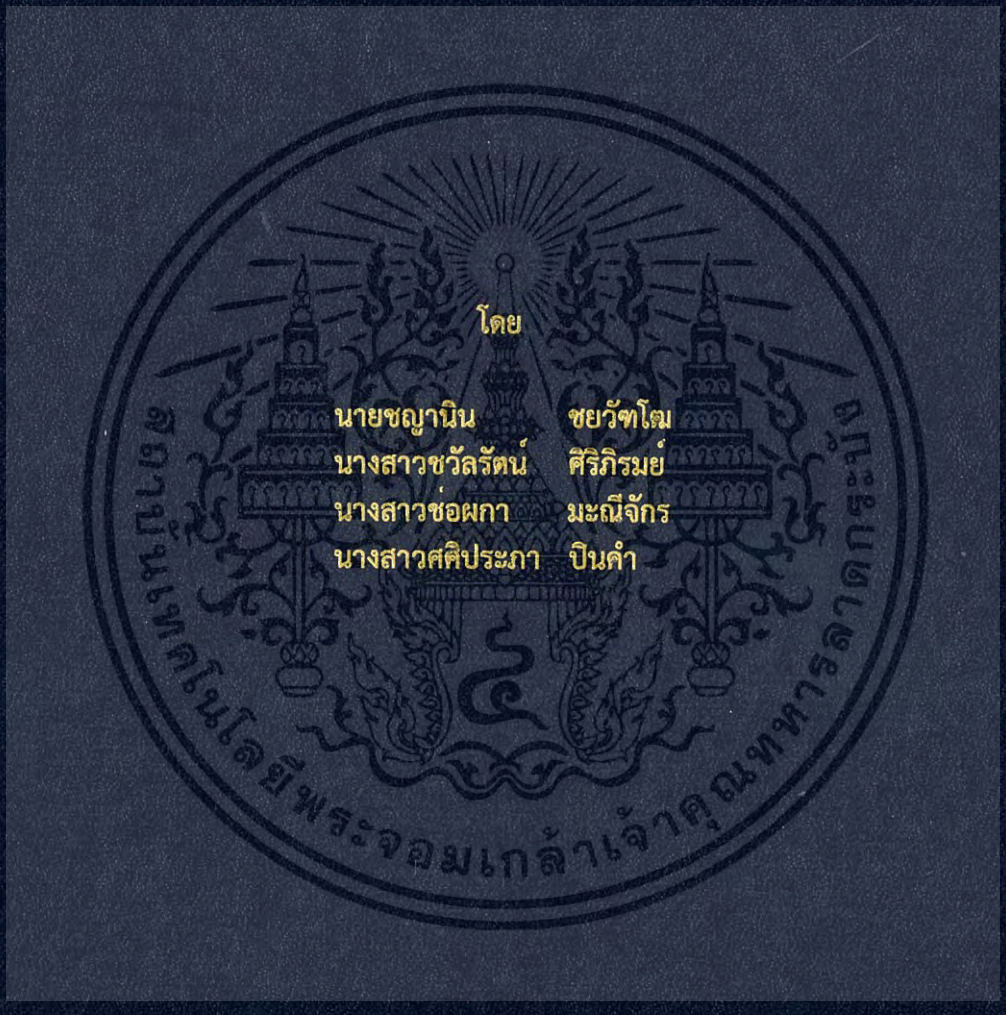
การจัดการด้านพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า
BUILDING ENERGY MANAGEMENT
FOR KING MONGKUT'S INTERNATIONAL DEMONSTRATION SCHOOL



โดย

นายชญานิน ชยวัฑโฒ
นางสาววัลรัตน์ ศิริภิรมย์
นางสาวช่อผกา มะณีจักร
นางสาวศศิประภา ปินคำ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การจัดการด้านพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

BUILDING ENERGY MANAGEMENT

FOR KING MONGKUT'S INTERNATIONAL DEMONSTRATION SCHOOL

โดย

นายชญานิน ชยวัฑโฒ

นางสาวชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์

นางสาวช่อผกา มะณีจักร

นางสาวศศิประภา ปินคำ

b.00266040

TB00215

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUILDING ENERGY MANAGEMENT
FOR KING MONGKUT'S INTERNATIONAL DEMONSTRATION SCHOOL

CHAYANIN CHAYAVATTO

CHAWANRAT SIRIPIROM

CHOPAKA MANEEJUK

SASIPRAPA PINKUM

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

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

การจัดการด้านพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

BUILDING ENERGY MANAGEMENT FOR KING MONGKUT'S INTERNATIONAL DEMONSTRATION SCHOOL

โดย

นายชญานิน ชยวัฑโฒ

นางสาวชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์

นางสาวช่อผกา มะณีจักร

นางสาวศศิประภา ปินคำ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์

ดร.วรุตม์ สูอำพัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจัดการด้านพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

ผู้จัดทำ

1. นายชญานิน ชยวัฑโฒ
2. นางสาวชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์
3. นางสาวช่อผกา มะณีจักร
4. นางสาวศศิประภา ปินคำ

.....อาจารยที่ปรึกษา

(ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.วรุตม์ สูอำพัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

นายชญานิน ชยวัฑโฒ
นางสาวชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์
นางสาวช่อผกา มะณีจักร
นางสาวศศิประภา ปินคำ
ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วรุตม์ สูอำพัน อาจารยที่ปรึกษารวม
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอการจัดการพลังงานภายในโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า เพื่อช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และทำการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ โดยทำการทดลองที่ห้องทดลองเดิมในทุกกรณีกล่าวคือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากระบบกรอบอาคารและประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทำการทดลองมีค่าคงที่ การทดลองหาค่าพลังงานจากห้องจำลองสามารถคำนวณผลโดยใช้สมการหาค่าพลังงานรวมของอาคารและผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันจากผลการทดลอง และการคำนวณพบว่าระยะเวลาหนึ่งชั่วโมงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเนื่องจากกรณีที่มีระยะเวลาในการปิดนานเกินกว่า 1ชั่วโมง ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักในช่วงบ่าย และส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดลองสูงเกินกว่า 28 องศาเซลเซียส และ 70%RH ตามลำดับ โดยเมื่อนำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้กับมาตรการประหยัดพลังงานของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า และนำ Optimization มาช่วยในการหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการการหาค่าพลังงานรวมของอาคารคาดว่าสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 2,520.056 วัตต์ชั่วโมง คิดเป็น 7.35% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานในปีที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BUILDING ENERGY MANAGEMENT FOR KING MONGKUT'S INTERNATIONAL DEMONSTRATION SCHOOL

Mr. Chayanin Chayavatto
Miss Chawanrat Siripirom
Miss Chopaka Maneejuk
Miss Sasiprapa Pinkum
Dr. Teeraphon Phophongviwat Advisor
Dr. Warut Suampun Co-Advisor
Year 2017

ABSTRACT

This thesis presents an effective energy management strategy to improve energy usage efficiency and lower electric power consumption at King Mongkut's International Demonstration School (KMIDS). Through the application of smart meters, this thesis investigates the power consumptions of main electric appliances, and strategically finds the optimal time periods to activate air-conditioners during office hours. The experiment was conducted and evaluated at the same location in all cases, assuming that the total heat transfer (from the surrounding area) coefficients and the efficiency of the air-conditioner are constant. The experimental results show that the optimal period to deactivate the air-conditioning system is approximately 1 hour. An off period longer than that will cause the AC compressor to operate more heavily and consume more power in the afternoon. Moreover, the AC system will be unable to maintain the room temperature and humidity within the allowable limits, 28 degree Celsius and 70% RH respectively. The optimal values for energy consumption, parameters and variables are determined by the genetic algorithm. The strategy is expected to lower the energy consumption at KMIDS by 2,520 Watt-hour, which is 7.35% decrease compared to last year's.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบคุณคุณณัฐวุฒิ พลพงษ์ และบุคคลากรภายในโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า ที่ช่วยรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานภายในโรงเรียนและช่วยอำนวยความสะดวกให้คณะผู้จัดทำในการรวบรวมข้อมูลและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรียน

นอกจากนั้นผู้จัดทำต้องขอขอบคุณคุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้เบิกใช้เครื่องมือ ตลอดจนคุณกมลวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเบิกใบเสร็จของโครงงาน

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
สัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน	1
1.4 วิธีการใช้ในโครงงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การจัดการพลังงาน	5
2.1.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน	5
2.1.2 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน	5
2.2 ระบบปรับอากาศ	6
2.2.1 หลักการทำงาน	6
2.2.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ	7
2.2.3 สมรรถนะการทำความเย็น	9
2.3 การคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร	10
2.4 การประยุกต์จีเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด	11
2.4.1 ความหมายของเจนเนติกอัลกอริทึม	11
2.4.2 การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา	13
3.1 ขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนา	13
3.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	13
3.3 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	15
3.3.1 การประเมินระดับองค์กร	15
3.3.2 การประเมินระดับบริการ	15
3.3.3 การประเมินระดับอุปกรณ์หลัก	16
3.4 การกำหนดเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงาน	16
3.4.1 การกำหนดเป้าหมาย	16
3.4.2 แผนการอนุรักษ์พลังงาน	16
3.5 แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ	17
3.5.1 แบบจำลองห้องที่ใช้ทำการทดลอง	18
3.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการการวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	18
3.6 การประยุกต์ใช้ Optimization ทางด้านวิศวกรรม	20
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	22
4.1 บทนำ	22
4.2 การทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน	22
4.2.1 ผลการทดลองไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ	24
4.2.2 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 12.00 – 13.00 น.	26
4.2.3 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 11.45 – 13.00 น. และ 15.45 น.	28
4.2.4 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 11.30 – 13.00 น. และ 15.30 น.	29
4.3 ผลการหาค่า OTTV, RTTV และ VENT โดยใช้ Genetic Algorithms	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
4.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของห้องทดลองในแต่ละกรณีที่ความต่างอุณหภูมิค่าต่างๆ	30
4.5 การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า	31
4.6 ผลการคำนวณการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ	32
4.7 สรุป	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์และทดลองสำหรับอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	36
5.1.2 สรุปมาตรการลดการใช้พลังงานสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า	37
5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ	38
5.3 แนวทางการพัฒนา	38
5.3.1 การคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ	38
5.3.2 แบบจำลอง Resistance-Capacitance (RC model)	42
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก. บทความทางวิชาการ	ก-1
ภาคผนวก ข. ปริมาณการใช้พลังงาน	ข-1
ภาคผนวก ค. รายงานการสำรวจภาระไฟฟ้า	ค-1
ภาคผนวก ง. รายละเอียดการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์	ง-1
ภาคผนวก จ. MATLAB code for optimization of Energy equation	จ-1
ภาคผนวก ฉ. การตรวจวัดและประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ	ฉ-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วัฏจักรการทำความเย็น	7
2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน	8
2.3 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์	8
2.4 แผนผังการทำงานของ GA	12
3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน ปี 2560	15
3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอย	15
3.3 ข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลัก	16
3.4 แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	17
3.5 ห้องทดลอง PW-201 อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	18
3.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์	18
3.7 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้ารุ่น C.A.8335 ของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP	19
3.8 Temperature Humidity USB Datalogger (TM-305U) ของบริษัท TENMARS ELECTRONICS	20
4.1 ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในการทดลองทั้ง 4 กรณี	23
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561	24
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561	25
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561	26
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 16 มีนาคม 2561	27
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561	28
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561	29
4.8 การคาดการณ์พลังงานโดยแบ่งกรณีตามความแตกต่างของอุณภูมิและเปรียบเทียบพลังงานจากระยะเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.9 ค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าที่คำนวณได้จากสมการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร	32
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องกับเวลา	40
5.2 แบบจำลองวงไฟฟ้า RC	43
5.3 Temperature response of a room in a cold day and in a hot day	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการปฏิบัติงาน โครงงานการจัดการด้านพลังงานภายในอาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาพระจอมเกล้า	3
2.1 ค่า บีทียู/ชั่วโมง ที่เหมาะสมกับห้องขนาดต่างๆ	10
3.1 ตารางผลการประเมินสภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	14
3.2 เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน	16
3.3 Measurement functions ของ Energy analyzer รุ่น C.A.8335	19
4.1 ช่วงของอุณภูมิในวันที่ทำการทดลอง	23
4.2 ขนาดและการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดของ KMIDS	33
4.3 พลังงานที่ลดได้และจำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้หลังทำตามมาตรการ	35
5.1 A-17 Ideal-gas properties of air	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

