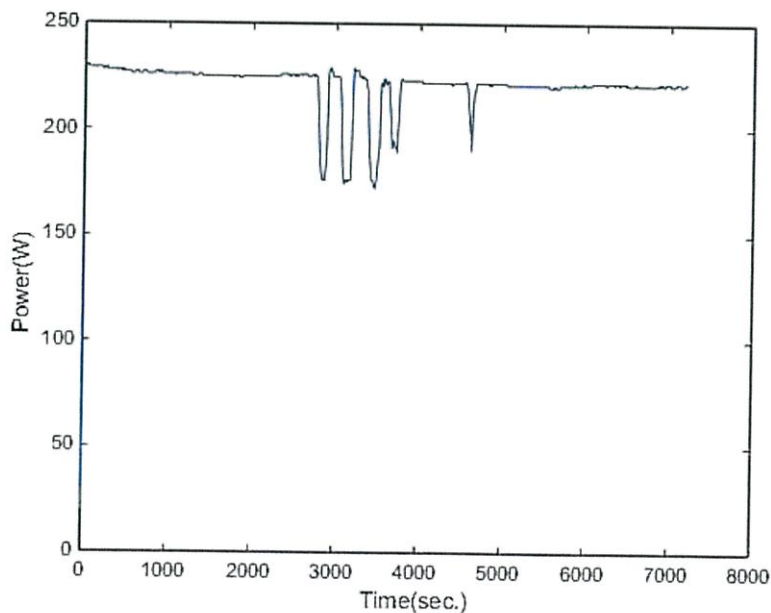
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 8)

จากราฟรูปที่ 4.39 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิจะลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 5 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้ อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



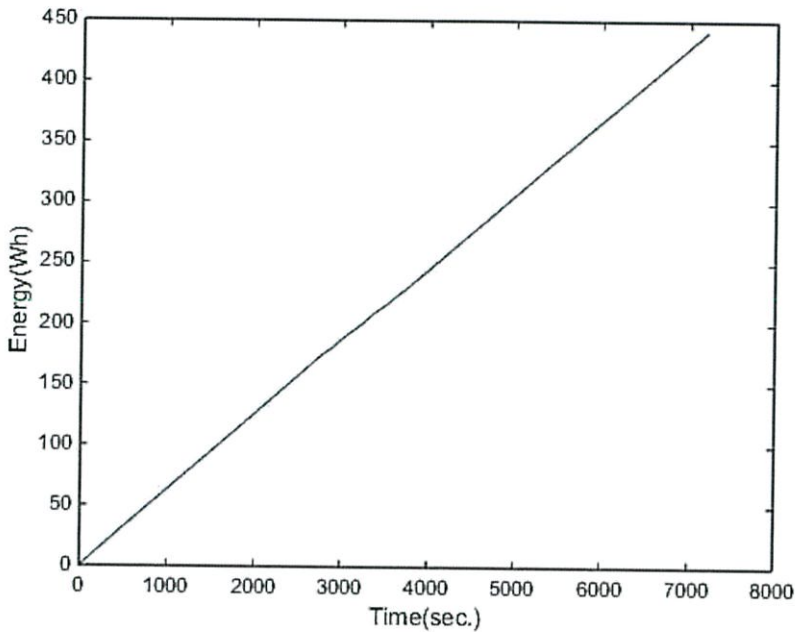
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 8)

จากกราฟรูปที่ 4.40 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 41 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 54 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 8)

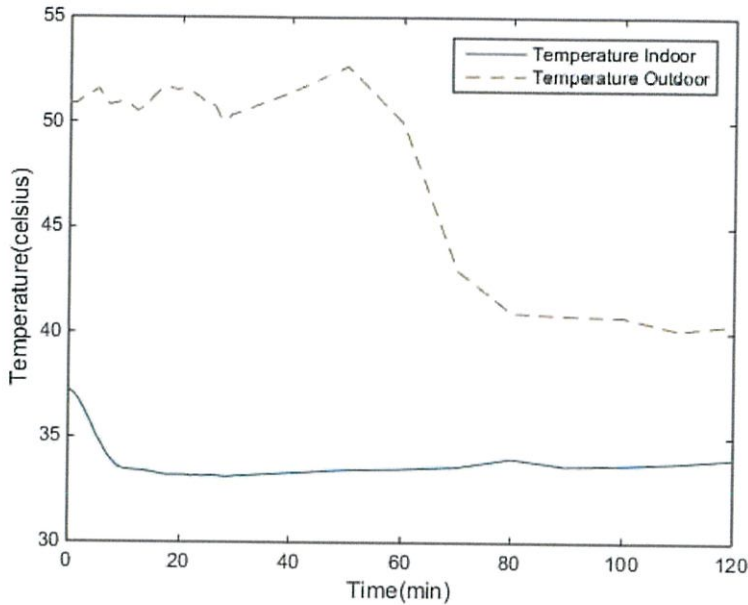
จากกราฟรูปที่ 4.41 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลจิ่งทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 235 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง แต่จากกราฟเกิดช่วงที่มีการสวิงลงอาจเกิด จากพัดลมหยุดทำงาน แต่กำลังไฟฟ้าก็มีค่าลดลงมาที่ 230 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผิดต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจข เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหนด ที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหนดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีสที่ 8)

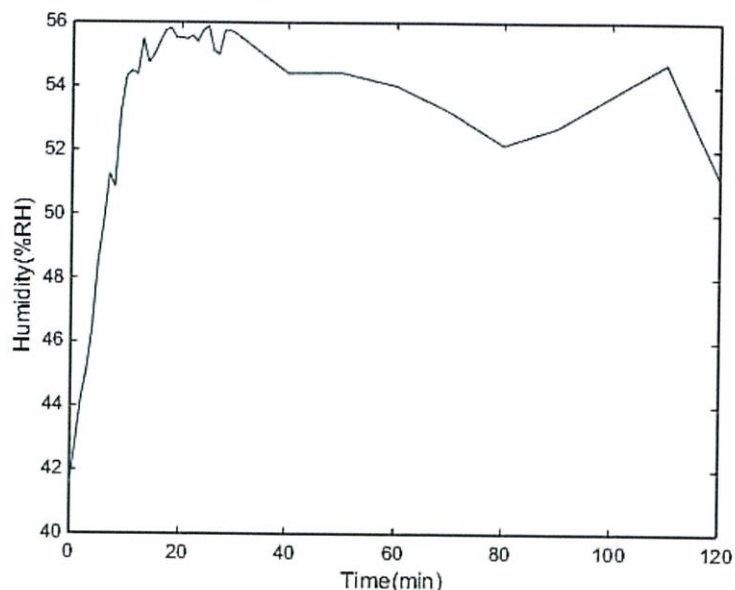
จากรูปที่ 4.42 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 445 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดัง รูปเป็นผมมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่า กำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- กรณีที่ 9 : ผนังพลาสติก (Plastwood) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศเหนือ มีผลการทดลอง ดังนี้



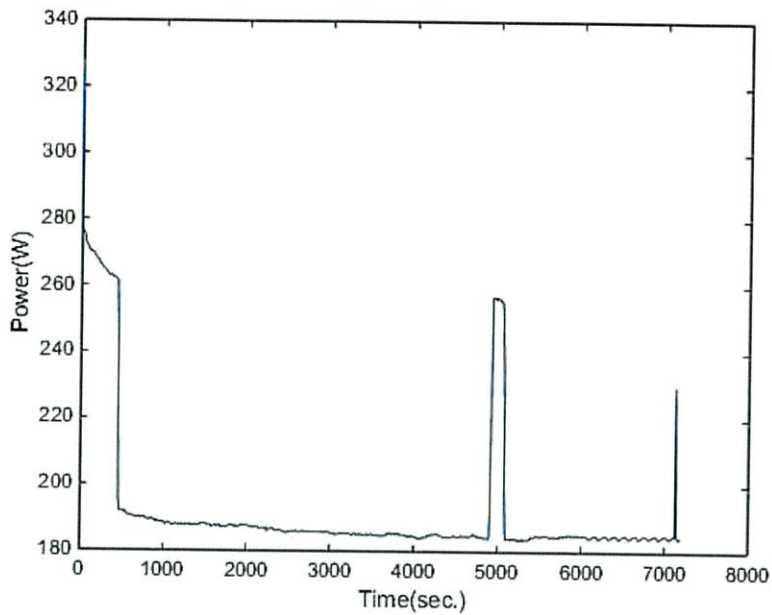
รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 9)

จากกราฟรูปที่ 4.43 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 37 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 3 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



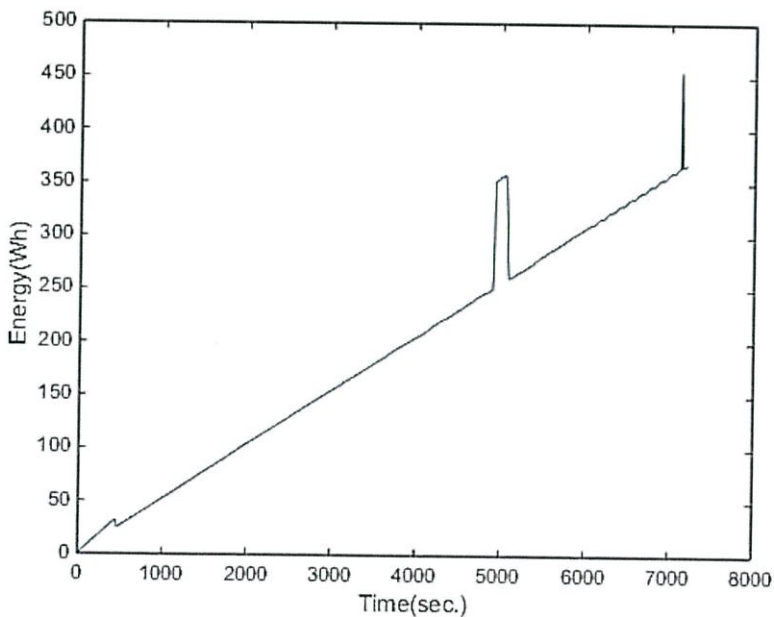
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 9)

จากกราฟรูปที่ 4.44 ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 42 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์มีการเพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 56 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อากาศภายนอกเข้ามายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 9)

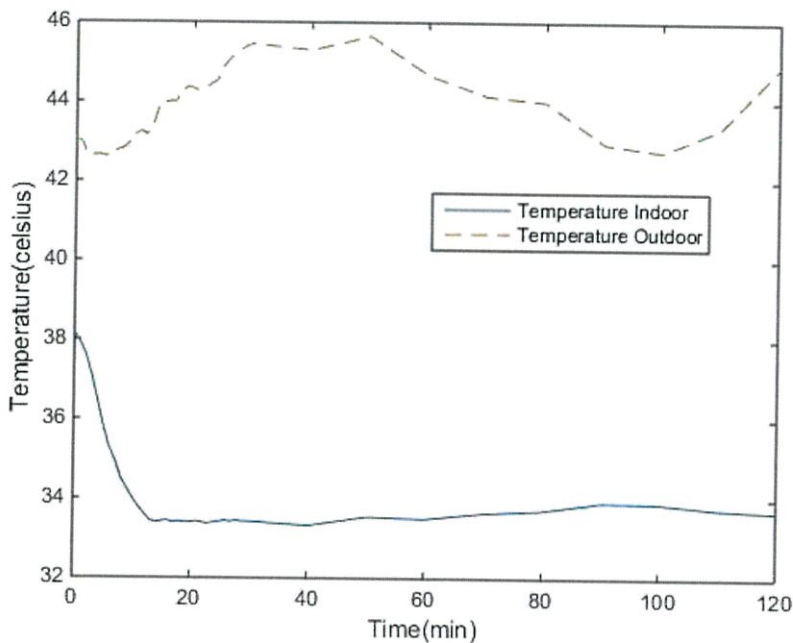
จากกราฟรูปที่ 4.45 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงถึง 270 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 180 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 9)

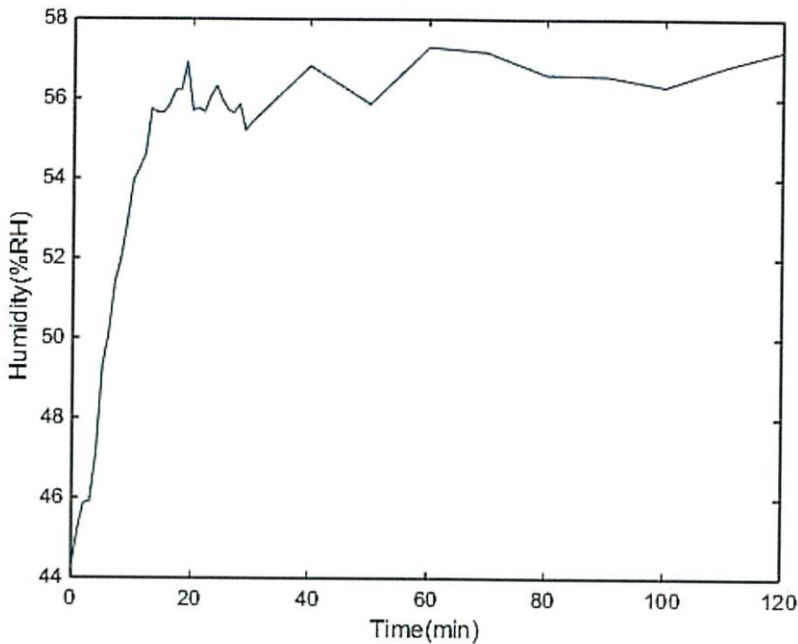
จากรูปที่ 4.46 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 450 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 10 : ผนังพลาสติก (Plastwood) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศใต้**
มีผลการทดลอง ดังนี้



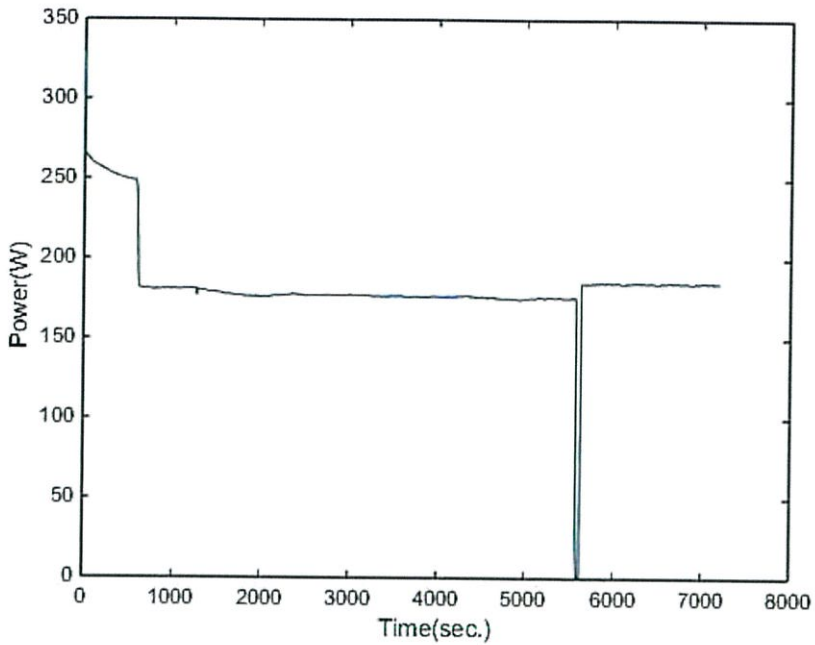
รูปที่ 4.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 10)

จากราฟรูปที่ 4.47 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศใต้ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 38 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 4 ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะน้ำอาศัยหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



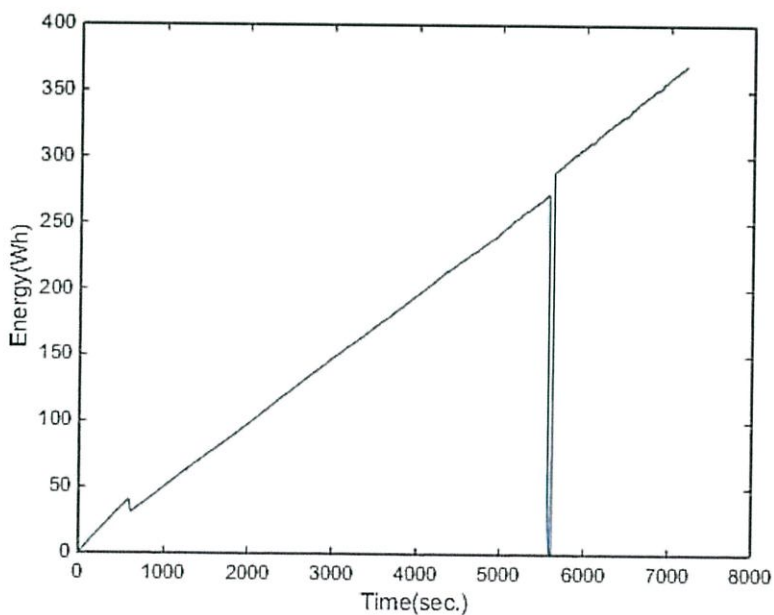
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 10)

จากกราฟรูปที่ 4.48 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 44 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 57 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านมาและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อิอน้ำออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 10)