	ตัวแปร	หน่วย
A	พื้นที่รวมของผนังด้านที่พิจารณา	ตารางเมตร
A_i	พื้นที่ส่วนปรับอากาศ i	ตารางเมตร
A_{ri}	พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา	ตารางเมตร
A_{wi}	พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา	ตารางเมตร
C	ความจุไฟฟ้า	ฟารัด
COP	สมรรถนะการทำความเย็น	
c_e	สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ	
c_i	สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง	
c_o	สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากผู้ใช้อาคาร	
c_r	ความจุความร้อนที่อุณหภูมิห้อง	จูลต่อเซลเซียส
c_v	สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากการระบายอากาศ	
E	พลังงานโดยรวมของอาคาร	
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	
EQD_i	กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อหน่วยพื้นที่ i	วัตต์ต่อตารางเมตร
E_{comp}	ความต้องการไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	กิโลวัตต์
I	กระแส	แอมป์แปร์
LPD_i	กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ i	วัตต์ต่อตารางเมตร
m	มวลของอากาศภายในห้อง	กิโลกรัม
n_h	จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท	ชั่วโมง
$OCCU_i$	ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ i	คนต่อตารางเมตร
$OTTV_i$	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา	วัตต์ต่อตารางเมตร
P	กำลังไฟฟ้า	วัตต์
Q	ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ	กิโลจูล
$\dot{Q}_c$	พลังงานความเย็นที่มาจากระบบทำความเย็น	วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

ตัวแปร		หน่วย
$Q_{equipment}$	พลังงานความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า	วัตต์
$\dot{Q}_h$	พลังงานความร้อนจากห้อง	วัตต์
Q_L	อัตราการทำความเย็น	กิโลวัตต์
Q_{ligth}	พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง	วัตต์
Q_{person}	พลังงานความร้อนจากคน	วัตต์
Q_{roof}	พลังงานความร้อนจากหลังคา	วัตต์
Q_{wall}	พลังงานความร้อนจากผนัง	วัตต์
R	ความต้านทาน	โอห์ม
$RTTV_i$	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา	วัตต์ต่อตารางเมตร
R_{wall}	ความต้านทานความร้อนของผนัง	โอห์ม
s	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ	กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน
t	เวลาปัจจุบัน	วินาที
t_{pre}	เวลาเริ่มต้น	วินาที
T_{in}	อุณหภูมิภายในห้อง	องศาเซลเซียส
T_{max}	อุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้เครื่องปรับอากาศกลับมาทำงาน	องศาเซลเซียส
T_{out}	อุณหภูมิภายนอกห้อง	องศาเซลเซียส
$T_{setpoint}$	อุณหภูมิที่ตั้งค่า	องศาเซลเซียส
T_{start}	อุณหภูมิเริ่มต้น	องศาเซลเซียส
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง	วัตต์ต่อตารางเมตรเซลเซียส
V	แรงดันไฟฟ้า	โวลต์
$VENT_i$	อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ i	ลิตรต่อวินาที
W	พลังงานไฟฟ้า	วัตต์ชั่วโมง
$\%RH_{in}$	ความชื้นสัมพัทธ์ภายใน	เปอร์เซ็นต์
$\%RH_{out}$	ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก	เปอร์เซ็นต์
ΔT	อุณหูมิที่เปลี่ยนแปลง	เซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550 กำหนดให้อาคารที่อยู่ภายใต้การควบคุมจำเป็นต้องมีการจัดการพลังงานภายในอาคารและจัดทำรายงานการจัดการพลังงานส่งให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทุกปี ดังนั้นอาคารเรียนของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าจึงต้องมีการดำเนินการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสามารถแบ่งเป็นระบบต่างๆ ได้ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบกรอบอาคาร เป็นต้น เมื่อทำการประมาณอัตราการใช้พลังงานภายในอาคารพบว่าระบบปรับอากาศนั้นมีการใช้พลังงานมากถึง 60-80% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้การศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศจึงมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยปัจจัยที่สำคัญคือ อุณหภูมิและความชื้น ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาในเรื่องของช่วงเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศที่สามารถประหยัดพลังงานและส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ
2. เพื่อทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ
3. เพื่อนำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้กับมาตรการประหยัดพลังงานของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน โดยทำการทดลองและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์และจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดเป้าหมายในการประหยัดพลังงานภายในหนึ่งปีเท่ากับ 5% เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในปีล่าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการใช้ในโครงงาน

1. เลือกสถานที่จัดทำโครงงานการจัดการพลังงาน
2. ดำเนินการติดต่อขอแบบแปลนการติดตั้งระบบแสงสว่าง เต้ารับ และระบบปรับอากาศภายในอาคาร
3. สำรวจแบบแปลนการติดตั้งในสถานที่จริงและทำการแก้ไขแบบแปลน
4. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร
5. ประเมินสถานการณ์การจัดการพลังงานเบื้องต้นของอาคาร
6. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร
7. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเป้าหมายและออกแบบการทดลอง
8. กำหนดเป้าหมายและทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องปรับอากาศ
9. วิเคราะห์ผลการทดลอง
10. นำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงาน
11. สรุปผลการดำเนินงานการจัดการพลังงาน
12. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาหาข้อมูลการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ภายในอาคาร วิธีการอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องปรับอากาศ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและนำมาประยุกต์ใช้กับมาตรการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีเวลาดำเนินการตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2560 ถึง เดือนมีนาคม 2561 รวมเป็นระยะเวลา 10 เดือน โดยมีแผนการดำเนินโครงงาน ดังตารางที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการปฏิบัติงาน โครงงานการจัดการด้านพลังงานภายในอาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า (KMIDS)

การทำงาน	ระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. เลือกสถานที่จัดทำโครงงานการจัดการพลังงาน										
2. ติดต่อขอแบบแปลนสถานที่										
3. สำรวจสถานที่จริงและอัพเดทแบบแปลน										
4. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร										
5. ประเมินสถานการณ์การจัดการพลังงานเบื้องต้นในปัจจุบัน										
6. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคาร										
7. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดเป้าหมายและออกแบบการทดลอง										
8. กำหนดเป้าหมายและทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องปรับอากาศ										
9. วิเคราะห์ผลการทดลอง										
10. นำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้ในมาตรการประหยัดพลังงาน										
11. สรุปผลการดำเนินงานการจัดการพลังงาน										
12. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

แผนการปฏิบัติงานที่คาดการณ์

แผนการปฏิบัติงานจริง

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สถานที่ที่ได้รับการจัดการพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้พลังงานที่ดีขึ้น

2. สถานที่ที่ได้รับการจัดการพลังงานมีฐานข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในปีถัดไป

3. สถานที่ที่ได้รับการจัดการพลังงานมีการประหยัดพลังงานและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

4. สถานที่ที่ได้รับการจัดการพลังงานมีการลดปริมาณการใช้พลังงานจากการจัดการพลังงานเป็นตัวเลขอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสิ่งจำเป็นที่เด่นชัดคือ การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารเพราะในการตรวจสอบหรือการตรวจวิเคราะห์พลังงานในสถานที่นั้นๆ จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานที่แท้จริงภายในสถานที่นั้น ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่ควรใช้เพื่อที่จะได้ทราบว่าควรดำเนินการจัดการพลังงานการปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2.1 การจัดการพลังงาน

2.1.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง การจัดการด้านการใช้พลังงานเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยการพยายามใช้อุปกรณ์พลังงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ลดการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการช่วยประหยัดการใช้พลังงานของประเทศด้วย [1]

2.1.2 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานที่สำคัญประกอบด้วย [2]

1. การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลส่วนใหญ่อาจได้มาจากเอกสารต่างๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคาร โดยจะประกอบด้วยข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ดังนี้
   - ชื่ออาคาร
   - ที่อยู่
   - ประเภทอาคาร
   - อายุอาคาร
   - การใช้พลังงานต่อปี เช่น ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า ข้อมูลการใช้น้ำ
   - แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน
   - จำนวนเจ้าหน้าที่
   - เวลาทำงานของอาคาร
   - ชื่อและตำแหน่งผู้ติดต่อประสานงาน
   - อื่นๆ
2. การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียดจะทำการสำรวจและตรวจวัดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ โดยทางด้านพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วยข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) แผนผังวงจรระบบไฟฟ้าของอาคาร

2) บิลอัตราค่าไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารอย่างน้อย 12 เดือน และแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้า

3) แผนผังที่ตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องจักรของอาคาร

4) รายชื่อและขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักที่ใช้ทั้งหมดในอาคารโดยระบุเป็น กิโลวัตต์ โวลต์ แอมแปร์ และค่าตัวประกอบกำลัง

5) การตรวจวัดทางด้านไฟฟ้า โดยวัดค่าเป็น กิโลวัตต์ โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลัง และกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส

6) การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบของอาคารเพื่อเทียบสัดส่วนกับการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร

7) ข้อมูลจำเพาะและราคาอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน

8) การวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์และระบบการใช้พลังงานที่ทำการสำรวจทั้งหมด

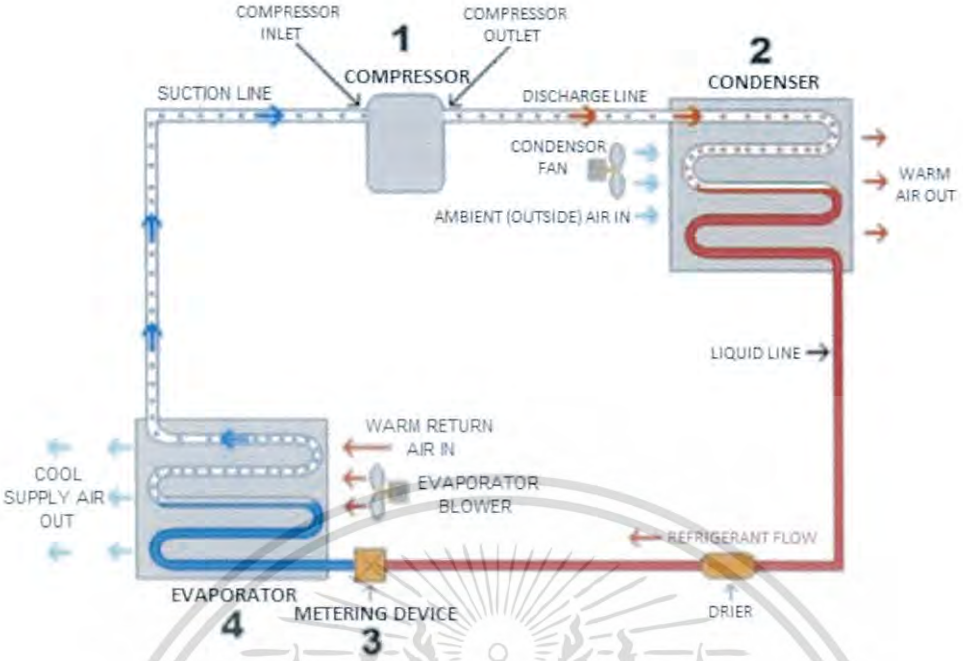
2.2 ระบบปรับอากาศ

การใช้พลังงานส่วนมากในอาคารจะถูกใช้ระบบปรับอากาศโดยประมาณ 50-70% ของพลังงานรวมทั้งอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ดีควรคำนึงการปรับภูมิทัศน์ การออกแบบอาคารและการเลือกวัสดุป้องกันความร้อนประเภทต่างๆ เพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาภายในอาคาร รวมทั้งการออกแบบปรับอากาศและระบบการควบคุมที่ดีทำให้สามารถประหยัดพลังงาน โดยการออกแบบระบบปรับอากาศมีข้อควรคำนึง 3 ประการ คือ การออกแบบเพื่อความสุขสบาย (Comfort) ของผู้ใช้สอยอาคาร เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ (IAQ : Indoor Air Quality) และเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) [3]

2.2.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศแต่ละประเภทจะมีความต่างกันตามการออกแบบแต่โดยทั่วไปจะมีหลักการทำงานพื้นฐานคล้ายกัน คือจะมองการใช้ในรูปวัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็นที่มีหน้าที่ดูดความร้อนและคลายความร้อนจากอากาศหรือไอน้ำให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ โดยวัฏจักรการทำความเย็นจะมีขั้นตอนเบื้องต้น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วัฏจักรการทำความเย็น

ช่วง 1 - 2 การอัด (Compression) อัดสารทำความเย็นสถานะก๊าซความดันต่ำ ให้เป็นก๊าซร้อนความดันสูง

ช่วง 2 - 3 การควบแน่น (Condensing) สารทำความเย็นสถานะก๊าซควบแน่นเป็นของเหลวและคายความร้อนออก

ช่วง 3 - 4 การขยายตัว (Expansion) จากสารทำความเย็นความดันสูงไปเป็นความดันต่ำ พร้อมทั้งลดอุณหภูมิลงและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสมก๊าซ

ช่วง 4 - 1 การระเหย (Evaporation) ความร้อนจากสารตัวกลางจะถูกดูดเพื่อใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นเหลวให้เป็นก๊าซ

ระบบปรับอากาศจะถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงสบายของผู้ใช้งาน หรือเรียกช่วงนั้นว่า Comfort Zone คืออุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20%-75%

2.2.2 ประเภทของระบบปรับอากาศ

โดยทั่วไปจะแบ่งลักษณะการออกแบบตามการใช้งาน หากในด้านภาคอาคารธุรกิจจะแบ่งตามประเภทดังนี้

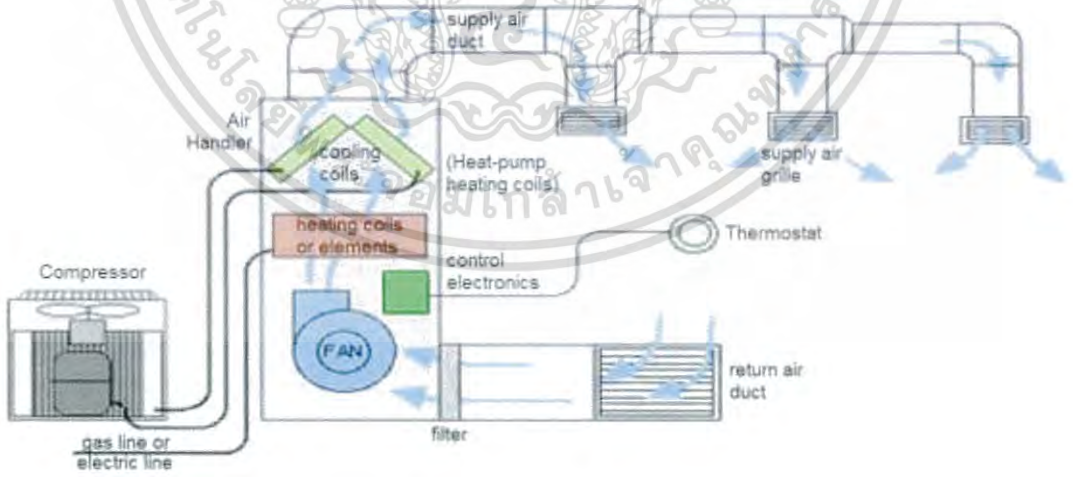
ก. ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จะเป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดทำความเย็นจะไม่เกิน 40,000 บีทียู/ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของคอล์ยทำความเย็นที่เรียกว่า คอล์ยเย็น (Fan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งในพื้นที่ที่ปรับอากาศ และคอล์ยร้อน (Condensing Unit) จะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารและมีเครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor) โดยจะติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ระหว่างชุดคอล์ยร้อนและคอล์ยเย็นไว้อัดสารทำความเย็น

รูปที่ 2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ข. ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Unit) ดังรูปที่ 2.3 เป็นระบบที่นิยมใช้ในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก เป็นอาคารในลักษณะแบ่งได้หลายห้อง หลายโซนและมีหลายชั้น ส่วนประกอบหลักจะประกอบไปด้วย แผงคอล์ยร้อน คอล์ยเย็นและเครื่องอัดสารทำความเย็น ระบบปรับอากาศแบบชุดจะมีลักษณะใหญ่มีท่อส่งลมเย็น (Supply Air Duct) ทำหน้าที่ส่งลมไปยังพื้นที่ต่างๆ และท่อส่งลมกลับ (Return Air Duct) ทำหน้าที่นำลมเย็นที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนกับห้องเรียบร้อยแล้วมาปรับความเย็นอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายปริมาณลมเย็น (Variable Air Volume, VAV) เพื่อไว้ควบคุมปริมาณลมเย็นให้เหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ [4]



รูปที่ 2.3 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 สมรรถนะการทำความเย็น

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแสดงในรูปของค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของปริมาณความเย็นที่ทำได้ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ระบบใช้ โดยหาได้จากสมการ 2.1

$$COP = \frac{Q_L}{E_{comp}} \tag{2.1}$$

โดยที่

Q_L = อัตราการทำความเย็น มีหน่วย กิโลวัตต์

E_{comp} = ความต้องการไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วย กิโลวัตต์

ค่า COP สูงแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีของระบบปรับอากาศ สำหรับค่า COP ที่พิจารณาเฉพาะพลังงานที่ใช้ในเครื่องอัดสารทำความเย็นเป็นเพียงค่าที่แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็นเท่านั้น ส่วนค่าสมรรถนะของทั้งระบบ (System COP, SCOP) จะต้องรวมพลังงานที่จ่ายให้กับพัดลมและเครื่องสูบน้ำด้วยค่า SCOP สูงหมายถึงระบบปรับอากาศที่ใช้พลังงานน้อย [5]

ในทางปฏิบัติ สมรรถนะของระบบปรับอากาศยังสามารถแสดงได้ในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 2.2 และค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เช่น ระบบน้ำเย็น

$$EER = 3.145 \times COP \tag{2.2}$$

โดยที่

COP = สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

BTU (British Thermal Unit) คือ ขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยดังนี้ 1 ตันความเย็น เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง เราควรเลือกขนาดบีทียูให้เหมาะสมกับขนาดของห้องที่จะทำการติดตั้งโดยสามารถเลือกได้จากตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่า บีทียู/ชั่วโมง ที่เหมาะสมกับห้องขนาดต่างๆ

บีทียู/ชั่วโมง	การเลือกขนาดบีทียู	
	ขนาดห้อง (ตารางเมตร)	
	ห้องปกติ	ห้องโดนแดด
9,000	12-14	11-13
12,000	16-20	14-18
18,000	20-28	21-27
21,000	28-35	25-32
24,000	32-40	28-35
26,000	35-44	30-39
30,000	40-50	35-45
36,000	48-60	42-54
40,000	56-65	52-60
48,000	64-80	56-72
60,000	80-100	70-90

2.3 การคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 [6]

$$E = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{A_{wi}(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_{ri}(RTTV_i)}{COP_i} + A_i \left\{ \frac{C_l(LPD_i + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i))}{COP_i} \right\} \right] n_h + \sum_{i=1}^{n} A_i(LPD_i + EQD_i) n_h \quad (2.3)$$

โดยที่

LPD_i = กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ i มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

EQD_i = กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อหน่วยพื้นที่ i มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

$OCCU_i$ = ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ i มีหน่วย คนต่อตารางเมตร

$VENT_i$ = อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ i มีหน่วย ลิตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_i = พื้นที่ส่วนปรับอากาศ i มีหน่วย ตารางเมตร

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วย วัตต์ต่อตารางเมตร

A_{wi} = พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วย ตารางเมตร

A_{ri} = พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วย ตารางเมตร

C_o , C_i , C_e และ C_v = สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากผู้ใช้อาคาร ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และการระบายอากาศ ตามลำดับ

n_h = จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

2.4 การประยุกต์จีเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

2.4.1 ความหมายของเจนเนติกอัลกอริทึม

จีเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) และ กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือก สตริง (String) ที่มีความเหมาะสมของกลุ่มสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม จากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่าน กระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้ คือ คำตอบที่ดีที่สุดหรือ ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด GAs ไม่ใช่การสุมแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในรูปอดีตอย่างมี ประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยการคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นพบจะดีขึ้น GAs ถูกพัฒนาขึ้นโดย Hcolland (1975) และคณะ โดยมีป้าหมายในการวิจัย 2 อย่าง คือ เพื่อสรุปและ ดัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด และเพื่อออกแบบและสร้างซอฟแวร์ที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติ ซึ่ง GAs แตกต่างกับวิธีการค้นหาและการทำ Optimization แบบอื่นๆ[7]

2.4.2 การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม

การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมเริ่มต้นด้วย

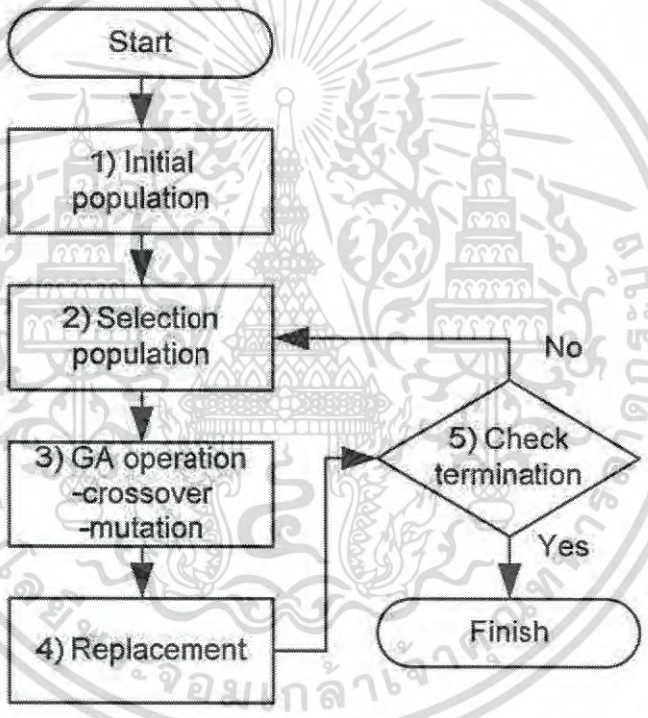
1. สร้างประชากรต้นกำเนิด (Initial Population) จากการสุ่มสร้างค่าแต่ละบิทของแต่ละโครโมโซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แลวทำการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซม โดยถอดรหัสคาตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆ ของแต่ละบิทในโครโมโซมและคำนวณค่าความเหมาะสมจากฟังกชั่นความเหมาะสมที่กำหนดไว

3. หลังจากนั้นทำการสรางชุดโครโมโซมตนแบบ (Mating Pool) หรือชุดโครโมโซมพ่อแม่ที่สามารถอยู่รอดเป็นตนแบบ โดยใช้วิธีการคัดเลือกทางธรรมชาติที่พิจารณาจากค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม ถาโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก

4. สุดท้ายก็ดำเนินการทางพันธุศาสตร์โดยการสุมจับคู่โครโมโซมต้นแบบเพื่อสร้างประชากรรุนใหม่ซึ่งกระบวนการทำงานดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของ GAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการพัฒนา

3.1 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

1. การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
2. การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3. การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
7. การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน
8. การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

3.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง จัดอยู่ในกลุ่มอาคารควบคุมขนาดเล็ก ตั้งอยู่เลขที่ 1 ถนน ฉลองกรุง1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครฯ เป็นอาคารประเภทสถานศึกษา อาคารเริ่มเปิดดำเนินการ เมื่อปี พ.ศ. 2560 มีบุคลากรจำนวนทั้งหมด 150 คน

ผลการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น ดังตารางที่ 3.1 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix : EMM) โดยพิจารณาจากการดำเนินงานด้านพลังงานที่ผ่านมา ก่อนการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานโดยการประเมิน EMM จะมีตัวชี้วัดทั้งสิ้น 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การประเมินด้านนโยบายการจัดการพลังงาน
2. การประเมินด้านการจัดองค์กร
3. การประเมินด้านการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ
4. การประเมินด้านระบบข้อมูลข่าวสาร
5. การประเมินด้านการประชาสัมพันธ์
6. การประเมินด้านการลงทุน

ทั้งนี้ในแต่ละด้านจะมีการให้คะแนนตามเกณฑ์ชี้วัด 5 ระดับ โดยค่าคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 - 4 คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ผลการประเมินสภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

ระดับคะแนน	1.นโยบายการจัดการพลังงาน	2.การจัดองค์กร	3.การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ	4.ระบบข้อมูลข่าวสาร	5.ประชาสัมพันธ์	6.การลงทุน
4	1.1 มีนโยบายการจัดการพลังงานเป็นเอกสารและลงนามโดยผู้บริหารระดับสูง โดยกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานขององค์กร มีการปฏิบัติตามนโยบายโดยได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง	2.1 มีคำสั่งแต่ตั้งคณะ ทำงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตรวจ สอบผลการดำเนินการและตรวจสอบผลการดำเนินการจัดการพลัง งานภายในองค์กร มีการกำหนดผู้รับผิดชอบในการดำเนินการแต่ละมาตการที่ชัดเจน และมีการเผยแพร่ให้พนักงานทราบอย่างทั่วถึง	3.1 มีแผนการอบรมเชิงปฏิบัติการหรือกิจกรรมที่ชัดเจนซึ่งจัดทำขึ้นโดยคณะทำงาน โดยความเห็นของผู้บริหารเพื่อกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้พนักงานทุกระดับ มีจิตสำนึกและมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงาน	4.1 มีการจัดทำระบบการจัดเก็บและการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานระหว่างผู้บริหารกับพนักงาน กำหนดวิธีการสื่อสารที่ชัดเจน มีการติดตามและประเมินผลของการสื่อสาร	5.1 กำหนดให้การเผย แพร่โครงการการอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของแผนการประชาพันธ์ขององค์กรเพื่อให้พนักงานทุกระดับได้รับการทราบข้อมูลคุณค่าของการประหยัดพลังงาน และผลของการดำเนินการจัดการพลังงานอย่างสม่ำเสมอ	6.1 มีการจัดสรรงบ ประมาณประจำปีเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่ออนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงาน โดยพิจารณาถึงความสำคัญของโครงการเป็นหลักทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
3	1.2 มีนโยบายที่ชัดเจนโดยจัดทำเป็นเอกสาร แต่ไม่ได้ลงนาม และไม่ได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารมีการเผยแพร่นโยบายแต่พนักงานรับทราบไม่ทั่วถึง	2.2 มีคำสั่งแต่งตั้งคณะ ทำงานด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยผู้บริหารระดับสูง แต่การกำหนดอำนาจหน้าที่มีขอบเขตจำกัดและไม่ชัดเจนมีการเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้ง แต่พนักงานไม่ทราบทั่งถึง	3.2 ไม่มีการกำหนดแผนการอบรม หรือกิจกรรมอย่างชัดเจน โดยให้คณะทำงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้แก่พนักงาน	4.2 ไม่มีระบบการจัดเก็บข้อมูลและการสื่อสารข้อมูลที่ชัดเจนโดยให้คณะทำงานและผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเป็นช่องทางหลักในการสื่อสารข้อมูลต่างๆ	5.2 มีการเผยแพร่ข้อมูลการดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงานให้แก่พนักงานบางระดับอย่างสม่ำเสมอเฉพาะในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานโดยตรง	6.2 พิจารณาการลงทุนในมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ให้ผลตอบแทนการลงทุนสูง
2	1.3 มีการจัดทำนโยบายเป็นเอกสาร แต่ยังไม่ชัดเจนในบางข้อ ไม่กำหนดให้นโยบายเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนิน งานขององค์กรไม่ได้มีการลงนามและสนับสนุนจากผู้บริหารและไม่มีการเผยแพร่นโยบายให้พนักงานทราบ	2.3 ผู้รับผิดชอบด้านพนักงานทำหน้าที่ในการดำเนินการอนุรักษ์พลัง งานและรายงานต่อคณะกรรม/คณะทำงานด้านการอนุรักษ์พลังงานเพื่อพิจารณาและสรุปผลการดำเนินงานต่อผู้บริหาร	3.3 คณะกรรมการ/คณะทำ งานด้านการอนุรักษ์พลังงานเป็นผู้ดำเนินการเป็นครั้งคราว	4.3 คณะกรรมการการเฉพาะกิจทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานและประหยัดพลัง งานและประเมินผลการสื่อสารดังกล่าวเป็นครั้งคราว	5.3 มีการเผยเพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานและการประ หยัดพลังงานให้กับพนักงานเป็นครั้งคราวเป็นครั้งคราวซึ่งอาจทำโดยเป็นหนังสือ เวียนแจ้งให้ทราบ การประชุมชี้แจง เป็นต้น	6.3 พิจารณาการลงทุนในมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็ว
1	1.4 มีนโยบายแต่ไม่ได้มีการจัดทำเป็นเอกสารเป็นเพียงการมอบหมายหรือชี้แจงแนวทางการปฏิบัติโดยวาจา	2.4 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเป็นผู้ดำเนินการและรายงานต่อผู้บริหารโดยตรง	3.4 มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการโดยวิศวกรเป็นผู้ให้ข้อมูลการใช้และประหยัดพลังงานกับผู้ใช้พลังงานโดยตรง เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ประหยัดพลังงาน	4.4 มีการจัดทำสรุปรายงานการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานอย่างไม่เป็นทางการเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในฝ่ายของตนเอง	5.4 มีการแจ้งให้พนักงานทราบข้อมูลอย่างไม่เป็นทางการ เช่น การแจ้งให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการใช้พลังงานภายในฝ่ายของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น	6.4 พิจารณาการลงทุนในมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีการลงทุนต่ำ
0	1.5 ไม่มีการกำหนดนโยบาย และแนวทางการปฏิบัติที่ชัดเจน	2.5 ไม่มีการแต่ตั้งผู้รับ ผิดชอบพลังงาน	3.5 ไม่มีการติดต่อหรือการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้และการประหยัดพลังงานให้กับผู้ใช้พลังงาน	4.5 ไม่มีการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน	5.5 ไม่มีการเผยแพร่และการประชาสัมพันธ์ใดๆ เกี่ยวกับการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงาน	6.5 ไม่มีการลงทุนใดๆ ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานหรือการอนุรักษ์พลังงานในด้านอื่นๆ