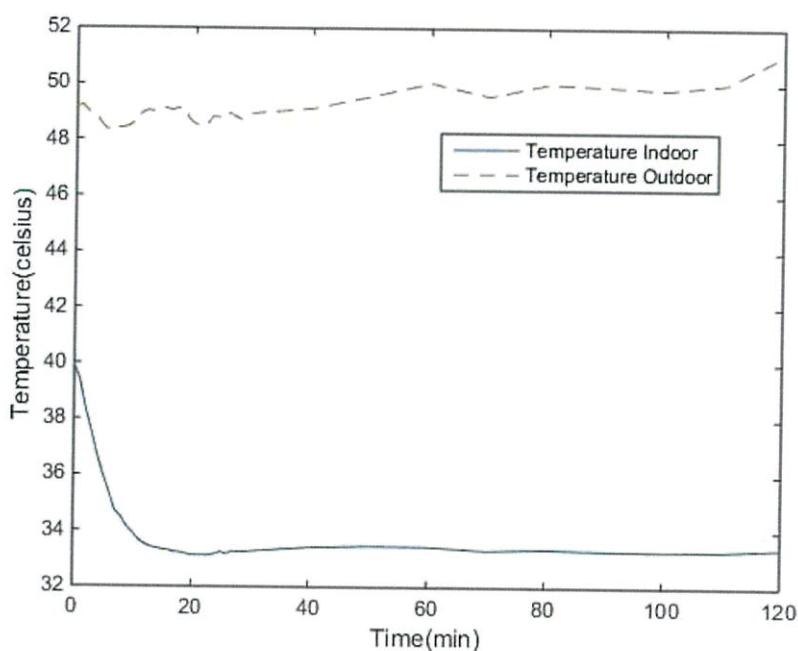
จากกราฟ รูปที่ 4.49 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 270 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 180 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหนดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามี่ค่าสูงขึ้น และเมื่อโหนดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 10)

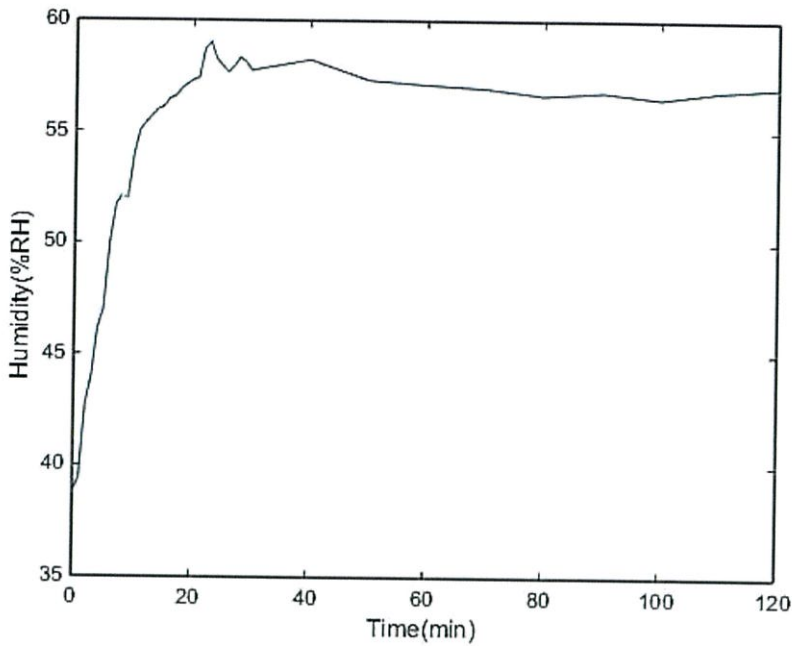
จากรูปที่ 4.50 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 370 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผมมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

• **กรณีที่ 11 : ผนังพลาสติก (Plastwood) ไม่มีฉนวนหลังคา ทิศตะวันออก**
มีผลการทดลอง ดังนี้



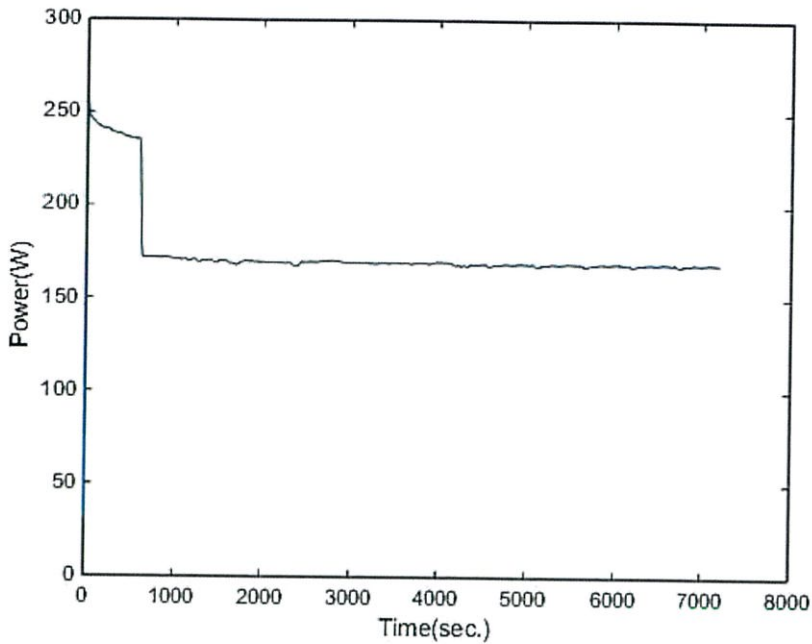
รูปที่ 4.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 11)

จากราฟรูปที่ 4.51 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิจะลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 40 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 6 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้ อาศัยหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



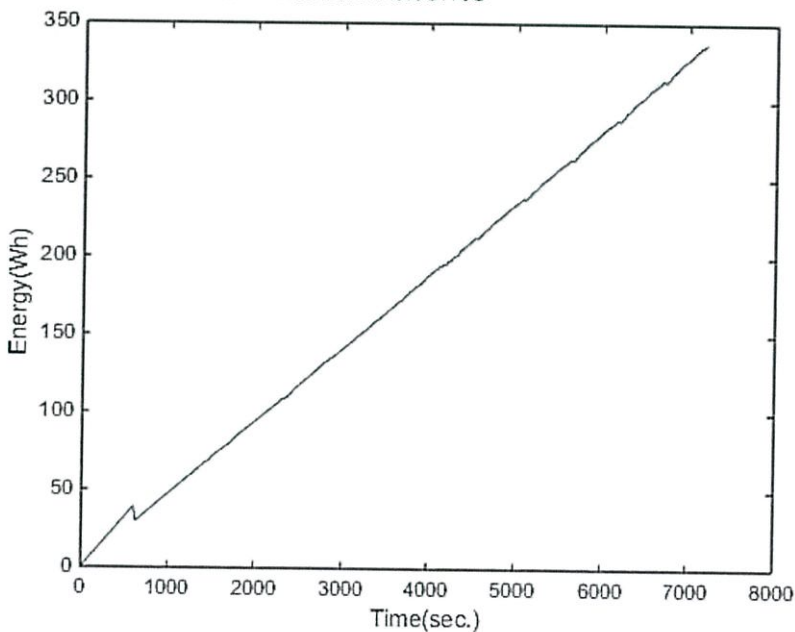
รูปที่ 4.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 11)

จากกราฟรูปที่ 4.52 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 39 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 58 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้ไอน้ำออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 11)

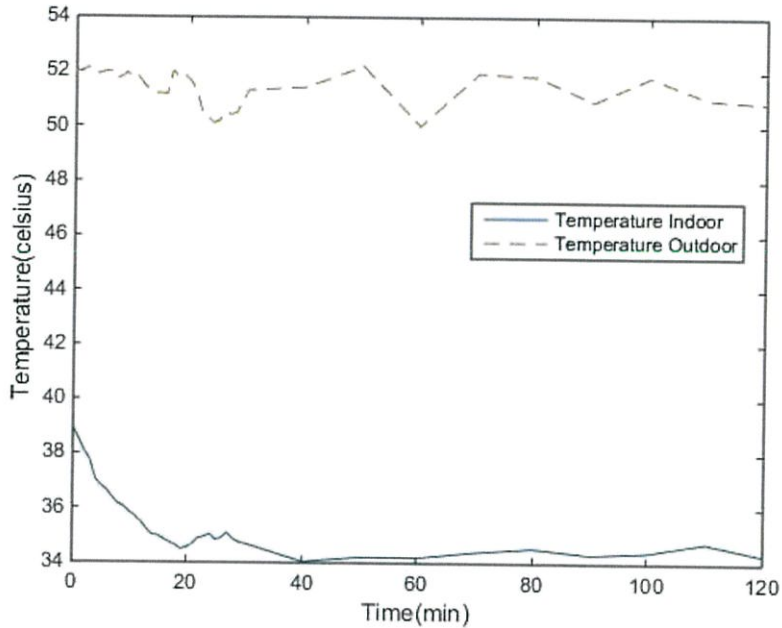
จากกราฟรูปที่ 4.53 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้ามียุคสูงถึง 250 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 175 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลตที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียุคสูงขึ้น และเมื่อโหลตมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 11)

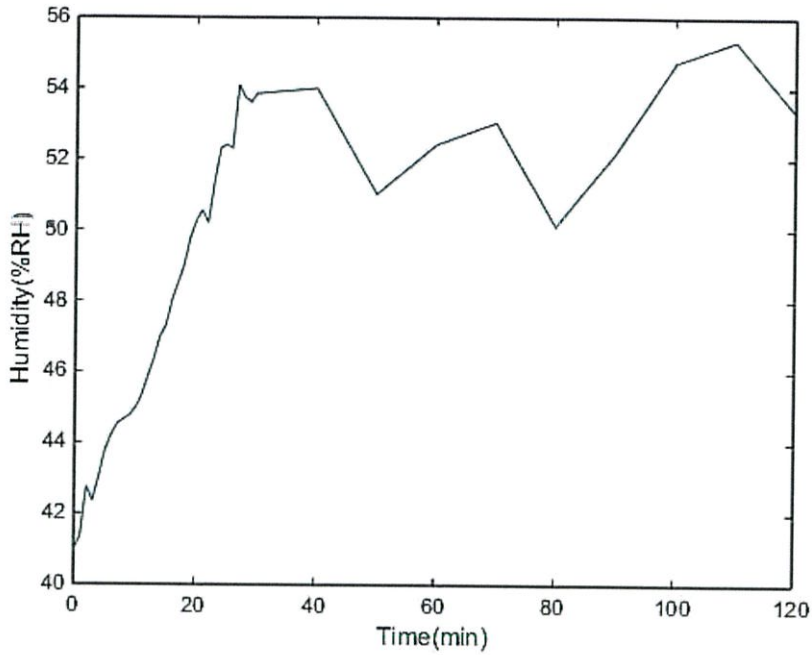
จากรูปที่ 4.54 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 340 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 12 : ผนังพลาสติก (Plastwood) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันตก**
มีผลการทดลอง ดังนี้



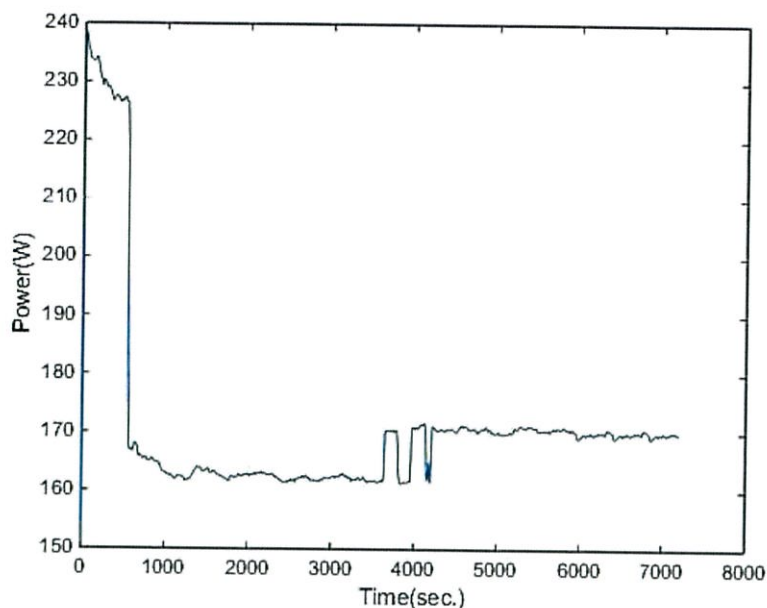
รูปที่ 4.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 12)

จากรูปที่ 4.55 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันตก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิต่างกัน 5 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้ อาศัยหลังการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



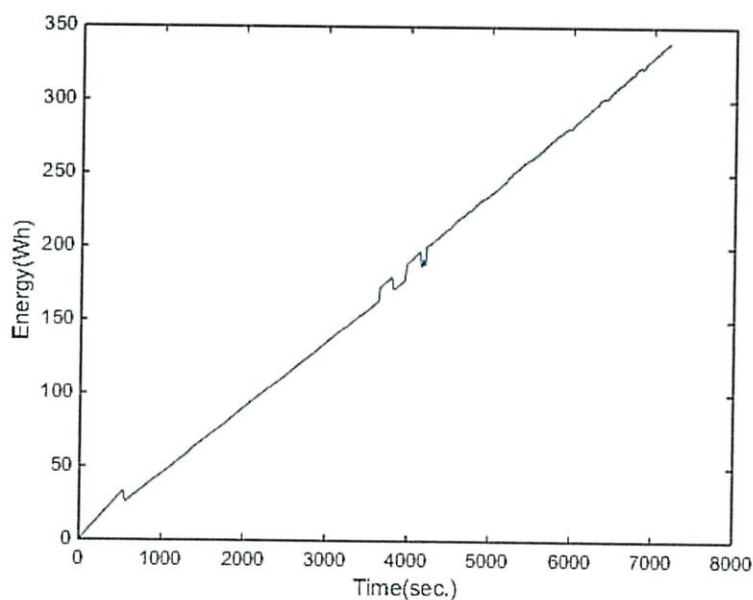
รูปที่ 4.56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 12)

จากกราฟรูปที่ 4.56 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 41 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 55 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านมาและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 12)

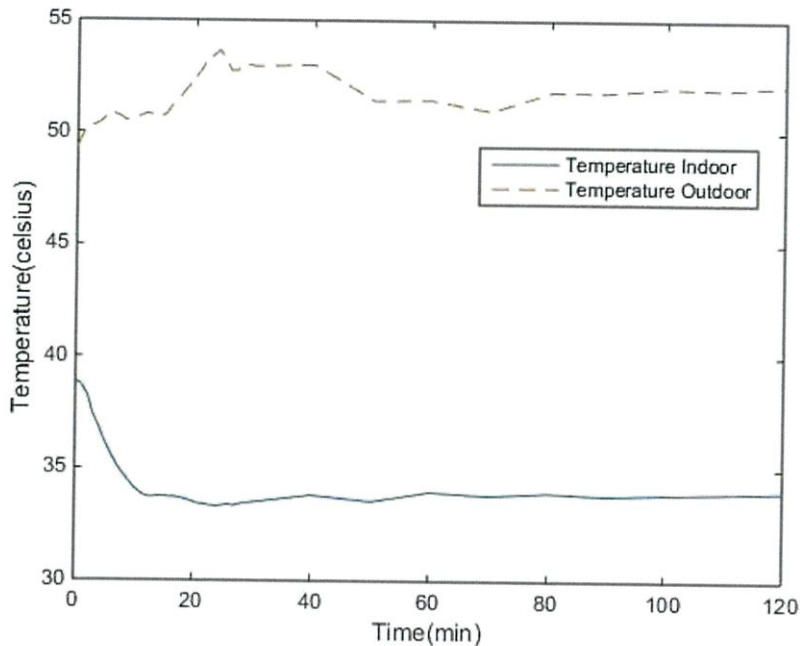
จากกราฟรูปที่ 4.57 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 170 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียิ่งสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 12)

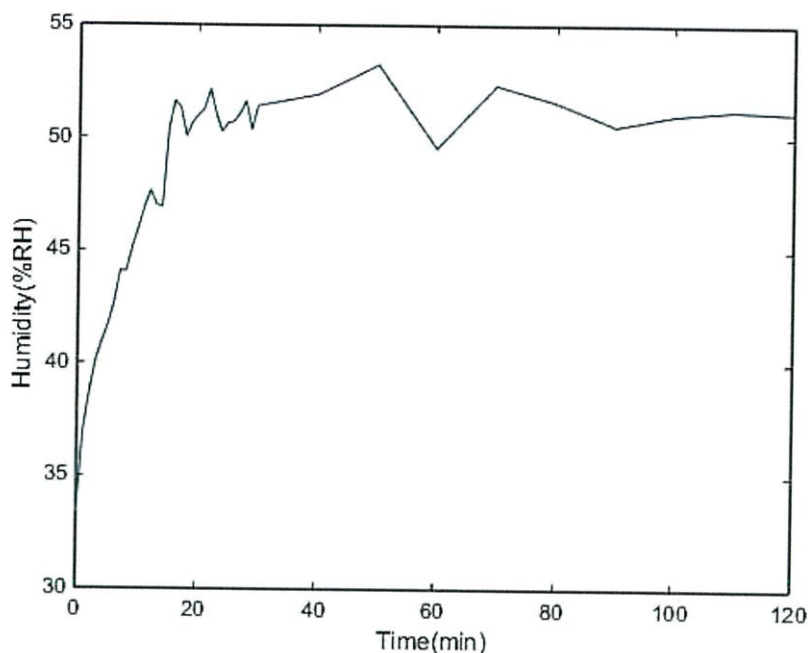
จากรูปที่ 4.58 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 340 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 13 : ผนังพลาสติก (Plastwood) มีฉนวนหลังคา หันทิศเหนือ**
มีผลการทดลอง ดังนี้