3.3 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

(ก) การประเมินระดับองค์กร

(ข) การประเมินระดับการบริการ

(ค) การประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก

3.3.1 การประเมินระดับองค์กร

1) การใช้พลังงานไฟฟ้า

รูปที่ 3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนปี 2560

3.3.2 การประเมินระดับบริการ

การใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอย

รูปที่ 3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอย

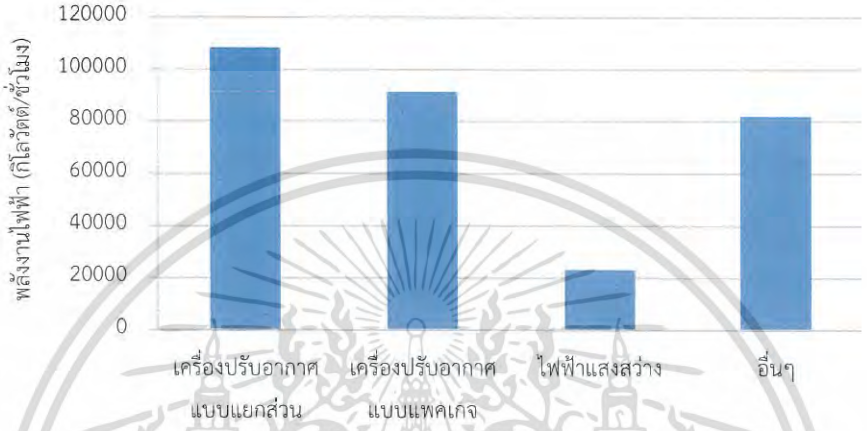
หมายเหตุ : รายละเอียดดัชนีการใช้พลังงานอ้างอิงอยู่ในภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การประเมินระดับอุปกรณ์หลัก

การสำรวจการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญในอุปกรณ์หลักภายในอาคารควบคุมได้ดำเนินการ โดยการตรวจวัดหาข้อมูลการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพและการสูญเสียพลังงานในแต่ละอุปกรณ์หลัก ดังนี้

การใช้พลังงานของอุปกรณ์หลัก



รูปที่ 3.3 ข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลัก

หมายเหตุ : รายละเอียดการสำรวจการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลักอ้างอิงอยู่ในภาคผนวก ค.

3.4 การกำหนดเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงาน

3.4.1 การกำหนดเป้าหมาย

เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดเป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย
ร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม	5

3.4.2 แผนการอนุรักษ์พลังงาน

แผนการอนุรักษ์พลังงานจะแบ่งการอนุรักษ์พลังงานเป็น 2 ระบบ คือ ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า โดยกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานของแต่ละระบบไว้ ดังนี้

1. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า

มาตรการที่ 1 : การจัดทำตารางการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานระบบแสงสว่างไประยะเวลานานๆ จะพบว่าความสว่างน้อยลงเนื่องจากความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หลอดไฟเสื่อมสภาพ โคมไฟสกปรก ดังนั้นการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ จึงมีความจำเป็นในการให้ได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี หรือมีประสิทธิภาพสูง

ก. การตรวจซ่อม ควรตรวจซ่อมระบบแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้าเป็นระยะเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรักษาความปลอดภัย

หมายเหตุ : รายละเอียดการจัดทำตารางการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ อ้างอิงอยู่ในภาคผนวก ง.

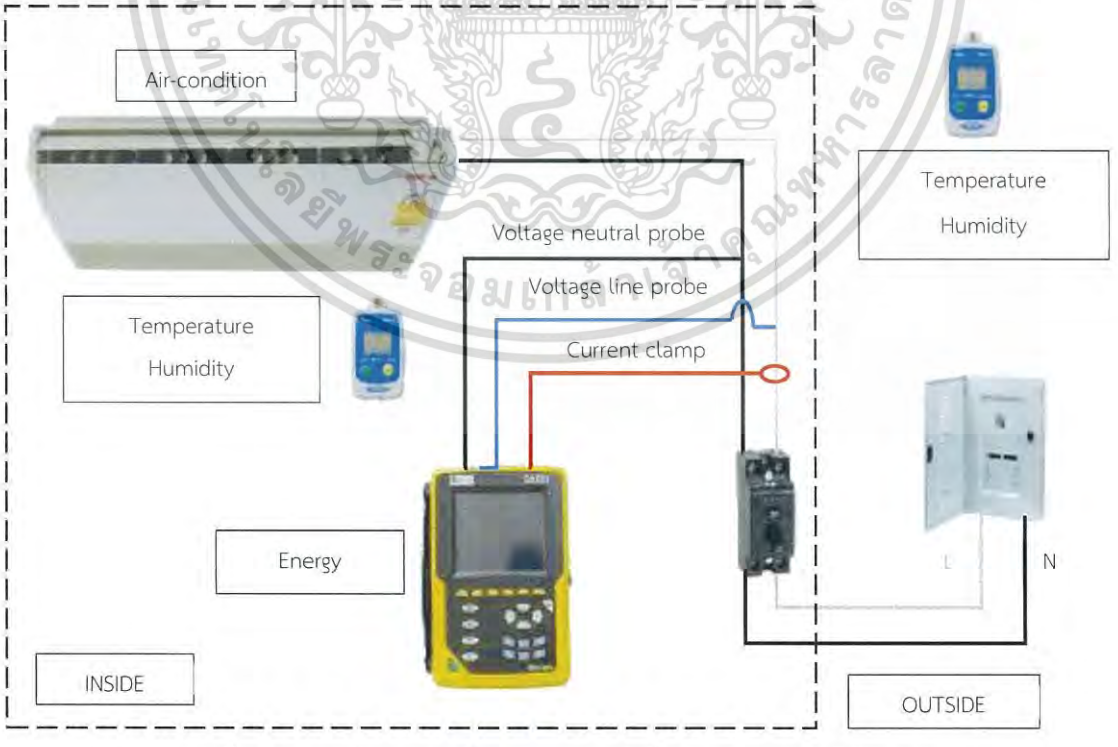
2. ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ

มาตรการที่ 1: การลดการใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารโดยการควบคุมการเปิด-ปิด

การควบคุมการเปิด-ปิด เป็นการลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็น และกำหนดให้ปิดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในเวลา 12.00-13.00 น. เพื่อลดพลังงานจากการใช้งาน

3.5 แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบทั่วไปเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีประสิทธิภาพการทำความเย็น แสดงดังรูปที่ 3.4 โดยมีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า 3 เฟส เข้ากับอุปกรณ์

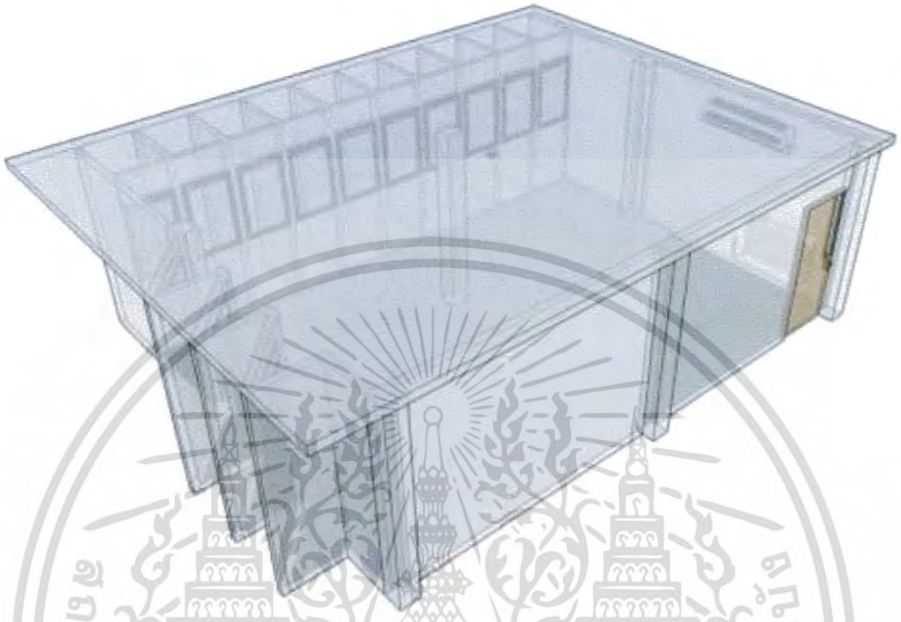


รูปที่ 3.4 แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 แบบจำลองห้องที่ใช้ทำการทดลอง

ห้องทดลองคือห้อง PW-201 ของอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (ตึกเก่า) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีขนาด 43.35 ตารางเมตร แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ห้องทดลอง PW-201 อาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

3.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการการวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์ (Power Aire) ชนิด 1 เฟส 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ขนาด 26,100 บีทียูต่อชั่วโมง กระแสสูงสุด 13.8 แอมป์ ติดตั้งเมื่อปี พ.ศ.2559 แสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจากบริษัทพาวเวอร์แอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Energy analyzer รุ่น C.A.8335

Energy Analyzer คือ เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.7 เพื่อการแก้ไขและปรับปรุงการใช้พลังงาน จึงถือว่าอุปกรณ์นี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพคุณภาพพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้ เครื่องวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้านี้จะสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ได้ เช่น แรงดัน, กระแส, ความถี่, กำลังไฟฟ้า และอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมี voltage probe ในการวัดแรงดัน และ current clamp ในการวัดกระแส และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงถูกออกแบบมาให้สามารถรับ-ส่ง ข้อมูลหรือใช้จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ได้ และมีพิกัดของเครื่องมือดังตารางที่ 3.3 ในการทดลองได้ใช้เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP[8]

รูปที่ 3.7 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้ารุ่น C.A.8335 ของบริษัท CHAUVIN ARNOUX GROUP

ตารางที่ 3.3 Measurement functions ของ Energy analyzer รุ่น C.A.8335

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Temperature Humidity USB Datalogger (TM-305U)

ใช้ในการวัดและเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกของห้องทดลอง เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อผลการทดลอง โดยเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นของบริษัท TENMARS ELECTRONICS แสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 Temperature Humidity USB Datalogger (TM-305U) ของบริษัท TENMARS ELECTRONICS