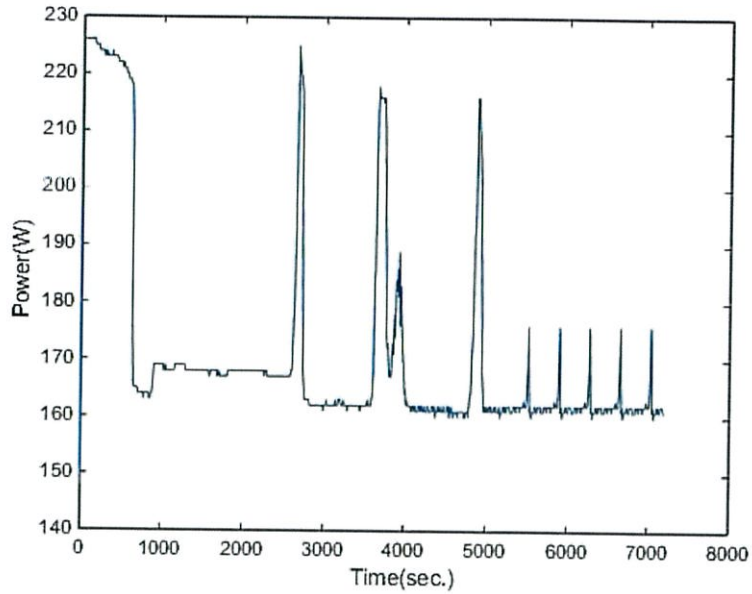
รูปที่ 4.59 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 13)

จากกราฟรูปที่ 4.59 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศเหนือ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 38 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 4 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความรุ่มแผงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



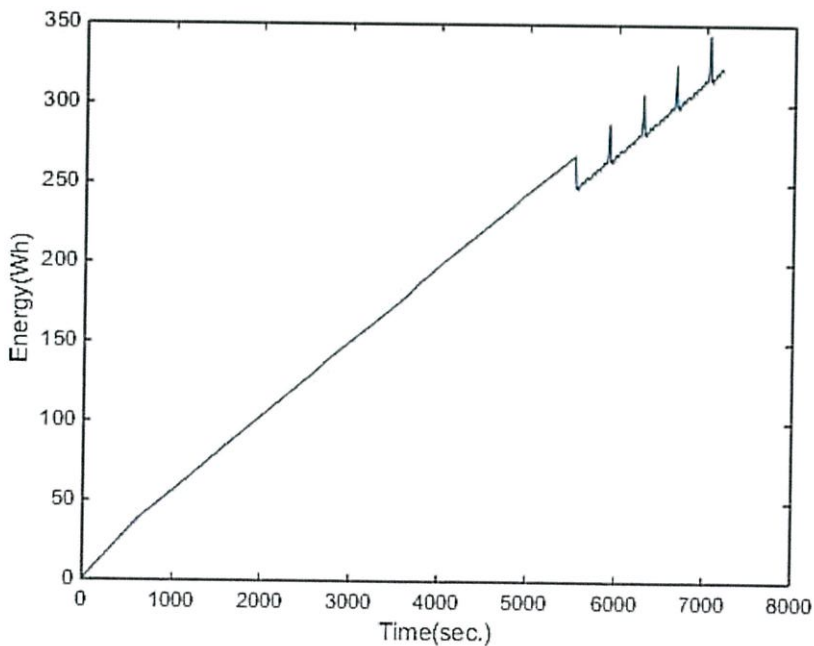
รูปที่ 4.60 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 13)

จากกราฟรูปที่ 4.60 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 35 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 53 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เคียงมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.61 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 13)

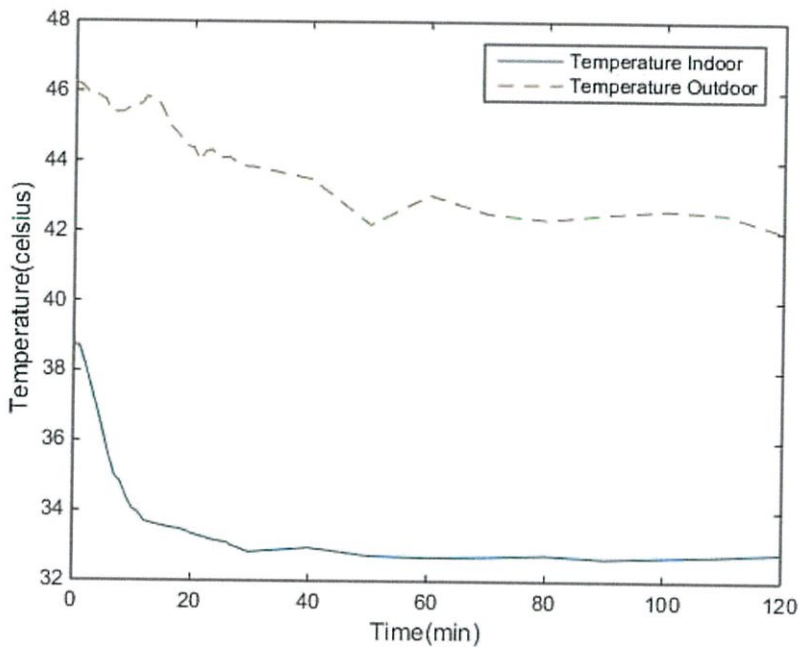
จากกราฟรูปที่ 4.61 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 225 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 165 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.62 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 13)

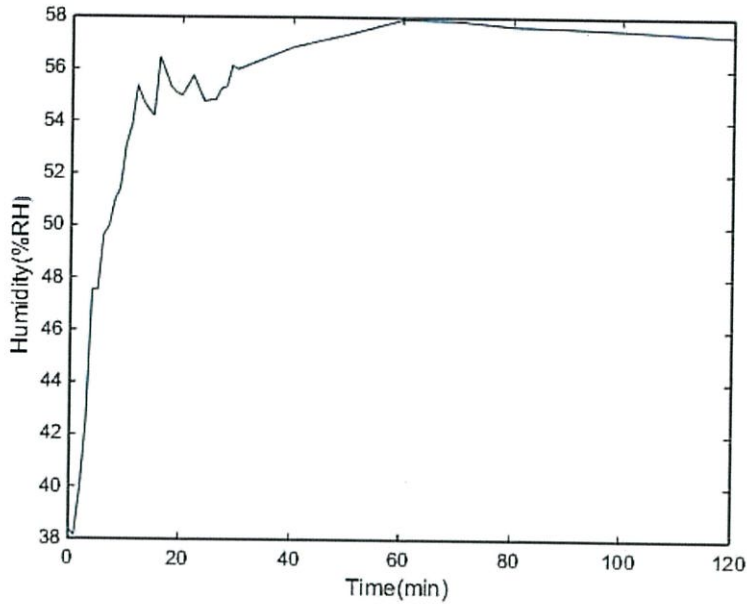
จากรูปที่ 4.62 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 340 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 14 : ผนังพลาสติก (Plastwood) มีฉนวนหลังคา หันทิศใต้**
มีผลการทดลอง ดังนี้



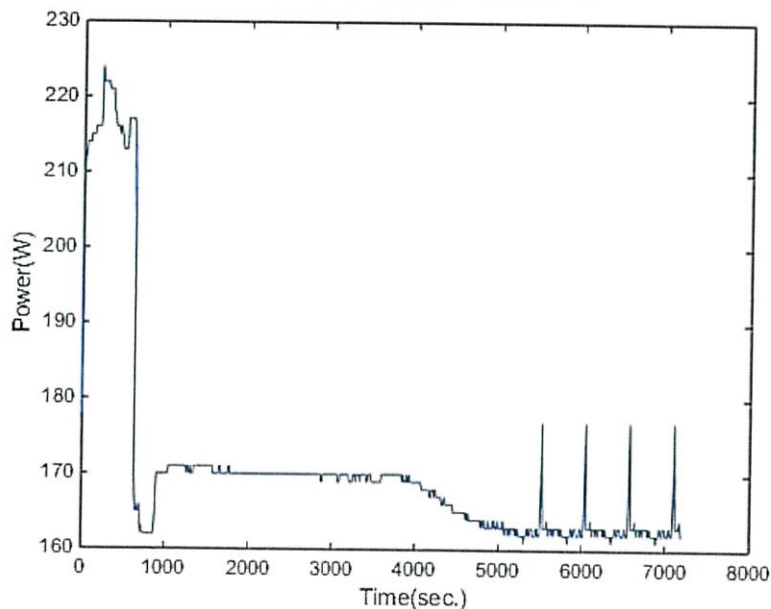
รูปที่ 4.63 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 14)

จากกราฟรูปที่ 4.63 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศใต้ อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 33 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 6 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



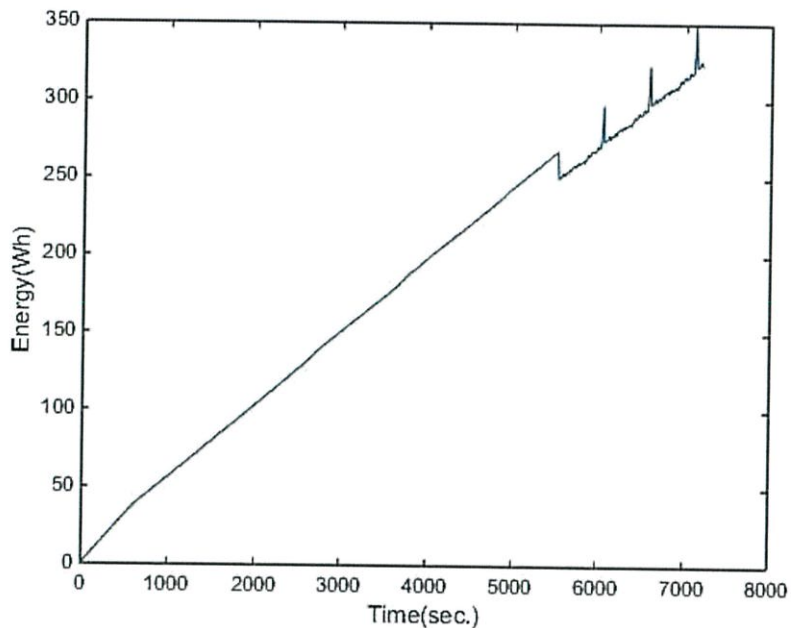
รูปที่ 4.64 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 14)

จากกราฟรูปที่ 4.64 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 38 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 58 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.65 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 14)

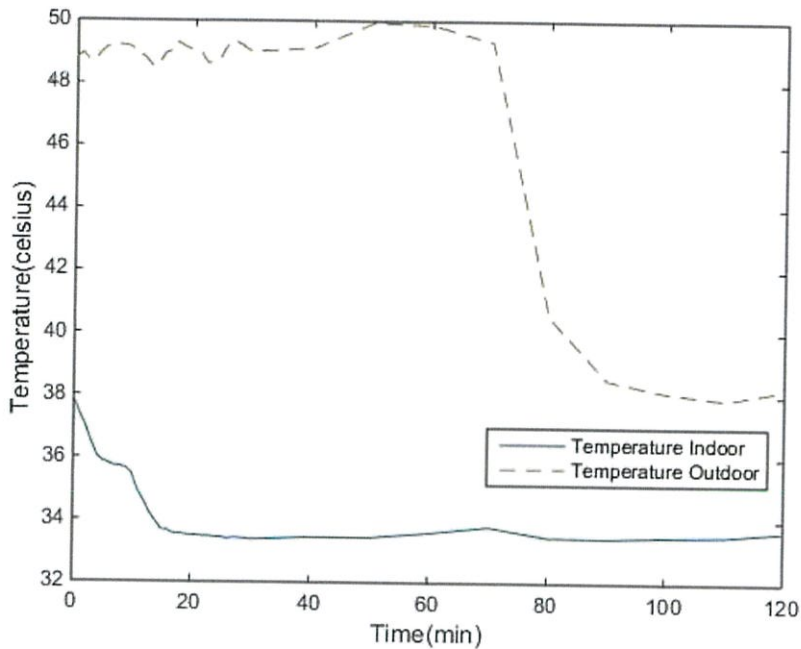
จากกราฟรูปที่ 4.65 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 220 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า มีค่า ลดลงมาที่ 165 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุม ระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลตที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียิ่งสูงขึ้น และ เมื่อโหลตมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.66 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 14)

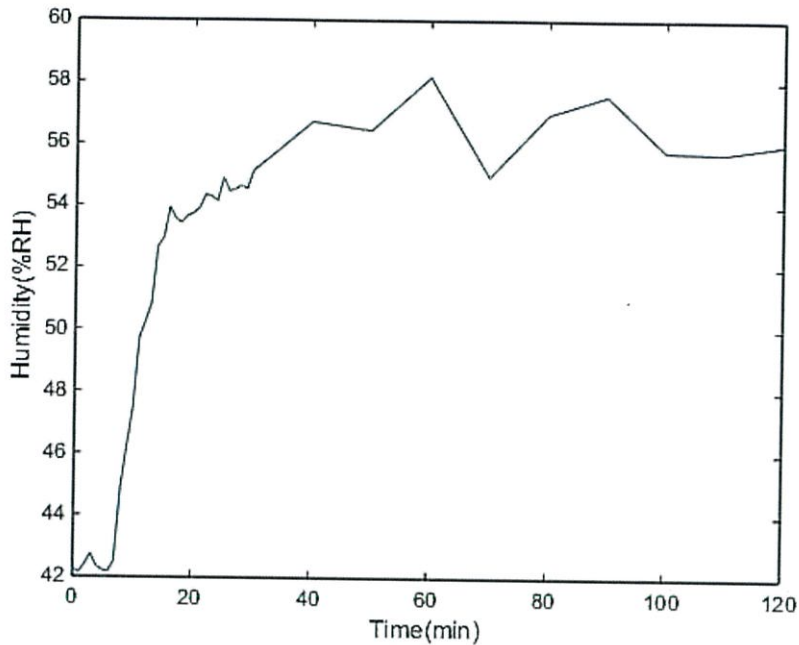
จากรูปที่ 4.66 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนถึงสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 340 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูป เป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่า กำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- กรณีที่ 15 : ผนังพลาสติก (Plastwood) มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันออก มีผลการทดลอง ดังนี้



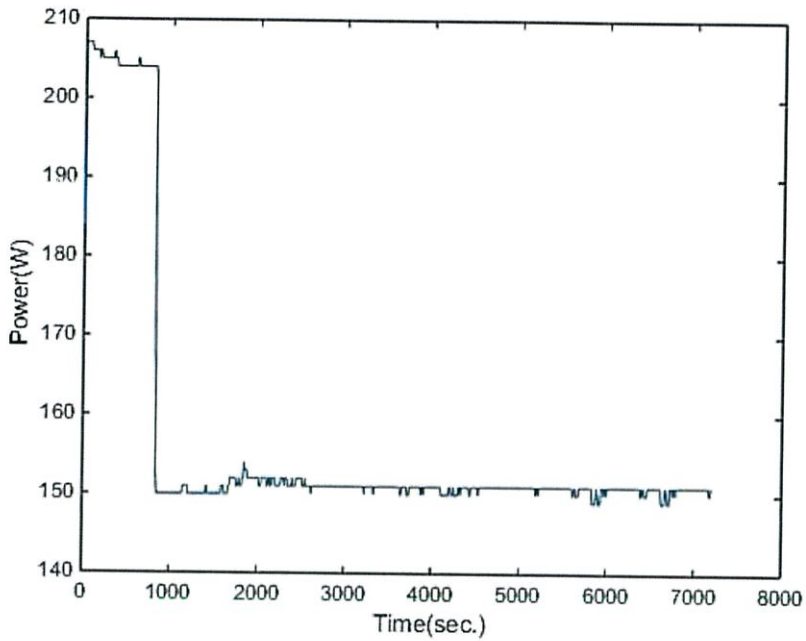
รูปที่ 4.67 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 15)

จากกราฟรูปที่ 4.67 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 38 °C เหลือ 34 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 4 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความร้อยแฝงจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



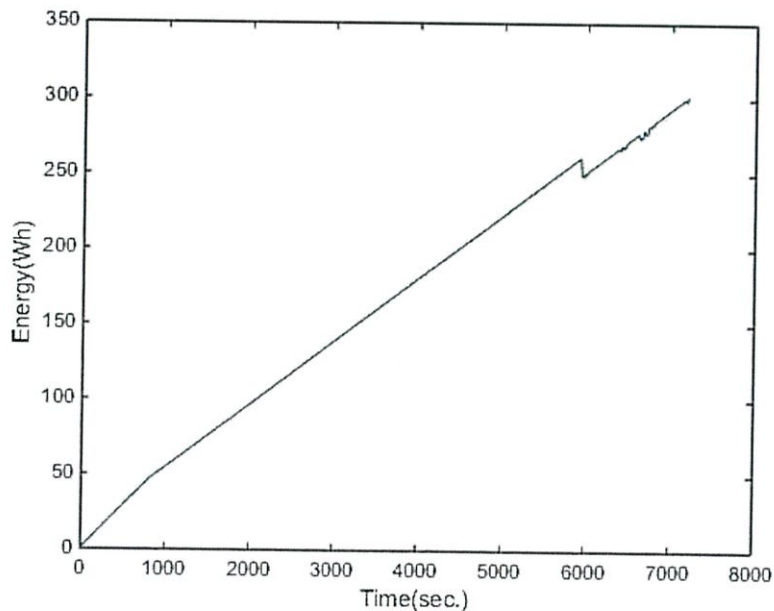
รูปที่ 4.68 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 15)