3.6 การประยุกต์ใช้ Optimization ทางด้านวิศวกรรมสำหรับการทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่าพลังงานรวมของอาคาร จำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์และค่าตัวแปรต่างๆ เช่น OTTV, RTTV และ VENT ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้สมการ Optimization เพื่อหาค่าพารามิเตอร์และตัวแปรดังกล่าวที่เหมาะสมที่สุดด้วย ดังสมการที่ 2.4

Objective Function:

$$y \approx f(x) = min \sum_{i=1}^{n} \left| 1 - \frac{E_i}{\left[\frac{A_w(X_1)}{COP} + \frac{A_r(X_2)}{COP} + A\left(\frac{C_l(LPD) + C_e(EQD) + 130C_o(OCCU) + 24C_v(X_3)}{COP} \right) \right] \times n_{hi}} \right|^2 \quad (2.4)$$

Constraints:

$$0 \leq X_1 \leq 70$$

$$0 \leq X_2 \leq 25$$

$$0 \leq X_3 \leq 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ X_1 คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา *OTTV* มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

X_2 คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา *RTTV* มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

X_3 คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ *VENT* มีหน่วยเป็น ลิตรต่อวินาที

หมายเหตุ : การใช้ MATLAB สำหรับการทดลอง อ้างอิงอยู่ในภาคผนวก จ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศทั่วไปจะทำงานเต็มพิกัดในช่วงเริ่มเปิดทำงาน ในช่วงแรกที่ต้องทำความเย็นเต็มพิกัดเพื่อลดอุณหภูมิห้องลงให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เมื่ออุณหภูมิห้องได้ตามค่าที่ตั้งไว้เครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยการทำงานของคอมเพรสเซอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย เทอร์โมสตัทที่จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ตัดหรือต่อการทำงาน และการตัดหรือต่อของคอมเพรสเซอร์ เกิดการกระชากของไฟและการเริ่มต้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละครั้งต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมาก ในช่วงเวลาระหว่างวันหากผู้ใช้เครื่องปรับอากาศมีความจำเป็นที่จะต้องออกไปจากห้องและทำการปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อผู้ใช้กลับเข้ามาที่ห้องอีกครั้งและเริ่มการทำงานเครื่องปรับอากาศ คอมเพรสเซอร์จะทำงานอย่างเต็มที่เพื่อทำอุณหภูมิห้องให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้

ปัจจัยที่มีผลต่อความสบายของมนุษย์ ได้แก่ อุณหภูมิ(Temperature), ความชื้นในอากาศ (Humidity), การถ่ายเทของอุณหภูมิ (Temperature Transfer), การหมุนเวียนของอากาศ (Air Motion & Circulation), ความสะอาดของอากาศ (Cleaning and Contaminant), กลิ่นและความสดชื่น (Odor and Fresh), ระดับเสียงในห้อง (Sound Level) โดยในการทดลองนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการอนุรักษ์พลังงานคือ อุณหภูมิ ความชื้น และเวลาในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

4.2 การทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน

โดยผลการทดลองในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กำหนดให้ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ

กรณีที่ 2 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 12.00 – 13.00 น.

กรณีที่ 3 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.45 – 13.00 น. และ 15.45 น.

กรณีที่ 4 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.30 – 13.00 น. และ 15.30 น.

ดังแสดงในรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ระยะเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศในการทดลองทั้ง 4 กรณี

ข้อมูลการบันทึกผลช่วงของอุณหภูมิในวันที่ทำการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.1

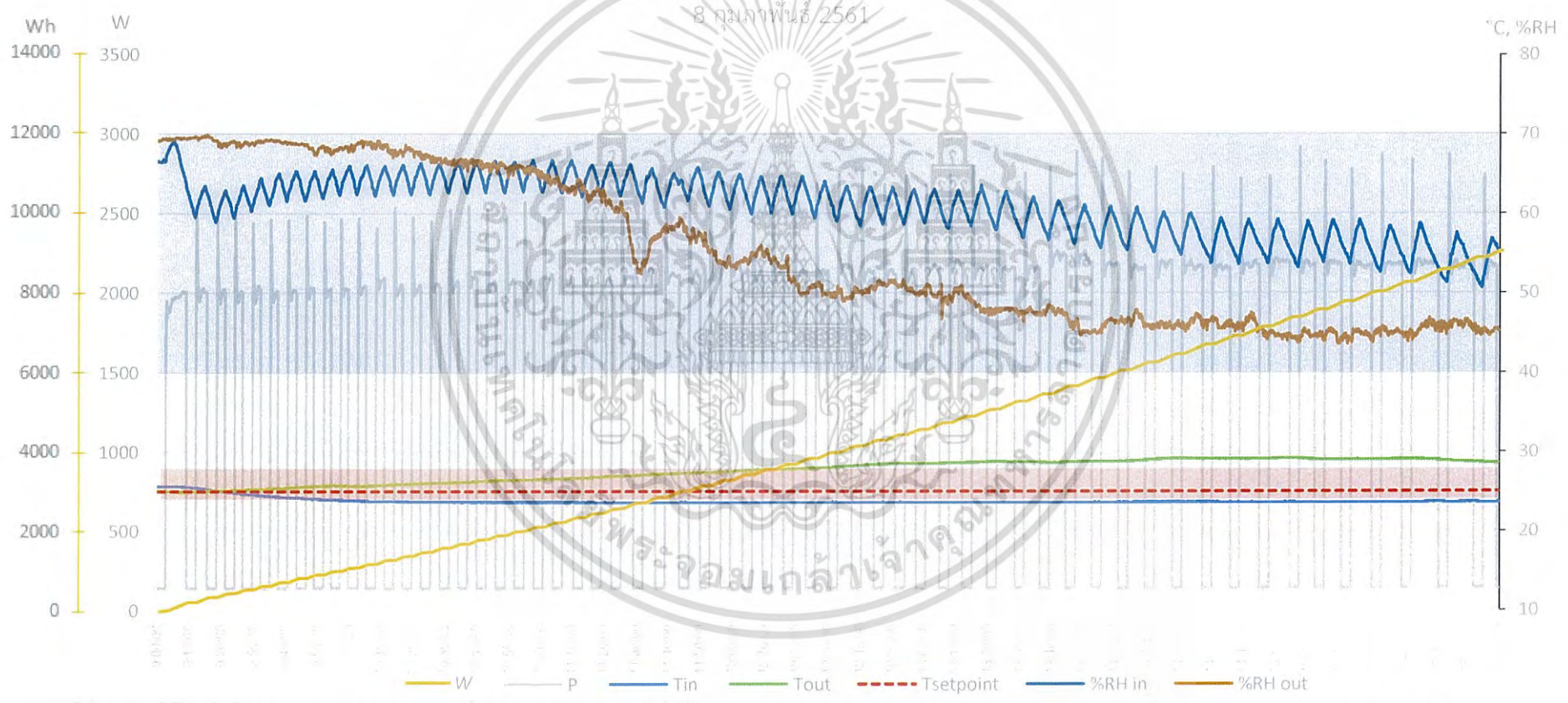
ตารางที่ 4.1 ช่วงของอุณหภูมิในวันที่ทำการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิสูงสุด (˚C)	อุณหภูมิต่ำสุด (˚C)	กรณีที่ใช้ทำการทดลอง
8/2/2561	29.2	24.9	กรณีที่ 1
13/2/2561	30.2	25.8	กรณีที่ 1
14/2/2561	30.2	25.3	กรณีที่ 2
21/2/2561	32.0	27.0	กรณีที่ 4
22/2/2561	32.9	28.2	กรณีที่ 3
16/3/2561	32.8	27.7	กรณีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

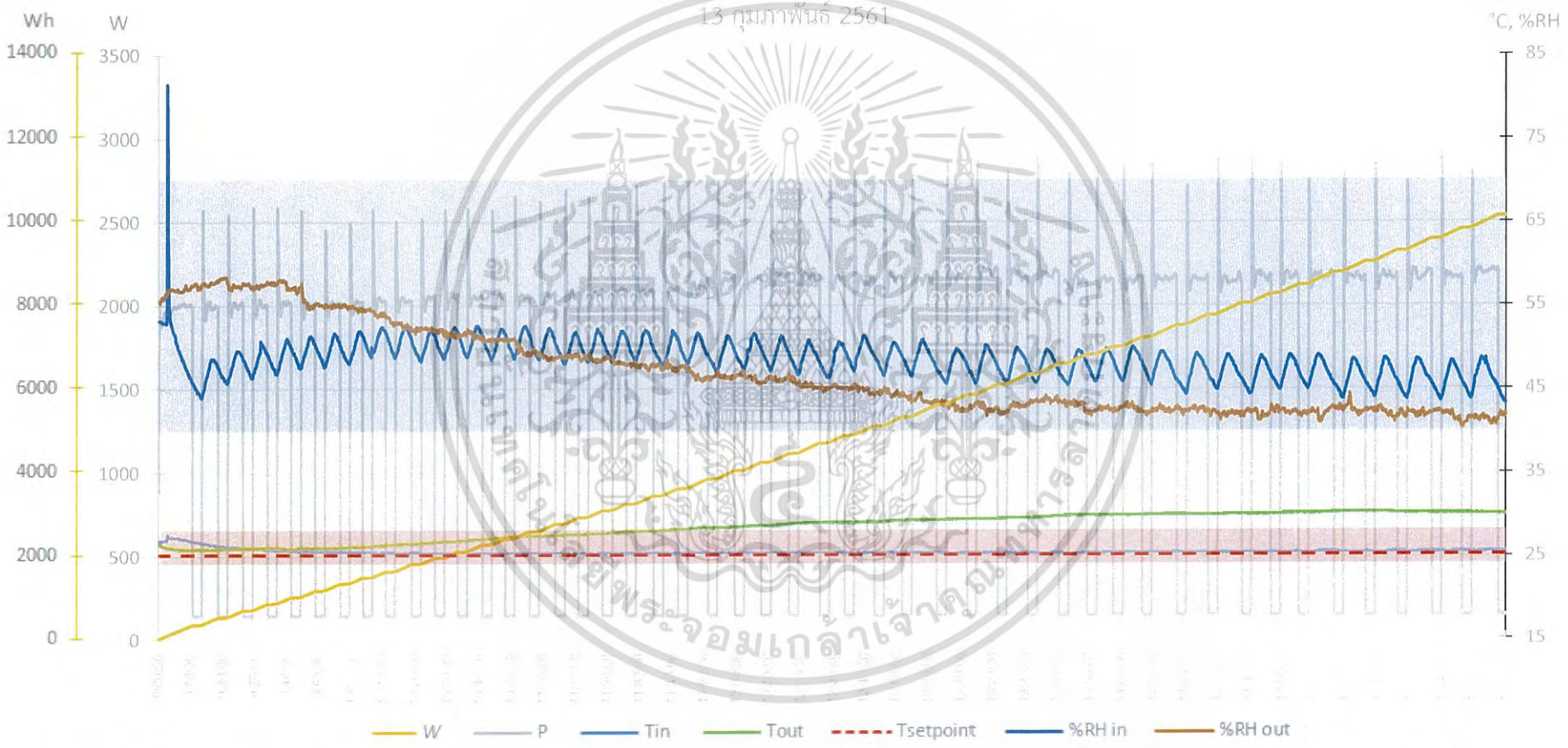
4.2.1 ผลการทดลองไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ

ผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561 แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561

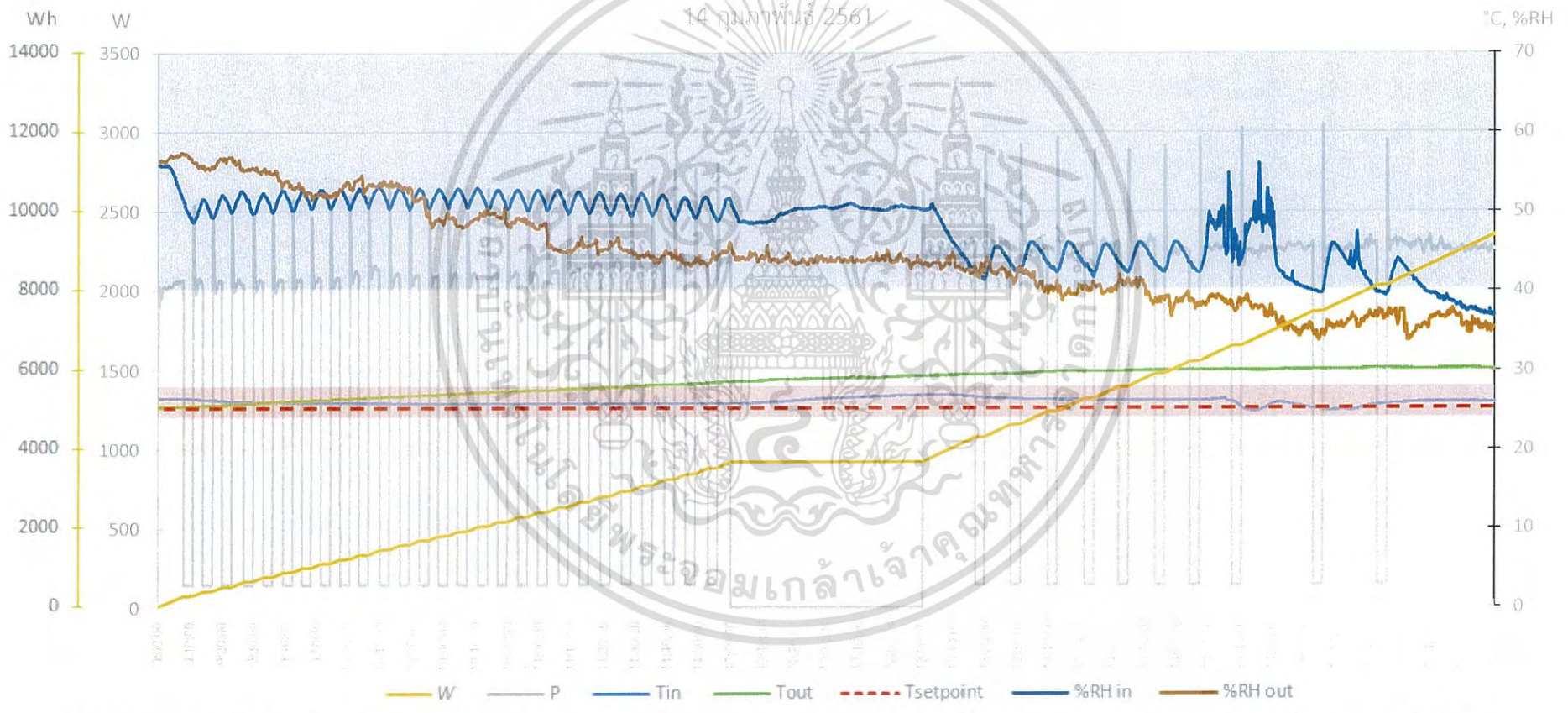
ผลการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561 แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561

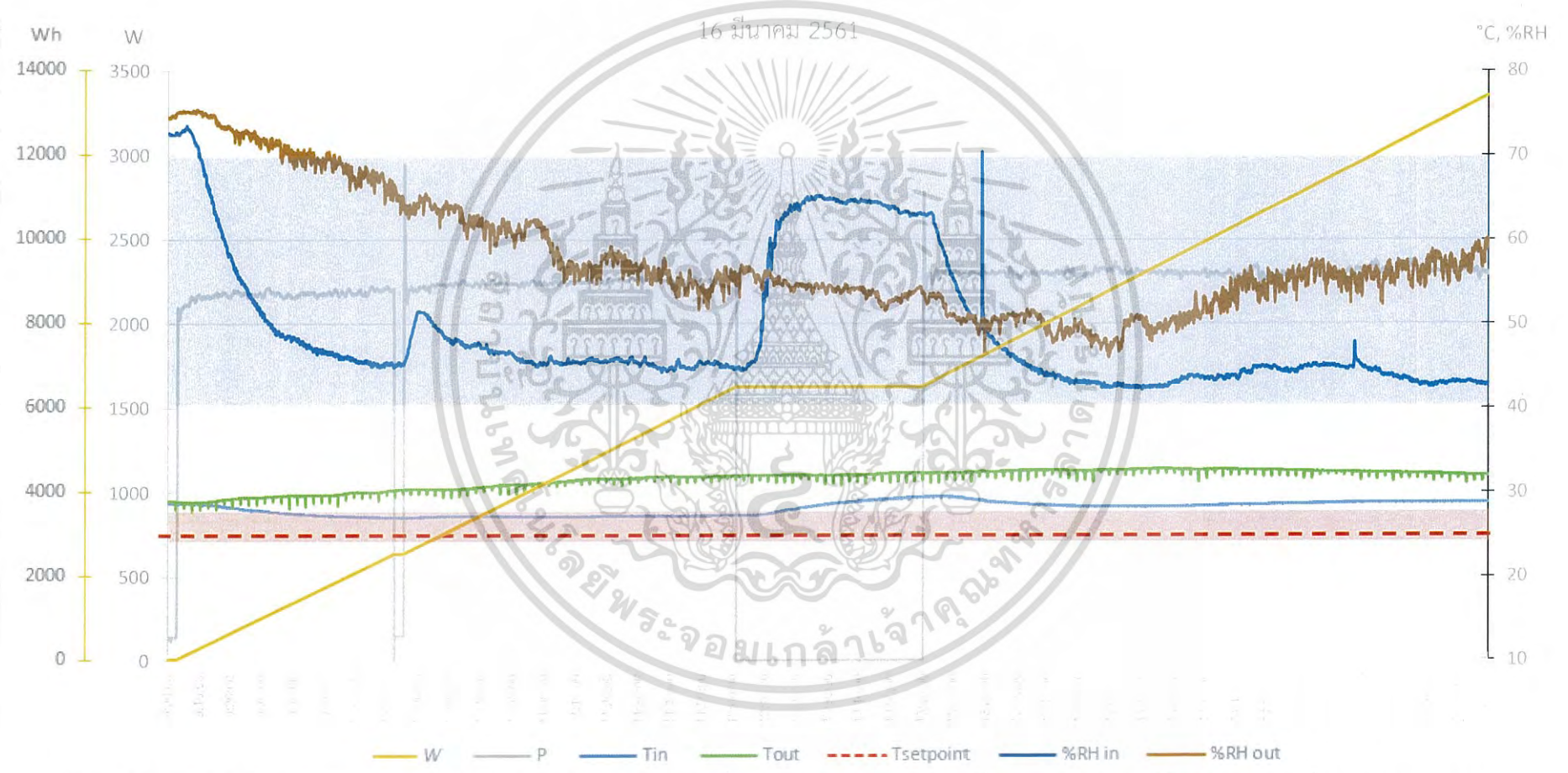
4.2.2 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 12.00 – 13.00 น.

ผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561

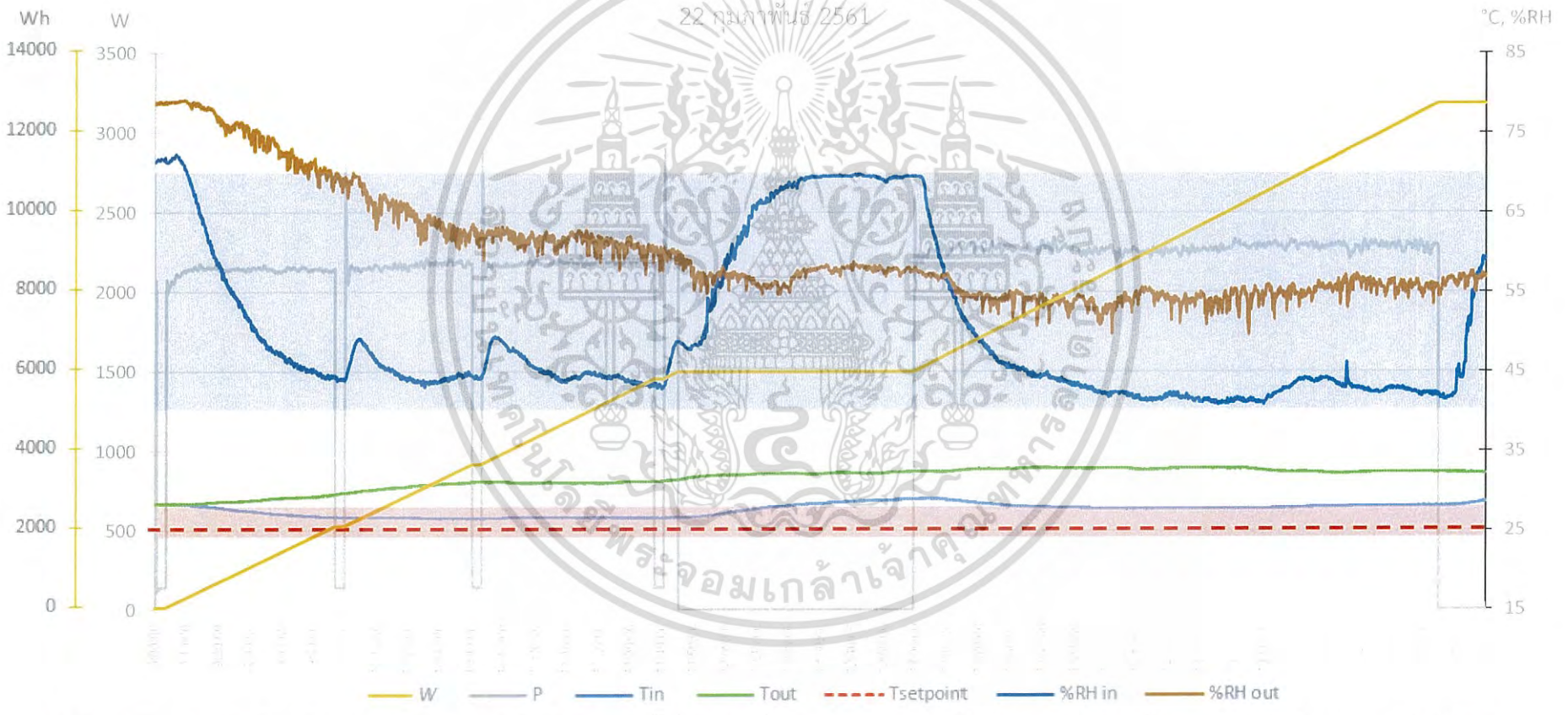
ผลการทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 16 มีนาคม 2561 แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 16 มีนาคม 2561

4.2.3 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 11.45 – 13.00 น. และ 15.45 น.