จากกราฟรูปที่ 4.68 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 42 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 58 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้ไอน้ำออกมายังภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.69 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 15)

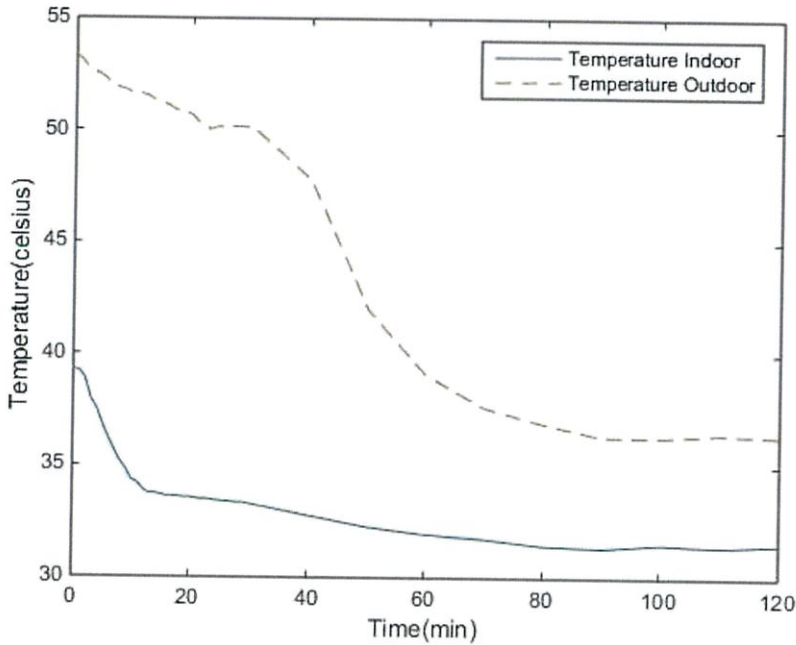
จากกราฟรูปที่ 4.69 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34°C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 215 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้า มีค่าลดลงมาที่ 150 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุมระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโหลดที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามียิ่งสูงขึ้น และเมื่อโหลดมีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.70 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 15)

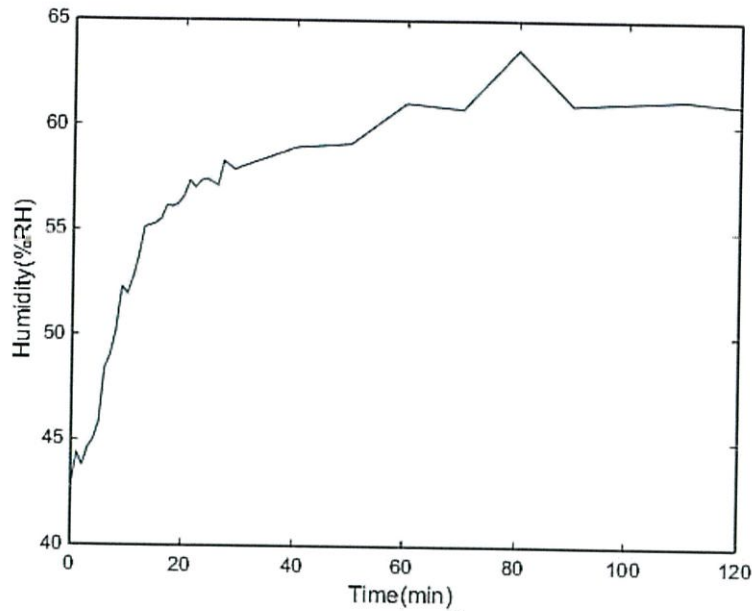
จากรูปที่ 4.70 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 300 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดังรูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่ากำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

- **กรณีที่ 16 : ผนังพลาสติก (Plastwood) มีฉนวนหลังคา หันทิศตะวันตก**
มีผลการทดลอง ดังนี้



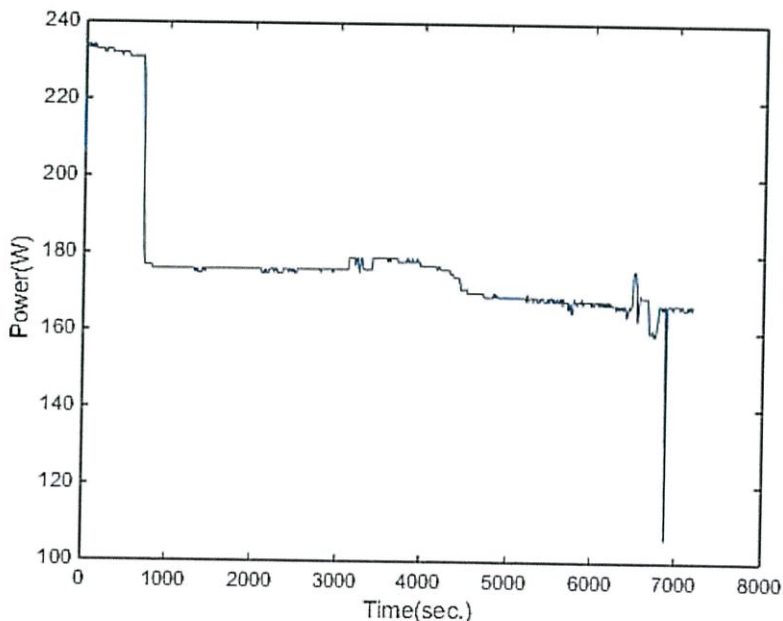
รูปที่ 4.71 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา (กรณีที่ 16)

จากกราฟ รูปที่ 4.71 พบว่าเมื่อหันหน้าไปทางทิศตะวันออก อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 39 °C เหลือ 32 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 7 °C ซึ่งเนื่องมาจากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีกล (Mechanical Ventilation) โดยใช้พัดลมระบายอากาศและระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นตัวนำความเย็นโดยการพาความเย็นในลักษณะนี้อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อของเหลวระเหยเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดซับความร้อนความรุ่มแผ่จากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยรอบเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ โดยน้ำที่ระเหยมีการดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงจึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องจำลองนั้นลดลงเมื่อเวลาผ่านไป



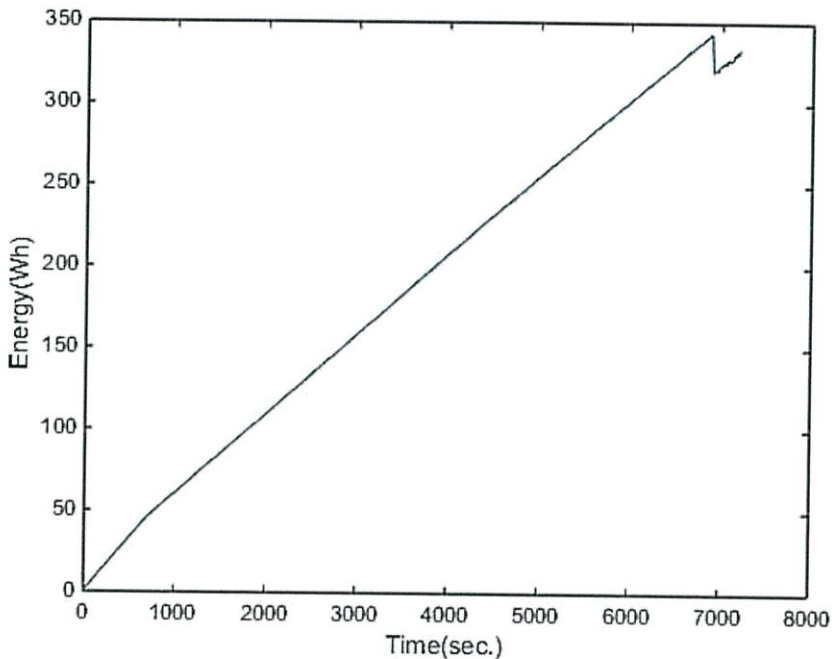
รูปที่ 4.72 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา (กรณีที่ 16)

จากกราฟรูปที่ 4.72 ความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงเริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 43 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงานเป็น 63 %RH แต่ค่าที่ได้เกินมาตรฐานที่ 30- 60 % ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำที่ไหลผ่านแผงรังผึ้งทำความเย็น (Cooling Pad) กลายเป็นไอส่งผลให้ความชื้นภายในห้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ตามเวลาที่ผ่านไปและเมื่อความชื้นใกล้เกินมาตรฐานระบบจะทำการระบายอากาศออก ส่งผลให้อุณหภูมิภายนอกห้องเป็นผลทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 %RH จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิภายนอกมาก ยิ่งทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยิ่งมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.73 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา (กรณีที่ 16)

จากกราฟรูปที่ 4.73 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลัดจึงทำงานทั้ง 3 ตัวพบว่า กำลังไฟฟ้า มีค่าสูงถึง 230 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้ค่ากำลังไฟฟ้า มีค่า ลดลงมาถึง 170 W ซึ่งเป็นผลมาจากสมการที่ 4.1 เพราะค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ผลต่างมุม ระหว่างกระแสและแรงดันจะ เห็นได้ว่า เมื่อจำนวนโวลต์ที่ใช้มากขึ้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และ เมื่อโวลต์มีค่าน้อยลงทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยลงตามไปด้วย



รูปที่ 4.74 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา (กรณีที่ 16)

จากรูปที่ 4.74 จากกราฟเป็นการแสดงถึงการใช้พลังงานทั้งหมดในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง ระบบเริ่มทำงานจนสิ้นสุดการทำงานได้พลังงานทั้งหมด 350 Wh ซึ่งกราฟแสดงพลังงานดัง รูปเป็นผลมาจากค่าพลังงานที่ใช้ซึ่งหาจากสมการ 4.2 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับค่า กำลังไฟฟ้า ($W \propto P$) ส่งผลให้กราฟพลังงานไฟฟ้าเป็นกราฟเส้นตรงที่เวลาผ่านไป

4.3 คำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of return : IRR)

หมายถึงอัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแส เงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการ ดำเนินการ ประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$0 = -\text{มูลค่าการลงทุน} + \frac{(\text{ผลการประหยัด/ปี} - \text{ค่าใช้จ่าย/ปี})}{\left(1 + \frac{irr}{100}\right)} + \frac{(\text{ผลการประหยัด/ปี} - \text{ค่าใช้จ่าย/ปี})}{\left(1 + \frac{irr}{100}\right)^2} \dots$$

$$+ \frac{(\text{ผลการประหยัด/ปี} - \text{ค่าใช้จ่าย/ปี})}{\left(1 + \frac{irr}{100}\right)^n} \quad (4.3)$$

irr คือ อัตราคิดลด (Discount rate (%)),

n คือ ระยะเวลามาตรการ (ปี)

- ชุดทดลองนี้ทำการลงทุนเป็นจำนวน 85000 บาท
- ผลการประหยัดได้ต่อปีนั้น คือ ค่าไฟที่ประหยัดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งาน เครื่องปรับอากาศขนาด 9000 BTU เป็นจำนวนเงิน 32,400 บาท/ปี
- ค่าใช้จ่ายต่อปี คือ ค่าน้ำประปา เนื่องมาจากการนำน้ำมาใช้ในระบบ และ การ บำรุงรักษาทำความสะอาด เป็นจำนวนเงิน 2400 บาท/ปี
- ระยะเวลาโครงการนี้ (n) คือ 10 ปี
- จากนั้นนำข้อมูล ไปคำนวณในสมการที่ 4.3

รายการ	จำนวน (บาท)	IRR
เงินลงทุนเริ่มแรก	-85000	
ผลประหยัดต่อปี		
ปีที่ 1	30000	-64.71%
ปีที่ 2	30000	-20.38%
ปีที่ 3	30000	2.91%
ปีที่ 4	30000	15.38%
ปีที่ 5	30000	22.50%
ปีที่ 6	30000	26.80%
ปีที่ 7	30000	29.52%
ปีที่ 8	30000	31.30%
ปีที่ 9	30000	32.49%
ปีที่ 10	30000	33.30%
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)		33.30%

จากการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของระบบระบายอากาศควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติสำหรับที่อยู่อาศัย พบว่า ปีที่ 3 ของการลงทุนนั้นค่า อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ได้ 2.91% ซึ่งเป็นบวก คือ การลงทุนเริ่มได้รับผลตอบแทน และเมื่อปีที่ 10 ได้ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ได้ 33.30% ซึ่งเป็นผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพอากาศภายในที่อยู่อาศัยโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยการออกแบบระบบระบายอากาศร่วมกับกับระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมพัดลมระบายอากาศและพัดลมของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) โดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในค่าใดค่าหนึ่งที่ตั้งที่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ได้ และระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกห้องทดลองได้ประมาณ 4-5 °C

จากการศึกษาผลกระทบของผนังบ้านจำลองที่มีค่าความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพอากาศภายในที่อยู่อาศัยโดยใช้ผนัง 2 ชนิด คือ พลาสวูด (Plastwood) และ สมาร์ทบอร์ด (Smart board) พบว่า ชนิดของผนังที่ใช้ผนัง ส่งผลกระทบต่อแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิโดยที่ พลาสวูด (Plastwood) มีแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady state) ได้เร็วกว่า สมาร์ทบอร์ด (Smart board) มีอุณหภูมิในตอนเริ่มต้นน้อยกว่าห้องทดลองที่ใช้สมาร์ทบอร์ด (Smart board) เนื่องจาก ค่าความต้านทานความร้อนของพลาสวูด (Plastwood) มีค่ามากกว่าของสมาร์ทบอร์ด (Smart board)

จากการทดลองได้มีการแบ่งกรณีศึกษาของหลังคาไว้ 2 กรณี คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวนกับหลังคาที่มีฉนวน พบว่า จากผลการทดลองนั้น กรณีศึกษาที่หลังคามีฉนวนทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ลดลงนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าหลังคาที่ไม่มีฉนวน และที่สำคัญหลังคาที่มีฉนวนทำให้อุณหภูมิภายในบ้านลดต่ำลงได้มากกว่าหลังคาที่ไม่มีฉนวน เนื่องจากหลังคาเป็นบริเวณที่ได้รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์มากกว่าส่วนอื่นของข้าง จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุในการลดอุณหภูมิก่อนเข้ามาภายในบ้าน นั่นคือการใส่ฉนวนให้กับหลังคา

จากการศึกษาผลกระทบของทิศทางการจัดวางตัวของแบบจำลองในทิศทั้ง 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก พบว่า เมื่อหันบ้านทางทิศใต้และทิศตะวันตกสามารถลดอุณหภูมิลดเฉลี่ยประมาณเท่ากัน เนื่องจากได้ทดลองในเดือนเมษายนอยู่ในฤดูร้อน จึงได้มีการรับอิทธิพลมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้บ้านมีการถ่ายเทอากาศใต้หลังคาได้ จึงช่วยลดอุณหภูมิภายในบ้านได้อีกทาง แต่เมื่อทำการทดลองหันในทิศตะวันออก พบว่าอุณหภูมิภายในบ้านลดลงได้ช้า เพราะ เป็นทิศที่ไม่มีลมพัดผ่านจากมรสุม จึงทำให้มีลมผ่านระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) ปริมาณน้อย ทำให้อุณหภูมิลดลงช้า

การศึกษาวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ในทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบระบายอากาศควบคู่กับ ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) นั้นจากการวิเคราะห์ ต้นทุนในการติดตั้งของระบบทั้งหมด ค่าไฟฟ้าจากการใช้งานของระบบและผลต่างที่ประหยัดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 9000 BTU เกิดใช้งานระยะเวลาเท่ากัน สรุปได้ว่าระบบระบายอากาศภายในบ้านเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รับผลตอบแทนคืนในปีที่ 3 และปีที่ 10 ได้ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ได้ 33.30% ซึ่งเป็นผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพอากาศภายในที่อยู่อาศัยตามมาตรฐาน ASHRAE โดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programable Logic Controller : PLC) ยังมีการศึกษาไม่มาก ทำให้มีข้อมูลในการอ้างอิงน้อย ส่งผลให้การวิเคราะห์แนวโน้มของอุณหภูมิและความชื้นอาจคลาดเคลื่อน

2. ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) เป็นระบบที่ใช้น้ำในการแลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อใช้เป็นระยะเวลานาน อาจทำให้มีการเพาะเชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนมาระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้นควรจะต้องติดตั้งหลอดรังสียูวี ในการช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมดุลแหล่งพลังงานไฟฟ้า.(2557).การใช้พลังงานและสัดส่วนเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้า. สืบค้นจาก <http://www.balanceenergythai.com>
- [2] สมดุลแหล่งพลังงานไฟฟ้า.(2557).การใช้พลังงาน กับสัดส่วนเชื้อเพลิงเพื่อการผลิต กระแสไฟฟ้า. สืบค้นจาก www.balanceenergythai.com/สัดส่วนเชื้อเพลิง/
- [3] สำนักงานนโยบายและพลังงาน กระทรวงพลังงาน.(2554).การใช้ไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้า ของ ประเทศไทย. สืบค้นจาก www.eppo.go.th
- [4] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย.(2553).ปี'58 ตลาด เครื่องปรับอากาศในประเทศไทยเริ่มฟื้นตัว.KASIKORNTHAI ECON ANALYSIS, Q1(7),1-6
- [5] Z. Mu, Y. Ren and S. You, "Experimental Research of Reversible Ventilation System Which Can Improve IAQ," 2009 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, Beijing, 2009, pp. 1-4
- [6] Kanistha C. Coombs, Ginger L. Chew, Christopher Schaffer, Patrick H. Ryan, Cole Brokamp, Sergey A. Grinshpun, Gary Adamkiewicz, Steve Chillrud, Curtis Hedman, Meryl Colton, Jamie Ross, Tiina Reponen, Indoor air quality in green-renovated vs. non-green low-income homes of US (Ohio), Science of The Total Environment, Volumes 554–555, 1 June 2016, Pages 178-185,
- [7] William J.N. Turner, Hazim B. Awbi, Experimental investigation into the thermal performance of a residential hybrid ventilation system, Applied Thermal Engineering, Volume 77, 25 February 2015, Pages 142-152
- [8] Tao Yu, Per Heiselberg, Bo Lei, Michal Pomianowski, Chen Zhang, A novel system solution for cooling and ventilation in office buildings: A review of applied technologies and a case study, Energy and Buildings, Volume 90, 1 March 2015, Pages 142-155
- [9] B. Sun, P. B. Luh, Q. S. Jia, Z. Jiang, F. Wang and C. Song, "An integrated control of shading blinds, natural ventilation, and HVAC systems for energy saving and human comfort," 2010 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, Toronto, ON, 2010, pp. 7-14.
- [10] Building Energy Research Center of Tsinghua University, Annual report on China building energy efficiency for 2008, 2008, China Construction Industry Press

- [11] A. Tzempelikos and A. K. Athienitis, "Investigation of Lighting, Daylighting and Shading Design Options for New Concordia University Engineering Building", Proceedings of eSim2002 Building Simulation Conference, pp. 177-184
- [12] Cuicui Qin and Lihua Zhao, "Study on the energy efficient potential of natural ventilation for residential building in Guangzhou," Advances in Energy Engineering (ICAEE), 2010 International Conference on, Beijing, 2010, pp. 312-316.
- [13] N. Lu and N. Zhu, "The Balance Research of Dwelling House's IAQ of Asian Cities," E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), 2010 International Conference on, Henan, 2010, pp. 1-3.
- [14] S. Bhattacharya, S. Sridevi and R. Pitchiah, "Indoor air quality monitoring using wireless sensor network," Sensing Technology (ICST), 2012 Sixth International Conference on, Kolkata, 2012, pp. 422-427.
- [15] G. Li, P. Jiang and N. Zhu, "Research of the Indoor Air Quality of New Decoration Residence in Tianjin," Energy and Environment Technology, 2009. ICEET '09. International Conference on, Guilin, Guangxi, 2009, pp. 94-96.
- [16] L. Qiu, C. Wang, L. Wei and K. Guo, "Research of Indoor Air Quality on an Air-Conditioning Classroom," Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE), 2010 4th International Conference on, Chengdu, 2010, pp. 1-3.
- [17] Xin Li, Neng Zhu and Ren-dong Guo, "Indoor air pollution control and cognition situation investigation in university," Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), 2011 International Conference on, Lushan, 2011, pp. 1307-1309.
- [18] J. Li, J. Wall and G. Platt, "Indoor air quality control of HVAC system," Modelling, Identification and Control (ICMIC), The 2010 International Conference on, Okayama, 2010, pp. 756-761.
- [19] Platt Glenn, Li Jiaming, Li Rongxin, Poulton Geoff, James Geoff and Wall Josh, " Adaptive HVAC Zone Modeling for Sustainable Buildings", Journal of Energy and Buildings, vol. 42, no. 4, pp. 412-421, 2010
- [20] Li Jiaming, Platt Glenn, Poulton Geoff, Wall Josh and James Geoff, "Dynamic Zone Modelling for HVAC System Control", International Journal of Modelling and Identification and Control, vol. 9, no. 1/2, pp. 5-14, 2010

- [21] M Mossolly, K Ghali and N. Ghaddar, Optimal control strategy for a multi-zone air conditioning system using a genetic algorithm. *Energy* 2009, vol. 34, no. 1, pp. 58-66
- [22] J. J. J. Britto and A. Vasanthanathan, "Performance evaluation of window air conditioner by Incorporating evaporative cooling system on the condenser," *Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS)*, 2013 International Conference on, Nagercoil, 2013, pp. 796-801.
- [23] Y. H. Yu, C. H. Yeh, Y. K. Chen, P. H. Lai, P. Y. Chen and C. Y. Lien, "A Practical Survey of Evaporative Cooling System for Orchids Greenhouse," 2013 Second International Conference on Robot, Vision and Signal Processing, Kitakyushu, 2013, pp. 303-306.
- [24] L. Zhenguo, R. Lin and T. Longyao, "Heat transfer characteristics of spray evaporative cooling system for large electrical machines," *Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, 2015 18th International Conference on, Pattaya, 2015, pp. 1740-1743.
- [25] W. Jun-feng and T. Xin-cheng, "Experimental Study and Numerical Simulation on Evaporative Cooling of Fine Water Mist in Outdoor Environment," *Energy and Environment Technology*, 2009. ICEET '09. International Conference on, Guilin, Guangxi, 2009, pp. 156-159.
- [26] Fukuta, Mio; Ito, Minako; Yamaguchi, Fumito; Nishi, Hiroaki, "Construction of HEMS in Japanese cold district for reduction of carbon dioxide emissions," *Industrial Electronics Society, IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE* , pp.5338-5343, Oct. 29 2014-Nov. 1 2014
- [27] Hemraj; Sukesha, "Power estimation and automation of green house using wireless sensor network," *Confluence The Next Generation Information Technology Summit (Confluence)*, 2014 5th International Conference - , pp.436-441, 25-26 Sept. 2014
- [28] Liping Wang, Julie Gwilliam, Phil Jones, Case study of zero energy house design in UK, *Energy and Buildings*, Volume 41, Issue 11, November 2009, Pages 1215-1222
- [29] Kelly Kalvelage, Ulrike Passe, Shannon Rabideau, Eugene S. Takle, Changing climate: The effects on energy demand and human comfort, *Energy and Buildings*, Volume 76, June 2014, Pages 373-380
- [30] Anh Tuan Nguyen, Sigrid Reiter, The effect of ceiling configurations on indoor air motion and ventilation flow rates, *Building and Environment*, Volume 46, Issue 5, May 2011, Pages 1211-1222

- [31] Irwan, S.S.; Ahmed, A.Z.; Ibrahim, N.; Zakaria, N.Z., "Roof angle for optimum thermal and energy performance of insulated roof," Energy and Environment, 2009. ICEE 2009. 3rd International Conference on , pp.145-150, 7-8 Dec. 2009
- [32] Boroni, G.; Bauza, C.G.; D'Amato, J.; Clause, A., "Thermal insulation in houses and sheds," Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina) , vol.10, no.6, pp.2324-2330, Dec.2012
- [33] Ivan Oropeza-Perez, Poul Alberg Østergaard, Energy saving potential of utilizing natural ventilation under warm conditions – A case study of Mexico, Applied Energy, Volume 130, 1 October 2014, Pages 20-32
- [34] Vasak, M.; Starcic, A.; Martincevic, A., "Model predictive control of heating and cooling in a family house," MIPRO, 2011 Proceedings of the 34th International Convention , pp.739-743, 23-27 May 2011
- [35] Cociorva, S.N., "Electronic nose for comfort quality assessment," Automation, Quality and Testing, Robotics, 2008. AQTR 2008. IEEE International Conference on , vol.1, no., pp.277-279, 22-25 May 2008
- [36] Jinsoo Han; Chang-sic Choi; Wan-Ki Park; Ilwoo Lee; Sang-Ha Kim, "Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC," Consumer Electronics, IEEE Transactions on , pp.198-202, May 2014
- [37] ANSI/ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE, Inc., Atlanta, GA, USA
- [38] บริษัท เพาเวอร์คูล ซีสเต็มส์จำกัด . Powercool Bvaporative .สืบค้นจาก ://www.powercoolrhvac.com
- [39] ศูนย์เรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. การระเหยของน้ำ. สืบค้นจาก http://www.lesa.biz.
- [40] BETAGRO. Back to the Basic: Evap. สืบค้นจาก http://www.betagro.com.
- [41] United States Environmental Protection Agency, July 1999, Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI), 40 CFR Part 58, Appendix G.
- [42] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.กระทรวงพลังงาน.บ้านอยู่สบายประหยัดพลังงาน. สืบค้นจาก webkc.ded.go.th.
- [43] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. คอนกรีตบางจาก. สืบค้นจาก www.mtec.or.th.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

หลักการที่ใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

หลักการที่ใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

1 การจัดวางทิศของตัวบ้านและตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยที่เหมาะสม เพื่อให้ได้รับประโยชน์จากธรรมชาติให้มากที่สุด โดยเฉพาะในเรื่องของทิศทางลมและแสงแดดของประเทศไทยที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

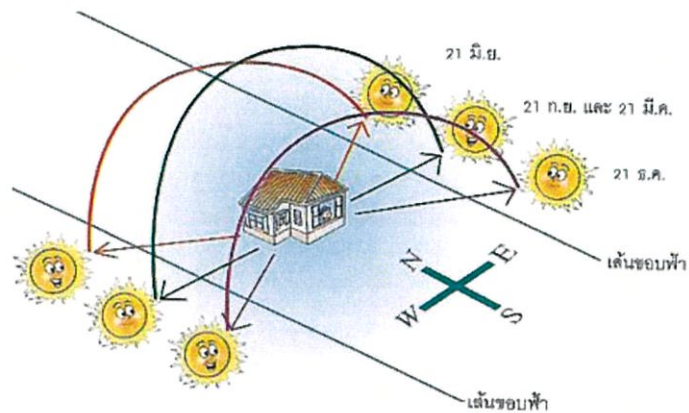
1.1 ทิศทางลมของประเทศไทย ซึ่งได้รับลมพัดมาจากแนวตะวันตกเฉียงใต้ – ตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อน โดยมีทิศทางลมพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว โดยมีทิศทางลมมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 2.1 ดังนั้นการวางตำแหน่งช่องเปิดของบ้านให้สอดคล้องตามทิศทางลมดังกล่าวช่วยเพิ่มการถ่ายเทอากาศและทำให้บ้านเย็นสบาย ในการที่รับลมพัดเข้าบ้านนั้น นอกจากการหันทิศทางรับทางลมแล้ว ควรพิจารณาขนาดและตำแหน่งของหน้าต่างหรือช่องเปิดรับลมด้วย โดยต้องคำนึงถึงว่าลมเข้าก็ต่อเมื่อมีทางออก ซึ่งเทคนิคการนำลมหรือการพัฒนาของกระแสน้ำอากาศมีหลายวิธีการด้วยกัน ตั้งแต่การใช้ต้นไม้ช่วยการเลือกรูปแบบและการจัดวางตำแหน่งช่องเปิด เช่น ประตูหน้าต่างให้เหมาะสม แต่ควรพิจารณาถึงตำแหน่งของห้องซึ่งอยู่ติดหรือใกล้กัน ซึ่งเมื่อลมพัดผ่านอาจก่อผลกระทบต่อ ห้องอื่น เช่น ควรระวังเรื่องลมที่พัดพาเอากลิ่นจากห้องครัวเข้าสู่ห้องรับแขก เป็นต้น [42]



รูปที่ ก.1 ทิศทางลมมรสุมของประเทศไทย

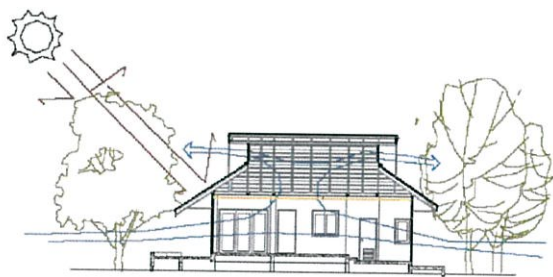
(ที่มา : <http://www.tmd.go.th/>)

1.2 ตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ในพื้นที่ประเทศไทย ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ปรากฏทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือในช่วงเวลากลางวันสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ทำมุมเอียงไปทางทิศใต้ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ของปี ดังรูปที่ ก.1 ดังนั้นในการสร้างบ้านจึงควรเตรียมการสำหรับตัวบ้านทางทิศใต้และทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศทางที่ได้รับความร้อนจากแสงแดดในช่วงบ่าย โดยควรมีการออกแบบระบบผนังและอุปกรณ์บังแดดที่ช่วยป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านในช่วงเวลาดังกล่าว ดังรูปที่ ก.2 ในการพิจารณาวางตัวบ้านจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์นั้น เห็นได้ว่าอาคารควรหันหน้าไปทางทิศเหนือ-ใต้เพื่อหลีกเลี่ยงแสงและความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ที่อยู่ต่ำทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก นอกจากการจัดวางอาคารแล้วผนังทางด้านทิศตะวันออกและตกควรที่ให้แสงอาทิตย์เข้าได้น้อยที่สุดอีกด้วย [42]



รูปที่ ก.2 ตำแหน่งโคจรของดวงอาทิตย์ในประเทศไทย

(ที่มา : <http://www.sc.mahidol.ac.th/>)



รูปที่ ก.3 การป้องกันและลดความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร

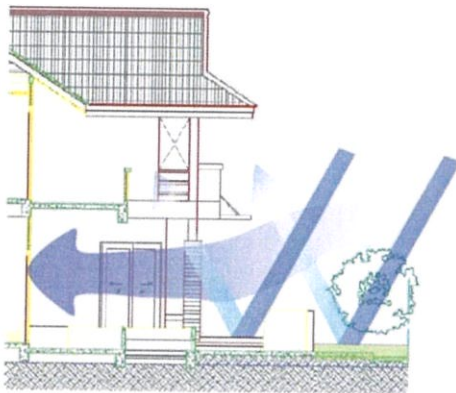
(ที่มา : <http://www.sc.mahidol.ac.th/>)

1.3 ในการจัดวางพื้นที่ใช้สอยลงบนที่ดินที่เหมาะสมต่อการใช้งาน และได้

ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติสูงสุดนั้น ควรคำนึงเรื่องทิศทางลมและแสงแดดเช่น ห้องรับแขก มีการใช้งานของสมาชิกในบ้านค่อนข้างมาก จึงควรออกแบบให้หันรับลมประจำทางทิศใต้ในฝั่งทิศตะวันออกเป็นหลัก ดังรูป ก.3 เพื่อหลีกเลี่ยงแดดร้อนจัดจากทิศตะวันตก หรือการจัดตำแหน่งของพื้นที่ส่วนห้องน้ำห้องครัวที่จ่อตรง หรือสถานซักล้าง ไว้ในบริเวณทิศตะวันตกของตัวบ้าน เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ในการกันและรับแดดร้อนในตอนบ่าย และเพื่อประโยชน์ในด้านสุขอนามัย เป็นต้น [42]

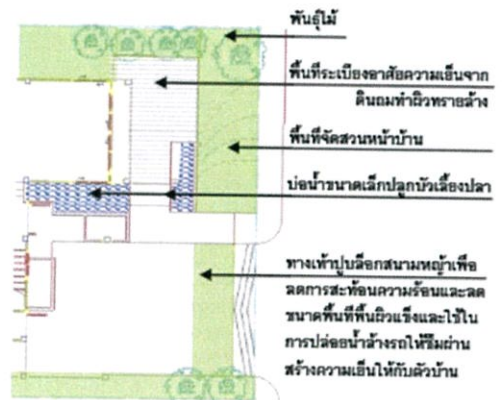
2. การป้องกันความร้อนให้กับตัวบ้าน สามารถทำได้หลายวิธีพร้อมกัน ได้แก่

2.1 การสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อมด้วยการดึงความเย็นจากร่มเงาของพืชพรรณ ดังรูปที่ ก.4 ในการออกแบบให้มีการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมภายนอกบ้าน ควรมีการเตรียมพื้นที่สำหรับการจัดสวนและบริเวณเพื่อการปลูกต้นไม้และสร้างความรู้สึกสบายทางสายตาและจิตใจ มีการใช้องค์ประกอบในการจัดบริเวณ เช่น เตรียมพื้นที่เพื่อจัดเป็นบ่อน้ำ หรืออาจใช้ปลูกต้นไม้ เพื่อความชุ่มชื้นและร่มเย็นให้กับผู้อยู่อาศัย ดังรูป ก.5 [42]



รูปที่ ก.4 การให้ร่มเงากับตัวบ้านจากพืชพรรณ

(ที่มา : <http://www.3d.co.th/>)



รูปที่ ก.5 การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

โดยอาศัยสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ

(ที่มา : <http://www.3d.co.th/>)

2.2 การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

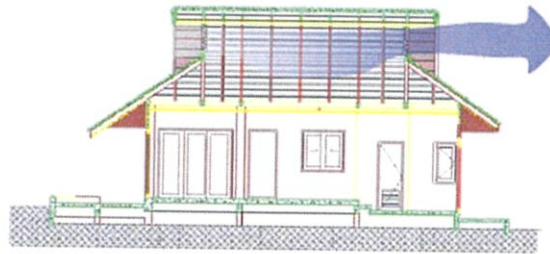
หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีระดับใกล้เคียงแนวนอนจึงมีผลให้มีปริมาณการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าพื้นที่ในแนวระนาบตั้ง เช่น ผนังอาคาร นอกจากนี้หลังคายังเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงอาทิตย์ให้กับอาคารทั้งหลัง หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีความร้อนสูงสุดในองค์ประกอบทั้งหมดของอาคาร หลังคาที่มีสีเข้ม เช่น สีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำเงินเข้ม อาจมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงถึง 60 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีแดดจัด การป้องกันความร้อนจากหลังคาจึงเป็นจุดสำคัญในการป้องกันความร้อนที่แพร่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอก การป้องกันความร้อนจากหลังคาที่เหมาะสมอาจทำได้ ดังนี้ [42]

2.2.1 การตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาและส่วนภายในตัวบ้าน ด้วยฉนวนกัน

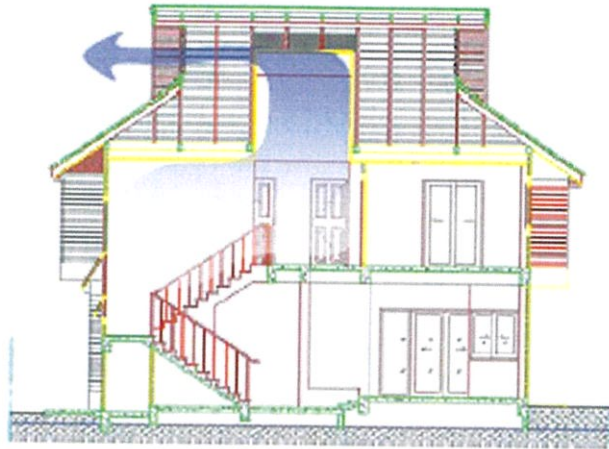
ความร้อน การตัดแบ่งพื้นที่ระหว่างพื้นที่ใต้หลังคาที่มีความร้อนสูง และส่วนภายในอาคารที่ต้องการให้มีความร้อนแพร่ผ่านเข้ามาให้น้อยที่สุด จำเป็นต้องใช้วัสดุฉนวนที่มีความสามารถในการกันความร้อนได้เป็นอย่างดีถ้าประมาณว่าขอบเขตสูงสุดของสภาวะสบายอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิของพื้นที่ใต้ฝ้าเพดานอาจอยู่ที่ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีความร้อนสูง (ค่าอุณหภูมิใต้ฝ้านี้เป็นค่าประมาณกับหลังคาประเภทมวลสาร เช่น หลังคากระเบื้องต่างๆ ค่านี้อาจสูงมากขึ้นถ้าเป็นหลังคาที่มีมวลสารน้อยและบาง เช่น หลังคาเหล็ก หลังคาสังกะสี ฯลฯ) พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในที่ต้องการและค่าอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานมีความแตกต่างประมาณ 13-18 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่ดี เพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาลงสู่ส่วนพักอาศัย [42]

2.2.2 การระบายอากาศร้อนภายใต้หลังคา การระบายอากาศร้อนที่สะสม

ใต้หลังคาออกไปเป็นอีกทางเลือกที่ช่วยลดความร้อนออกจากพื้นที่ใต้หลังคาได้ เช่น การระบายความร้อนใต้หลังคาโดยอาศัยลมพัดพาออกไปด้วยการติดตั้งเกล็ดระบายอากาศด้านหน้าจั่วหลังคา ดังรูปที่ ก.6 และการระบายความร้อนใต้หลังคาอาศัยระบบเครื่องกลเป็นตัวสนับสนุน (ด้วยพัดลมดูดอากาศ) ดังรูปที่ ก.7 เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังมีข้อติดขัดอยู่ที่ความสามารถในการระบายความร้อนออกจากพื้นที่ด้วยการไหลเวียนอากาศตามธรรมชาติ เนื่องจากค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการภายในอาคารและค่าอุณหภูมิอากาศใต้หลังคาที่มีความร้อนสูงมีค่าความแตกต่างกันมาก ความเร็วลมที่ระบายความร้อนออกไปมีค่าสูงมากกว่าที่มีอยู่ตามสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ การระบายอากาศร้อนเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอในการป้องกันความร้อนจากหลังคา และจำเป็นต้องใช้ฉนวนเข้ามาป้องกันความร้อนจากพื้นที่ใต้หลังคาเพิ่มเติม [42]



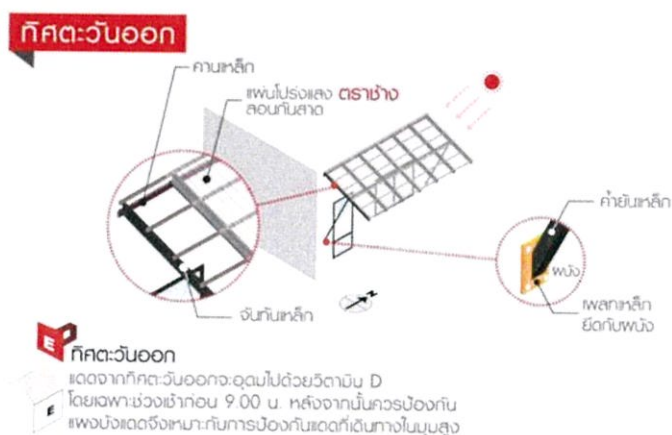
รูปที่ ก.6 การระบายความร้อนใต้หลังคาด้วยการติดตั้งเกล็ดระบายอากาศด้านหน้าจั่วหลังคา
(ที่มา : <http://www.3d.co.th/>)



รูปที่ ก.7 การระบายความร้อนใต้หลังคาอาศัย
ระบบเครื่องกลเป็นตัวสนับสนุน (ด้วยพัดลมดูดอากาศ)
(ที่มา : <http://www.3d.co.th/>)

2.2.3 การใช้แนวชายคายยื่นยาว และการใช้แผงกันแดด การยื่นชายคาให้ยาวเป็นพิเศษในกรณีที่มีความต้องการให้ครอบคลุมพื้นที่เพิ่มเติม เช่น ระเบียง หรือผนังด้านทิศใต้ เป็นต้นนอกจากนี้ควรมีการทำแผงกันแดดในส่วนต่างที่รับแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบแผงบังแดดต้องคำนึงถึงตำแหน่งดวงอาทิตย์ของประเทศไทย ซึ่งในแต่ละทิศทางสามารถสรุปการติดตั้งแผงบังแดดได้ [19] ดังนี้

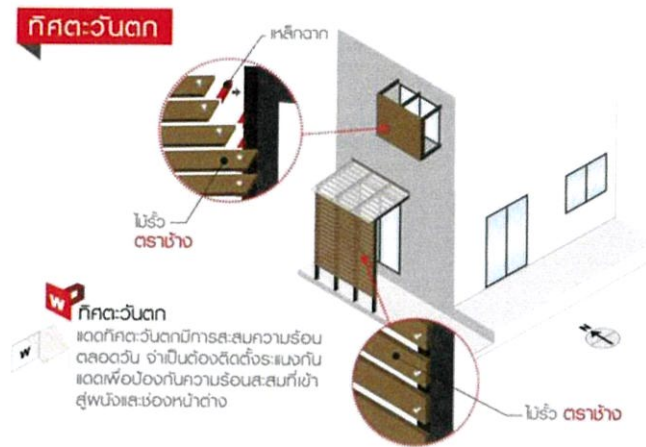
- **การติดตั้งแผงกันแดด ด้านทิศตะวันออก:** แดดในทิศตะวันออกได้รับแสงอาทิตย์ในช่วงเช้าซึ่งเป็นแสงแดดที่เหมาะสมในการส่องเข้ามาในบ้าน โดยเฉพาะช่วงก่อน 9 โมงเช้า หลังจากนั้นจึงควรป้องกัน การติดตั้งแผงบังแดดในทิศตะวันออกนี้จึงควรป้องกันแดดในมุมสูงประมาณ 45 องศา ดังรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 แผงบังแดดทิศตะวันออก

(ที่มา : <http://www.onestockhome.com/>)

- การติดตั้งแผงกันแดด ด้านทิศตะวันตก : แดดทิศตะวันตกมีการสะสมความร้อนตลอดวัน จึงควรติดตั้งแผงบังแดดเพื่อป้องกันความร้อนสะสมที่เข้าสู่ผนังและช่องหน้าต่างของตัวบ้านทั้งหมด ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 แผงบังแดดทิศตะวันตก
(ที่มา : <http://www.onestockhome.com/>)

- การติดตั้งแผงกันแดด ด้านทิศใต้ : แดดจากทางทิศใต้ ช่วงเวลา 9 โมงเช้า และ 4 โมงเย็น แดดส่องเฉียงแบบทแยงมุม ลักษณะแผงกันแดดจึงควรยื่นออกจากผนังในแนวตั้งเพื่อบังผนังและประตู หน้าต่าง ส่วนช่วงตอนเที่ยงเวลา 12.00 น. แดดเดินทางมุมสูง จึงควรเพิ่มแผงกันแดดที่เป็นแนวนอน ดังรูปที่ ก.10



รูปที่ ก.10 แผงบังแดดด้านทิศใต้
(ที่มา : <http://www.onestockhome.com/>)

- การติดตั้งแผงกันแดด ด้านทิศเหนือ : แดดทิศเหนือไม่แรงในทิศนี้ จึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งแผงกันแดด[42]

2.2.4 การเลือกใช้วัสดุสำหรับกรอบอาคาร ควรเลือกใช้วัสดุผนังที่ช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกตัวบ้าน โดยผนังของส่วนที่ปรับอากาศต้องมีการเตรียมการเพื่อรองรับกับระบบปรับอากาศ โดยเลือกใช้ผนังซึ่งมีคุณสมบัติที่เป็นฉนวนที่ดีกว่าผนังอิฐก่อแบบทั่วไป เช่นผนังคอนกรีตมวลเบาซึ่งมีราคาที่ไม่แพงจนเกินไปในส่วนของผนังภายในบ้านส่วนอื่นอาจเลือกใช้ผนังก่ออิฐทั่วไป และในกรอบอาคารส่วนอื่น ๆ ได้แก่ กระจกบานกรอบประตูหน้าต่าง ควรเลือกใช้วัสดุให้มีส่วนสร้างความสบายและประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะพื้นที่กระจกควรเลือกใช้กระจกที่ช่วยลดความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน เช่น กระจกสีเขียวตัดแสง เป็นต้น [24]

2.2.5 การออกแบบรั้วโปร่ง เพื่อการระบายอากาศที่ดี สำหรับรั้วนั้นควรออกแบบให้มีความโปร่งเบาลมพัดผ่านได้สะดวก และยังให้มีการสอดประสานของต้นไม้กับแนวรั้ว ให้ลดทอนความแข็งกระด้างของรั้ว ขณะเดียวกันยังคงความแข็งแรงและโอบล้อมป้องกันเอาไว้ด้วย [42]



รูปที่ ก.11 รั้วที่โปร่งช่วยให้มีการรับลมและการระบายอากาศที่ดี

(ที่มา : <http://www.3d.co.th/>)

การออกแบบบ้านให้ประหยัดพลังงานนั้น ทุกองค์ประกอบจึงมีความสำคัญอย่างมาก ที่ทำให้บ้านมีความน่าอยู่และรู้สึกสบายเมื่ออยู่อาศัย ต้องคำนึงตั้งแต่ทิศทางการหันของหน้าบ้านเพื่อรับลม และจึงออกแบบโครงสร้างจากภายนอกสู่ภายในบ้าน ทุกการออกแบบจึงมีความสอดคล้องกันเพื่อนำไปสู่สร้างบ้านที่ประหยัดพลังงานที่คำนึงต้องถึงตั้งแต่โครงสร้างบ้าน แล้วจากนี้ก็ยังสามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้เพื่อให้ประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ข.
แนวทางการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างประหยัดพลังงาน

แนวทางการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน

1. แนวทางการเลือกใช้ วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง และฉนวน

1.1 วัสดุก่อสร้างและฉนวนกับการประหยัด พลังงาน การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร หรือที่เรียกทั่วไป ว่าวัสดุก่อสร้างให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ จะสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านก็จะไม่ รู้สึกร้อนและจะอยู่ในสภาวะรู้สึกสบายได้ตลอด สามารถลดพลังงาน ที่ต้องใช้ในเครื่องปรับอากาศลงได้มาก ที่ผ่านมาในขั้นตอนของ การออกแบบก่อสร้างจะมีผู้คำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่มี คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก หากมีการเตรียม การป้องกันในขั้นต้นอย่างเหมาะสมแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระใน การลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่ง เมื่อทราบถึงความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุประกอบ อาคารให้มีความเหมาะสมแล้ว ก็ควรที่จะทำการศึกษาหรือมีความเข้าใจพื้นฐานของวัสดุในระดับหนึ่งเพื่อใช้ประกอบในการ พิจารณาเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2 ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง และฉนวนชนิดต่าง ๆ เนื่องจากสาเหตุของความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน อาคารมาจากภายนอก มากกว่าที่เกิดขึ้นภายในอาคาร การที่จะลดความร้อนรวมลงได้ก็ต้องมาจากการป้องกันความร้อนที่ดีจากรอบอาคาร ซึ่งส่วนหนึ่งสามารถทำได้โดยการ เลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ก็จะสามารถช่วยลดความร้อนได้ โดยในเอกสารเผยแพร่ฉบับนี้จะเสนอแนะลักษณะและคุณสมบัติรวมถึงการนำไปใช้ของวัสดุประกอบอาคารที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่เนื่องจากวัสดุที่มี การผลิตและจำหน่ายในประเทศขณะนี้มีความหลากหลายมาก การที่จะทำการศึกษาวัสดุทุกชนิดจึงไม่สามารถทำได้ เอกสารฉบับนี้ จึงนำเสนอเฉพาะวัสดุที่มีการใช้งานแพร่หลาย ในประเทศหรือวัสดุที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงาน ซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้งานทั่วไป และเป็นประโยชน์กับ คนส่วนใหญ่ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง [43]

2. การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร

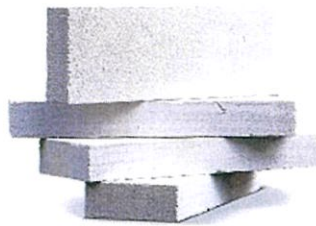
การเลือกวัสดุก่อสร้างให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดี ผู้อยู่อาศัยภายในบ้านไม่รู้สึกร้อนและอยู่ในสภาวะน่าสบายได้ตลอด สามารถลดพลังงานที่ต้องใช้ในเครื่องปรับอากาศ ยกตัวอย่างได้ ดังนี้

1 คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete – AAC)

- ลักษณะทั่วไป คอนกรีตมวลเบา เป็นดังรูป ข.1 เป็นวัสดุที่มีการนำ มาใช้และเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้มากกว่าวัสดุชนิดอื่นที่มีมา โดยตัววัสดุเองมีส่วนผสมมาจาก ทราย ซีเมนต์ ปูนขาวยิปซั่ม และฟองอลูมิเนียมผสมรวมกัน แต่ส่วนที่สำคัญที่สุดก็คือฟองอากาศเล็ก ๆ เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) ที่อยู่ในเนื้อวัสดุมากประมาณ 75% ทำให้น้ำหนักเบา ซึ่งผลของความเบาช่วยให้ประหยัดโครงสร้าง อีกทั้งฟองอากาศเหล่านั้นยังเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ดังรูปที่ ข.1

- การประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ ด้วยเหตุที่คุณสมบัติด้านการป้องกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาต่อการใช้งานในปัจจุบันอยู่ในระดับที่ดีและเพียงพอแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการหรือวัสดุประกอบอื่น ๆ เข้ามาช่วยเสริม เพราะยังเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายมากขึ้น เนื่องจากลำพังตัววัสดุเองมีราคาค่อนข้างสูงอยู่แล้ว แต่ข้อด้อยของวัสดุชนิดนี้คือขั้นตอนในการก่อสร้างที่พบปัญหามากที่สุดคือ การแตกร้าวของปูนฉาบเมื่อแห้งแล้ว ฉะนั้นแนวทางแก้ไขที่ดีที่สุดคือ การที่ต้องมีการฝึกอบรมให้ช่างก่อสร้างทั่วไปมีความสามารถ และมีความรู้ที่ถูกต้องในการใช้งานกับวัสดุชนิดนี้ให้มากยิ่งขึ้น โดยที่ทางผู้ผลิตควรเป็นผู้ให้การแนะนำเนื่องจากเป็นผู้ที่มีความเข้าใจในคุณสมบัติของวัสดุและกรรมวิธีการติดตั้งมากที่สุด

อีกกรณีหนึ่งคือในเรื่องของราคา ดังนั้น การเลือกใช้คอนกรีตมวลเบา อาจใช้เฉพาะห้องที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเท่านั้น เนื่องจากสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ส่วนบริเวณที่ไม่มีการปรับอากาศให้ใช้วัสดุอื่นแทนเช่น อิฐมวลเบา หรือคอนกรีตบล็อกและใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ คือการทำเป็นช่องเปิดตามทิศทางที่เหมาะสมให้ลมผ่านเข้ามาแทน [43]