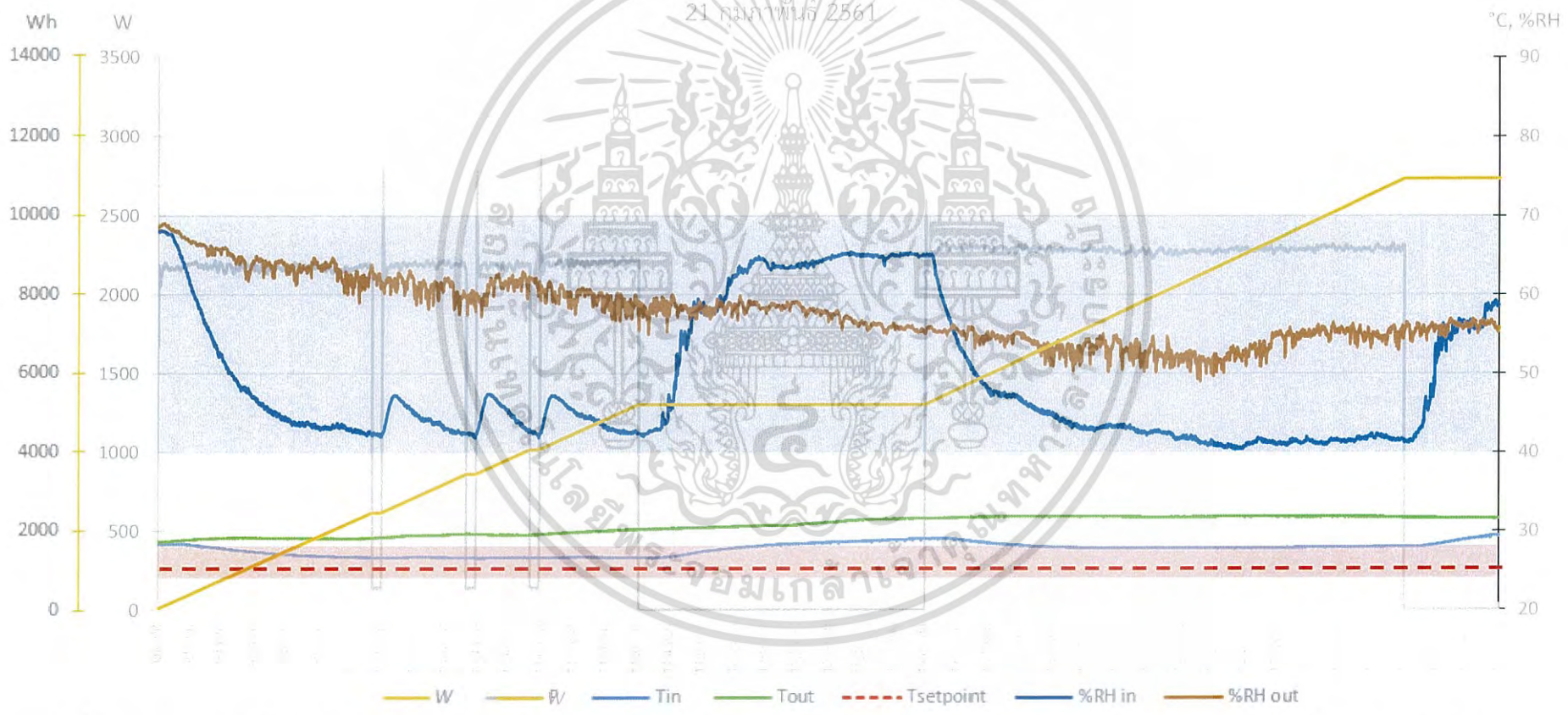
ผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561 แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561

4.2.4 ผลการทดลองมีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 11.30 – 13.00 น. และ 15.30 น.

ผลการทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561 แสดงดังรูปที่ 4.7



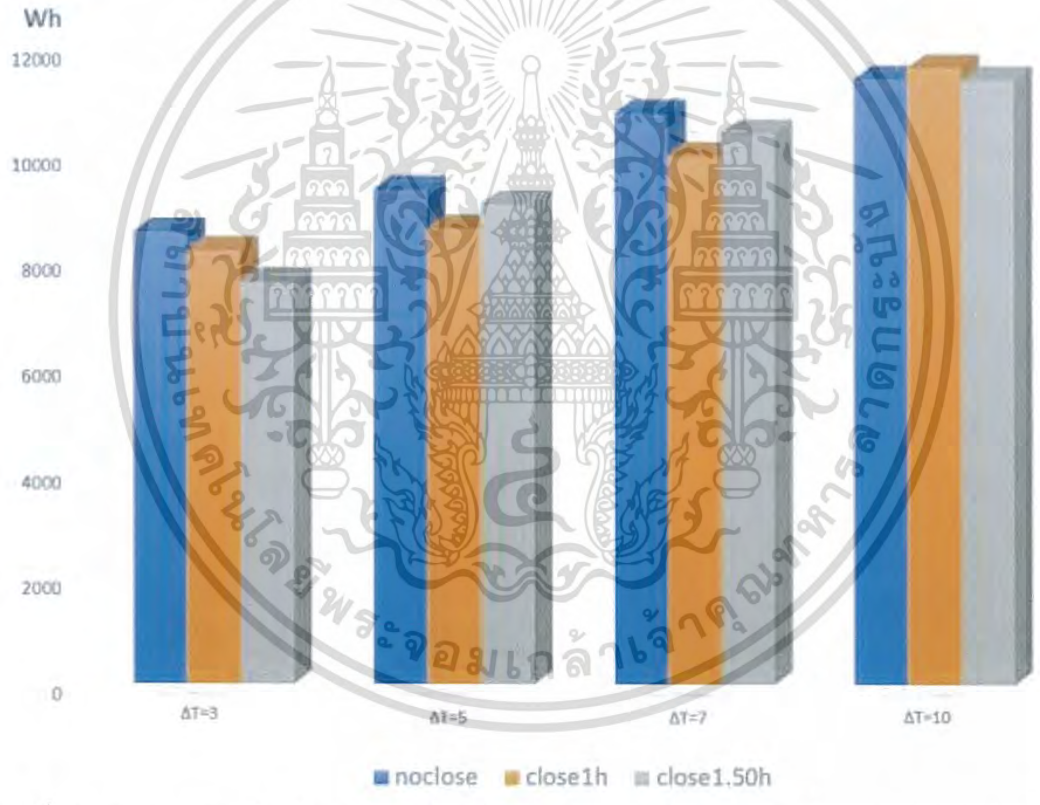
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561

4.3 ผลการคำนวณหาค่า OTTV, RTTV และ VENT โดยใช้ Genetic Algorithm

จากผลการ Simulink ใน MATLAB โดยใช้ Genetic Algorithm มาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้ OTTV = 69.0615 วัตต์ต่อตารางเมตร, RTTV = 15.5254 วัตต์ต่อตารางเมตร, VENT = 0.4608 ลิตรต่อวินาที

4.4 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของห้องทดลองในแต่ละกรณีที่ความต่างอุณหภูมิค่าต่างๆ

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าระยะเวลาในการปิดเครื่องปรับอากาศและความแตกต่างของอุณหภูมิส่งผลต่อค่าพลังงานอย่างมาก จึงได้คาดการณ์ค่าพลังงานเพื่อเพิ่มทางเลือกในการประหยัดพลังงาน จากการคาดการณ์พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิแปรผันตรงกับค่าพลังงาน แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การคาดการณ์พลังงานโดยแบ่งกรณีตามความแตกต่างของอุณภูมิและเปรียบเทียบพลังงานจากระยะเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศ

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานของห้องทดลองนั้นมาจากการเลือกช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิที่เห็นค่าพลังงานได้ชัดเจนมาเปรียบเทียบกันเพื่อง่ายต่อความเข้าใจและมีค่าเฉลี่ยตามความเป็นจริง โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะแบ่งเป็นกรณีย่อย คือ แบ่งเป็น 4 ชุดข้อมูล โดยมีส่วนประกอบ 3 กรณีย่อย แต่ละกรณีย่อยจะประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดช่วงเวลาตั้งแต่ 9.00-16.00 น.
- กรณีการปิดเครื่องปรับอากาศ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศทำงานตั้งแต่ 9.00-12.00 น. และ 13.00-16.00 น.
- กรณีการปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง ช่วงเวลาเครื่องปรับอากาศทำงาน ตั้งแต่ 9.00-11.45 น. และ 13.00-15.45 น.

จากรูปที่ 4.8 ชุดข้อมูลที่มีความแตกต่างอุณหภูมิที่ 0-3 องศาเซลเซียส จะแนะนำให้ใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบกรณีการปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง เนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อย การปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลานานจึงไม่เกิดผลกระทบต่ออุณหภูมิสบายของผู้ใช้อาคาร กลุ่มที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 3-7 องศาเซลเซียส จะแนะนำให้ใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบกรณีการปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพราะเสียค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดโดยไม่กระทบต่อผู้ใช้อาคาร ถึงแม้ว่ากรณีการปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง จะมีค่าพลังงานที่น้อยกว่าแต่การปิดเครื่องปรับอากาศเป็นเวลานานในช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิที่มากนั้นจะส่งผลกระทบผลต่อช่วงอุณหภูมิสบายของผู้ใช้อาคาร กลุ่มที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่ 7-10 องศาเซลเซียส จะแนะนำให้ใช้งานแบบกรณีการเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดช่วงเวลาทำการ

4.5 การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