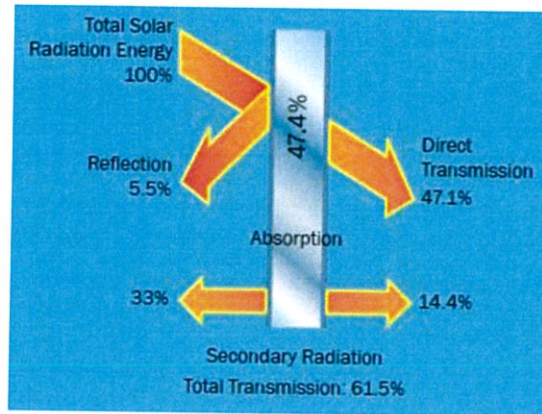


รูปที่ ข.1 คอนกรีตมวลเบา
(ที่มา : <http://www.reanthai.com/>)

2 กระจก (Glass) กระจกที่ช่วยลดอุณหภูมิก่อนเข้ามาภายในบ้าน และสามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ มีดังนี้

2.1 กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass) จากที่มีผู้ทดสอบกันมาหลายครั้งพบว่าปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารนั้น มาจากผนังส่วนที่โปร่งแสงมากกว่าผนังทึบแสง ดังนั้นการที่กระจกต้องรับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ที่มีลักษณะเป็นรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) ซึ่งสามารถทะลุผ่าน ไปในอาคารได้ และเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุต่าง ๆ ภายในอาคาร เช่น ผนัง กระจก ฯลฯ ซึ่งดูดซับคลื่นรังสีเอาไว้แล้วเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation) หรือพลังงานความร้อน ซึ่งไม่สามารถทะลุผ่านวัสดุโปร่งแสงอย่างกระจกกลับออกมาภายนอกอาคารได้ ดังนั้นความร้อนดังกล่าวจึงสะสมอยู่ภายในอาคาร และกลายเป็นส่วนหนึ่งของภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ค่อนข้างมาก กระจกสีตัดแสงเป็นกระจกโปร่งใสที่สามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้โดยสีต่างๆ ที่เห็นนั้นเกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะ เช่น เหล็ก โคบอลต์หรือซีลีเนียม ลงในส่วนผสมของเนื้อกระจก จึงช่วยลดพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาด้วยคุณสมบัติที่สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ คือดูดกลืนรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) ที่ส่องมากระทบชั้นผิวกระจกได้

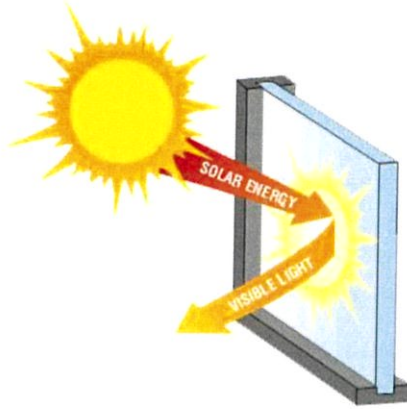
ประมาณร้อยละ 40-50 ดังรูปที่ ข.2 จึงมีส่วนช่วยในการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดความจ้าของแสงที่ส่องผ่านเข้ามาทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลสบายตาขึ้น โดยมีสีให้เลือกใช้หลายสีเช่น สีบรอนซ์ สีเขียว สีฟ้า ฯลฯ แต่สีที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในประเทศไทยเป็นสีเขียว [43]



รูปที่ ข.2 กระบวนการทำงานของกระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass)
(ที่มา : <http://www.upvcwindowdoor.com/>)

2.2 กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)

มีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงา ทำหน้าที่สะท้อนความร้อนของแสงอาทิตย์ ได้ประมาณร้อยละ 60 โดยคุณสมบัติในการสะท้อนมีมากกว่าการดูดกลืน ซึ่งเมื่อแสงส่องมากระทบกระจกแล้ว ชั้นผิวกระจกที่เคลือบสารสะท้อนแสงไว้สะท้อนแสงจ้าและความร้อนออกไป แต่ปริมาณความร้อนที่ยังเหลือบางส่วนเข้าสู่ภายในอาคาร ดังรูปที่ ข.3 การเลือกใช้กระจกชนิดนี้ควรศึกษาด้วยว่า ปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามา ถูกลดทอนลงไปด้วย จึงอาจต้องมีการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้เพียงพอกับการใช้งานในแต่ละจุดด้วย กระจกชนิดนี้เหมาะกับอาคารที่ใช้งานตอนกลางวัน หรืออาคารสูงที่ต้องการลดความจ้าของแสงอาทิตย์เป็นหลัก โดยสามารถลดปริมาณแสงสว่างได้มากกว่า 80% และจากคุณสมบัติในการสะท้อนทำให้คนที่อยู่นอกอาคารที่สว่างกว่ามองเห็นภายในไม่ชัดเจน ซึ่งกลับกันในตอนกลางคืนที่ภายในสว่างกว่าก็ทำให้คนภายนอกมองเห็นเข้ามาภายในได้อย่างชัดเจน ทำให้เสียความเป็นส่วนตัวไปสำหรับอาคารพักอาศัย และข้อที่ต้องระวังสำหรับกระจกชนิดนี้ คือแสงที่สะท้อนกลับนั้น มีผลกระทบกับอาคารหรือยานพาหนะใกล้เคียงได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการดูดกลืนความร้อนไว้สูงด้วย ดังนั้นอาจเกิดปัญหาการแตกร้าวของกระจกเนื่องจากความร้อนสะสม (Thermal Breakage) ขึ้นได้ จึงควรศึกษาความเหมาะสมก่อนการนำไปใช้ [43]

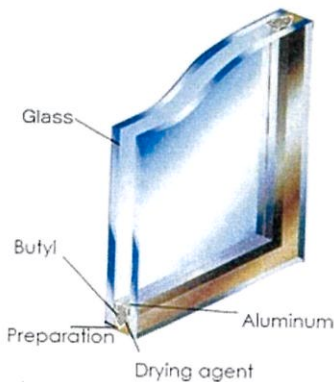


รูปที่ ข.3 ตัวอย่างกระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)
(ที่มา : <http://www.upvcwindowdoor.com/>)

2.3 กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulating Glass) มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กระจก 2 ชั้น (Doubled Glazing) มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนต่ำ สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคารได้ดี สามารถแบ่งตามชนิดของฉนวนกันความร้อนได้ ดังนี้

1) กระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวน

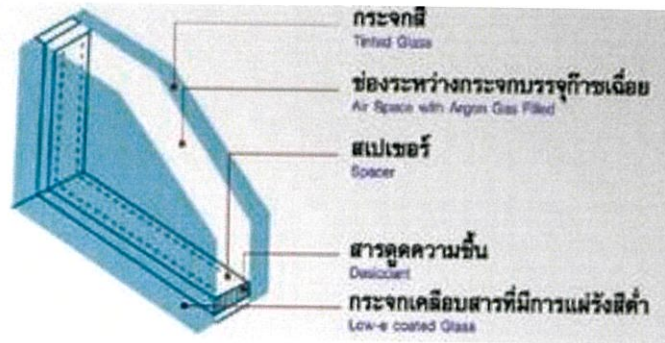
ได้จากการนำกระจกแผ่นเรียบธรรมดา 2 แผ่น มาประกบกันโดยมีเฟรมอลูมิเนียมที่บรรจุสารดูดความชื้นคั่นกลาง จากนั้นปิดขอบกระจกให้สนิท ดังรูปที่ ข.4 ผลที่ได้ก็คือ อากาศภายในช่องว่างระหว่างกระจกทั้ง 2 แผ่นเป็นอากาศแห้งซึ่งอากาศแห้งมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี นอกจากนี้ ยังช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้มากกว่ากระจกธรรมดาอีกด้วย [43]



รูปที่ ข.4 กระจกกันความร้อนชนิดใช้อากาศแห้งเป็นฉนวน
(ที่มา : <http://www.upvcwindowdoor.com/>)

2) กระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวน คล้ายกับแบบใช้อากาศแห้ง คือ การใช้กระจกแผ่นเรียบ 2 แผ่น ประกบกับเฟรมอลูมิเนียมแต่ชนิดนี้บรรจุก๊าซเฉื่อยลงไปแทน ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำมีประสิทธิภาพดีกว่า แบบใช้อากาศแห้ง และในกรณีที่นำกระจกนิรภัยมาประกอบเป็น กระจกฉนวนกันความร้อน (Airless Laminated Insulating Glass) ให้ความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นแต่มีราคาสูงขึ้นไปจากเดิมที่มีราคาสูงอยู่แล้วการใช้กระจก 2 ชั้น โดยที่มีช่องว่าง

อากาศและก๊าซป้องกันความร้อนคั่นอยู่ตรงกลางนี้ สามารถช่วยลดความร้อนได้ประมาณ 70-80% ในขณะที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านได้ในปริมาณสูง จึงให้ความสว่างที่ปลอดภัยและในกรณีที่ติดฟิล์มด้านในของกระจกทั้ง 2 แผ่นช่วยป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) เข้ามาทำลายวัสดุต่าง ๆ ภายในอาคารได้อีกด้วย [43]



รูปที่ ข.5 กระจกกันความร้อนชนิดใช้ก๊าซเป็นฉนวน
(ที่มา : <http://www.upvcwindowdoor.com/>)

3. ฉนวนป้องกันความร้อน ช่วยป้องกันความร้อนทะลุผ่านเข้าสู่ภายในบ้าน ยกตัวอย่างดังนี้

3.1 ไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board)

- ลักษณะทั่วไป วัสดุหลักได้มาจากเส้นใยไม้ที่ผ่านการย่อยสลายเป็นเส้นใยเซลลูโลส นำมาอัดติดกันเป็นแผ่น ด้วยกาวชนิดพิเศษด้วยคุณสมบัติของเส้นใยที่ประสานกันอยู่ ทำให้สามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันความร้อนได้ระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากขาดความแข็งแรงทนทาน จึงมักนิยมใช้เป็นฝ้าเพดานหรือผนังภายในเท่านั้นแต่ในปัจจุบันมีผู้นำเส้นใยเซลลูโลสเหล่านี้มาผสมกับปูนซีเมนต์โดยใช้สารเคมีบางชนิดเป็นตัวประสาน ซึ่งเมื่อนำมาอัดแรงขึ้นเป็นแผ่นแล้ว นอกจากมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนแล้ว ยังเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับวัสดุมากขึ้น สามารถนำไปใช้กับภายนอกโดยการทำเป็นผนังอาคารได้ ปัจจุบันมีการผลิตได้เองในประเทศแต่ก็ยังไม่มากนักทั้งคุณภาพยังไม่เท่าของที่นำเข้า

- การประยุกต์ใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ ไฟเบอร์บอร์ด หมายถึงชนิดที่มีการผสมปูนซีเมนต์แล้ว เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อวัสดุ ให้สามารถนำมาใช้เป็นผนังภายนอกได้ แต่คุณสมบัติความสามารถในการป้องกันความร้อนยังคงน้อยอยู่ การเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุจึงทำได้เช่นเดียวกับวัสดุอื่น ๆ ก็คือ การทำเป็นผนังประกอบหรือการติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยตรงเพิ่มเข้าไปด้านในและใช้ผนังภายในปิดทับอีกชั้นหนึ่ง [43]

3.2 ใยแก้ว (Fiber Glass)

- ลักษณะทั่วไป ใยแก้วเป็นฉนวนที่ผลิตจากการหลอมแก้วแล้วปั่นออกมาเป็นเส้นใยสีขาว จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนเซลปิด ใยแก้วมีความหนาแน่นต่างกันตั้งแต่ 10 kg/m^3 ไปถึงมากกว่า

64kg/m³ อาจผลิตในรูปแบบแข็ง แบบมัน หรือขึ้นเป็นรูปทรงต่างๆ กัน ตัวเส้นใยถูกเคลือบไว้ ด้วยตัวประสาน (Binder) เช่น ฟีนอลิกเรซิน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใย ที่พบมากเป็นฟีนอลฟอร์มอัลดีไฮด์ ซึ่งให้สีเหลืองหลังการผลิตตัวใยแก้วเป็นสารอนินทรีย์ จึงไม่ติดไฟ แต่ตัวประสานติดไฟได้ จึงควรพิจารณาอุณหภูมิในการใช้งาน และการดูดซับความชื้นทำให้ความสามารถในการต้านทานความร้อนลดลง จึงต้องมีแผ่นมาประกบ เพื่อช่วยต้านทานไอน้ำ เช่นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ หรือฟิล์มพลาสติก ห่อหุ้มขณะใช้งานจริงซึ่งต้องพิจารณาคุณภาพ และคุณสมบัติการติดไฟในการเลือกใช้งานด้วย และจากการที่ขนาดของเส้นใยแก้วที่เล็ก และยาวทำให้มีคุณสมบัติในการคืนรูป หรือคืนความหนาได้ดี คุณสมบัตินี้ช่วยในการคืนสภาพของฉนวน จากการบรรจุและการขนส่งที่มักมีการบีบอัดและสุดท้ายคือเรื่องของกลิ่นที่มาจากตัวประสาน จึงควรจัดเก็บในพื้นที่เปิดโล่ง การใช้งานโดยทั่วไปวางฉนวนใยแก้วที่มีการหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เหนือฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้งานโดยตรง

- **การประยุกต์ใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุ** ในการเลือกใช้ฉนวนใยแก้วที่มีประสิทธิภาพดี ให้พิจารณาจากความหนาแน่น ของตัวฉนวน ยิ่งมีความหนามากยิ่งดีแต่ควรเลือกใช้ชนิดที่มีวัสดุอื่นหุ้มผิวโดยรอบ เพราะต้องป้องกันความชื้นให้แก่ฉนวนใยแก้ว ที่นิยมใช้เป็นอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งฉนวนใยแก้วไม่แข็งแรงเพียงพอเป็นวัสดุโครงสร้างได้ด้วยตัวเอง จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับวัสดุอื่น ๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนให้เพิ่มขึ้นอีกระดับหนึ่ง [43]

ภาคผนวก ค.
บทความทางวิชาการ

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน

The temperature controller system using an efficient ventilation system for home.

นายณัฐสวัสดิ์ ป้อมเป็น, นางสาวน้ำใจ แก้วกลาง, นายปรีชาพงษ์ ช่างจีน, นายศวินทร์ โฆษะบดี

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ซอย ดลกรุง 1 ลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925 E-Mail: Namjai12121@gmail.com

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยใช้ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ้าน ซึ่งประยุกต์ใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมระบบระบายอากาศ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปีทำให้เสียไม่ได้ที่เครื่องปรับอากาศนั้นจะได้รับความนิยมอย่างมาก ทำให้ต้องหาวิธีการโดยใช้ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านลง ในโครงงานวิจัยได้มีการเครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุมค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ทั้งหมด 2 ค่าคือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (ΔT) และความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 30-60% ตามค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศคุณภาพอากาศที่สึกสบายและช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ ซึ่งนำไปสู่การประหยัดพลังงาน

คำสำคัญ : ความสะดวกสบาย, การควบคุมคุณภาพอากาศ, ระบบระบายอากาศ, ญ และ ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน

Abstract

The objective of this thesis was to propose the automatic temperature control system using efficient ventilation system for home. Programmable Logic Controller(PLC) was applied to the control of ventilation system. Thailand has hot climate throughout the year. In this regard, Thai people demand for air-conditioner in their household. Energy management system is important to reduce the electricity consumption and to save energy within the household. Therefore, this thesis aimed to propose the automatic temperature control system using efficient ventilation system for home. This developed system applied Programmable Logic Controller (PLC) to control two parameters

and Air quality standards: change in temperature (ΔT) and the relative humidity in the range of 30-60%, according to the air quality standards.

Keyword: Comfort, Control air quality, Ventilation systems, Control by plc and Home energy management system

1. บทนำ

จากสถิติอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นทุกปี ทำให้เสียไม่ได้ที่เครื่องปรับอากาศนั้นจะได้รับความนิยมอย่างมาก เพื่อบรรเทาความร้อนจากข้อมูลศูนย์วิจัยกสิกรไทยคาดการณ์ว่า ในปี 2558 ตลาดเครื่องปรับอากาศไทยเริ่มส่งสัญญาณฟื้นตัวดีขึ้นเมื่อเทียบกับปี2557 โดยได้รับแรงสนับสนุนจากสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวในช่วงฤดูร้อน โดยในช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางพฤษภาคม ปี2558 และที่สำคัญเครื่องปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านถึงร้อยละ 49 จากสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านทั้งหมด [1]

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System :HEMS) คือ ระบบที่จัดการพลังงานอย่างเหมาะสมและสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในภาคครัวเรือน ประเทศญี่ปุ่นถือได้ว่าเป็นประเทศที่ให้ความสำคัญด้านพลังงานอย่างมากประเทศหนึ่ง เช่น ฮอนด้า ซันโย และ โตชิบา คอร์ป ร่วมกันสร้างบ้านประหยัดพลังงานในเมืองไซตะมะ

นอกจากนี้ญี่ปุ่นได้มีโครงการวิจัยการสร้างระบบจัดการพลังงานภายในบ้านในเขตหนาวของญี่ปุ่นเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะการลดใช้พลังงานมีอิทธิพลโดยตรงกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดภาวะโลกร้อน [2] ได้มีการนำเซ็นเซอร์ไร้สายมาใช้มาประเมินการใช้ค่าพลังงานและลดการใช้ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งนำมาใช้ในภาคเกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลกำไรในการเพาะปลูกเนื่องจากสามารถลดต้นทุนด้านพลังงาน

ลงได้ [3] การออกแบบระบบจัดการพลังงานบ้าน ที่สำคัญที่สุดเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้น้อยที่สุดคั้งนั้น จึงต้องลดการใช้พลังงานให้น้อยที่สุดเช่นกัน ประเทศอังกฤษได้ทำการศึกษาการออกแบบบ้านให้มีพลังงานเป็นศูนย์ใน สหราชอาณาจักร โดยการทำให้เป็นซอฟต์แวร์จำลองบ้านในโปรแกรม TRNSYS 16 ทำให้สามารถทำนายสภาพการถ่ายเทความร้อน และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านที่สมมติว่าตั้งอยู่ในภูมิภาคต่าง ๆ และ นำมาใช้สำหรับการตรวจสอบความเป็นไปได้ของว่าบ้านมีการใช้พลังงานเป็นศูนย์ด้วยการนำพลังงานไฟฟ้าทดแทนมาใช้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพอากาศที่เมืองคาร์ดิฟฟ์ (Cardiff) [4]

ระบบการจัดการพลังงานภายในบ้านมีหลายเทคนิคขึ้นอยู่กับ การขยายความระบบการจัดการพลังงานภายในบ้าน จึงได้นำแนวคิดของ การระบายอากาศเพื่อลดปริมาณการใช้เป็นสำคัญ เพราะสัดส่วนการใช้พลังงานในบ้านนั้น เครื่องปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุดถึง [4] เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการศึกษาว่า การเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศส่งผลต่อความต้องการพลังงานและความสบายของมนุษย์น้อย [5] ซึ่งระบบระบายอากาศนั้นขึ้นอยู่กับหลายอย่าง เช่น การกำหนดค่าของเพดานมีผลต่อการอัตราการไหลของอากาศ โดยการประเมินผลกระทบจากค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดค่าของเพดาน อธิบายจากการจำลองอุโมงค์ลมและเปรียบเทียบกับห้องจำลองที่มีค่าเพดานแตกต่างกันไป เช่นเพดานที่ปิด ไม่มีเพดานเปิดโล่ง และเพดานทรงโค้งที่ปิด ซึ่งทำให้เห็นว่า การกำหนดค่าของเพดานมีผลกระทบต่ออัตราการไหลเวียนอากาศภายในอาคารและอัตราการไหลอากาศ [6]

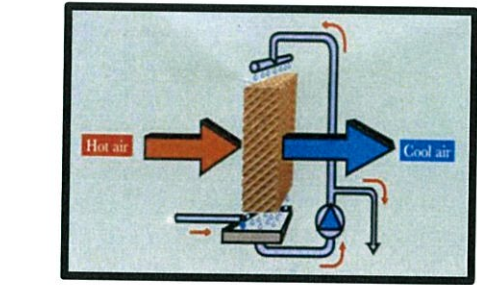
จากสภาพแวดล้อมกับการดำเนินชีวิตของบุคคลในปัจจุบันได้นำมาเป็นแนวความคิดในการทำโครงการ จะช่วยลดการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยลงโดยอาศัย โดยเน้นการลดการใช้เครื่องปรับอากาศซึ่ง โดยจะทำการออกแบบระบบระบายอากาศ ที่สามารถระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบกับระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System) โดยระบบจะใช้ตัวตรวจจับอุณหภูมิเพื่อควบคุมการทำงานของตัวระบายอากาศและพัดลมไอน้ำโดยใช้คำสั่งภาษาแลดเดอร์ ผ่าน โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller:PLC) ในการควบคุม โดยในการควบคุมจะแบ่งระดับของอุณหภูมิออกเป็น 3 ระดับโดยในแต่ละระดับจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของจำนวนพัดลมไอน้ำ การทดลองจะทำโดยการ ออกแบบบ้านจำลองที่ใช้ในการทดลองจากการนำเอาข้อมูลอ้างอิงจากเอกสารงานวิจัยมาใช้ในการออกแบบและนำอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ มาติดตั้งภายในบ้านจำลองเพื่อควบคุมให้อากาศภายในบ้านจำลองอยู่ในโซนที่มีความสะดวกสบายตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating

and Air-Conditioning Engineers) ทำให้ได้สภาพอากาศภายในบ้านจำลองที่มีความสะดวกสบาย และลดการใช้ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ แล้วทำการเปรียบเทียบการใช้ปริมาณไฟฟ้าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ของระบบระบายอากาศที่ออกแบบขึ้นเพื่อให้เห็นว่าระบบควบคุมอุณหภูมิสามารถลดอุณหภูมิและใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยกว่าของเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิเดียวกัน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System)

เป็นหลักการวิธีทางธรรมชาติที่ใช้น้ำในการลดอุณหภูมิของอากาศร้อน หลักการคือ การแบ่งอนุภาคของน้ำให้มีขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวมาก เมื่ออากาศร้อนผ่านพื้นผิวน้ำ อากาศร้อนส่วนหนึ่งจะถูกน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าดูดความร้อน (Latent Heat) และน้ำบางส่วนได้รับความร้อนกลายเป็นไอ ผลที่ได้คือ อากาศร้อนอุณหภูมิจะลดลงแต่มีปริมาณไอน้ำในอากาศเพิ่มมากขึ้นและน้ำบางส่วนมีอนุภาคเล็กมากที่ยังไม่เปลี่ยนสถานะเมื่อสัมผัสความร้อนจะเปลี่ยนเป็นไอได้รวดเร็ว เปรียบเหมือนสถานะของบริเวณแหล่งน้ำจะรู้สึกเย็น น้ำบริเวณพื้นที่นั้นจะระเหยกลายเป็นไอโดยที่น้ำระเหยจะดึงความร้อนบริเวณใกล้เคียงไปด้วย จึงทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าบรรยากาศใกล้เคียงกันที่ไม่มีแหล่งน้ำ [7]



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling)

2.2 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

คือ สภาพของอากาศในบริเวณหนึ่งๆ ภายในอาคารหรือที่พักอาศัย โดยที่สภาพอากาศที่ดีมีเงื่อนไขของการพิจารณา เช่น อุณหภูมิ อยู่ในช่วง 23-26 °C ความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในช่วง 30-60 % และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่เกิน 1,000 ppm ตามมาตรฐาน ASHRAE (Ameracan Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายนอกบ้าน

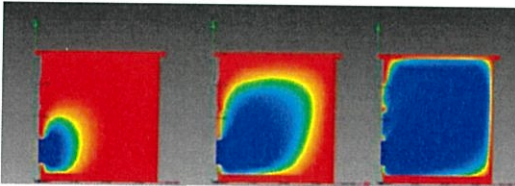
กำหนดทิศทางลม 3 ทิศที่พัดผ่านภายนอกบ้านคือ ลมจากทิศใต้ ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และลมจากตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ด้วย โปรแกรม CFD สรุปได้ว่า ความดันดันของลมทางทิศใต้มีความดันกระทบภายนอกบ้านมากที่สุด ทำให้อากาศถ่ายเทเข้าและออกภายนอกบ้านได้ดีที่สุด

3.2 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายในบ้าน

มีขอบเขตกำหนดการทำงานของระบบ 2 แบบ ดังนี้

1. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน

กำหนดให้พัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ทั้งสามตัวทำงานพร้อมกับพัดลมระบายอากาศออกนอกบ้าน



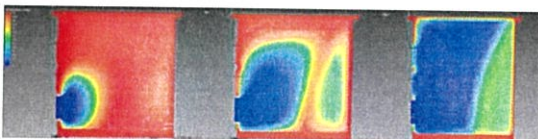
รูปที่ 3.2.1 กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้าน

จากรูปที่ 3.2.1 เมื่อระบบเริ่มทำงานอุณหภูมิภายในที่สูงคือ บริเวณสีแดง อุณหภูมิภายในเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า

2. กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน

กำหนดให้พัฒนาของระบบปรับอากาศแบบประหยัดพลังงาน (Evaporative Cooling System) ทั้งสามตัวทำงานพร้อมกับพัดลมดูด

อากาศและพัดลมระบายอากาศและพัดลมดูดอากาศจะหยุดลงเมื่ออากาศภายในบ้านน้อยกว่าภายนอกบ้าน



รูปที่ 3.2.2 กรณีเมื่ออุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน

จากรูปที่ 3.2.2 เมื่อระบบเริ่มทำงานอุณหภูมิภายในที่สูงคือ บริเวณสีแดง อุณหภูมิภายในเริ่มลดลง คือ บริเวณสีฟ้า

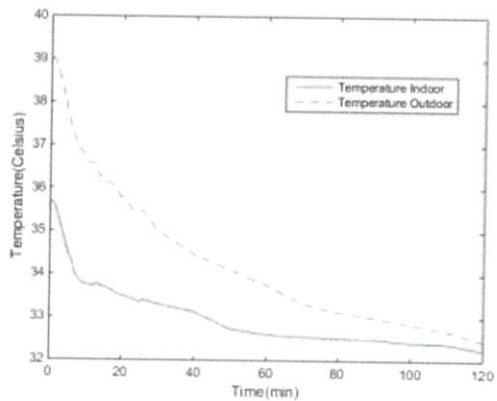
สรุปได้ว่า ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ภายในบ้าน ทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีที่อุณหภูมิภายนอกบ้านมากกว่าภายในบ้านสามารถลดอุณหภูมิได้เร็วกว่ากรณีที่อุณหภูมิภายนอกบ้านน้อยกว่าภายในบ้าน เห็นได้จากเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.2.1 และ 3.2.2

4. ผลการทดลองจากแบบจำลอง

การทดลองได้ทดลองใช้ผนัง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือ ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) เป็นไม้สังเคราะห์ไฟเบอร์ไมนจ์ และผนังพลาสติก (Plastwood) เป็นแผ่นพีวีซี (PVC) โฟมมีลักษณะผิวเรียบแล้วทำการหันหน้าบ้านแบบจำลองนี้ทั้งหมด 4 ทิศที่แตกต่างกัน คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก และทำการเปลี่ยนหลังคา 2 แบบ คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวน และหลังคาที่มีฉนวน

ดังนั้น ในการทดลองมีทั้งหมด 16 กรณี ทำการบันทึกค่าทั้งหมด 4 ค่า คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เวลาลดลองกรณีละ 2 ชั่วโมงเท่ากัน

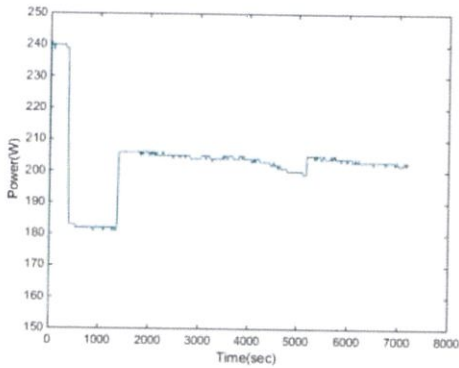
ตัวอย่างผลการทดลอง กรณีที่ 1 : ผนังสมาร์ทบอร์ด (Smart board) ไม่มีฉนวนหลังคา หันทิศเหนือ มีผลการทดลอง ดังนี้



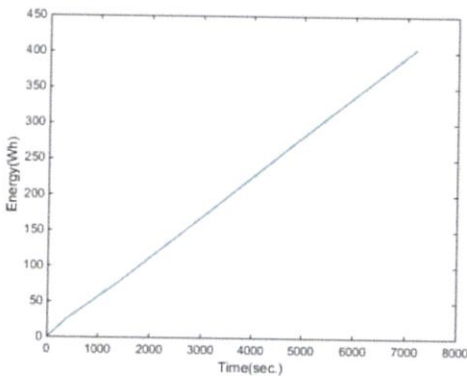
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับเวลา



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเวลา

จากกราฟ รูปที่ 4.1 อุณหภูมิภายนอกแตกต่างจากภายในมาก แต่เมื่อทำการเปิดระบบ พบว่าอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน สามารถลดอุณหภูมิภายในจาก 35.6 °C เหลือ 32.4 °C ซึ่งกรณีนี้ มีค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป คือ 3.2 °C รูปที่ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นการทดลองมีค่าอยู่ที่ 54 %RH จากนั้นเวลาผ่านไป 30 นาทีค่าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเมื่อระบบเริ่มทำงาน 59.8 %RH แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 30- 60 %RH รูปที่ 4.3 ช่วงต้นที่มีอุณหภูมิเกิน 34 °C พัดลมจึงทำงานทั้ง 3 ตัว พบว่ากำลังไฟฟ้าจะสูงถึง 240 W แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำลง จึงลดการใช้พัดลมทำให้กำลังไฟฟ้าลดลงมาที่ 205 W และรูปที่ 4.4 กราฟนี้แสดงถึงการ ใช้พลังงานทั้งหมด เมื่อระบบเริ่มทำงาน โดยใช้พลังงานทั้งหมด 400 Wh

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 16 กรณี การทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

ปัญญานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพอากาศภายในที่อยู่อาศัยโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยการออกแบบระบบระบายอากาศร่วมกับระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative

Cooling System) เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะสามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC) ในการควบคุม จากการทดลองทั้ง 16 กรณี การทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

- ระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกห้องทดลองได้ประมาณ 4-5 °C
- จากการศึกษานั่ง 2 ชนิด คือ พลาสวูด (Plastwood) และสมาร์ทบอร์ด (Smart board) พบว่า ชนิดของผนังที่ใช้ส่งผลกระทบต่อแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิโดยที่พลาสวูด (Plastwood) จะมีแนวโน้มการลดลงของอุณหภูมิเข้าสู่ Steady state ได้เร็วกว่า สมาร์ทบอร์ด (Smart board)
- จากการศึกษาหลังคาไว้ 2 กรณี คือ หลังคาที่ไม่มีฉนวนกับหลังคาที่มีฉนวน พบว่า จากผลการทดลองนั้น กรณีศึกษาที่หลังคามีฉนวนทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ลดลงนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่าหลังคาที่ไม่มีฉนวน
- การศึกษาผลกระทบของทิศทางการจัดวางตัวของแบบจำลองในทิศทั้ง 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และระบบปรับอากาศแบบวิธีการระเหยน้ำ (Evaporative Cooling System) สามารถลดอุณหภูมิจากภายนอกห้องทดลองได้ประมาณ 4-5 °C
- ทิศตะวันตก พบว่า เมื่อหันบ้านทางทิศใต้และทิศตะวันตกสามารถลดอุณหภูมิลงเฉลี่ยลดลงน้อยลงดีที่สุดใน เนื่องจากได้ทดลองในเดือนเมษายน อยู่ในฤดูร้อน จึงได้มีการรับอิทธิพลมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
- สรุปได้ว่าระบบระบายอากาศภายในบ้านเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รับผลตอบแทนคืนในปีที่ 3 และปีที่ 10 ได้ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ได้ 33.30% ซึ่งเป็นผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2553).ปี'58 ตลาด
- [2] เครื่องปรับอากาศในประเทศไทยเริ่มฟื้นตัว.KASIKORNTHAI ECON ANALYSIS, Q1(7),1-6 บริษัท เพาเวอร์คูล ซีสเท็มส์จำกัด . Powercool vaporative .สืบค้นจาก <http://www.powercoolrhvac.com>
- [3] Fukuta, Mio; Ito, Minako; Yamaguchi, Fumito; Nishi, Hiroaki, "Construction of HEMS in Japanese cold district for reduction of carbon dioxide emissions," Industrial Electronics Society, IECON

2014 - 40th Annual Conference of the IEEE , pp.5338-5343, Oct.

29 2014-Nov. 1 2014

- [4] Hemraj; Sukesha, "Power estimation and automation of green house using wireless sensor network,"Confluence The Next Generation Information Technology Summit (Confluence), 2014 5th International Conference - , pp.436-441, 25-26 Sept. 2014
- [5] Liping Wang, Julie Gwilliam, Phil Jones, Case study of zero energy house design in UK, Energy and Buildings, Volume 41, Issue 11, November 2009, Pages 1215-1222
- [6] Kelly Kalvelage, Ulrike Passe, Shannon Rabideau, Eugene S. Takle, Changing climate: The effects on energy demand and human comfort, Energy and Buildings, Volume 76, June 2014, Pages 373-380
- [7] Anh Tuan Nguyen, Sigrid Reiter, The effect of ceiling configurations on indoor air motion and ventilation flow rates, Building and Environment, Volume 46, Issue 5, May 2011, Pages 1211-1222
- [8] ศูนย์เรียนรู้วิทยาศาสตร์ โลกและดาราศาสตร์. การระเหยของน้ำ. สืบค้นจาก<http://www.lesa.biz>.
- [9] United States Environmental Protection Agency, July 1999, Guideline for Reporting of Daily Air Quality - Air Quality Index (AQI), 40 CFR Part 58, Appendix G.

ประวัติผู้เขียน



นายนิสสวัสดิ์ ป่อมแป้น

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา จบจาก โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก
ระดับมัธยมศึกษา จบจาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



นางสาวน้ำใจ แก้วกลาง

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา จบจาก โรงเรียนจำการบุญ
ระดับมัธยมศึกษา จบจาก โรงเรียนพุทธชินราชพิทยา



นายปรีชาพงษ์ ช่างจิ้น

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนธัญวิทยา(ตงมัน)
มัธยมศึกษา โรงเรียนธัญรัตน์ จังหวัด ปทุมธานี



นายศวินทร์ โฆษะบดี

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา จบจาก โรงเรียนอนุบาลราชบุรี
ระดับมัธยมศึกษา จบจาก โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี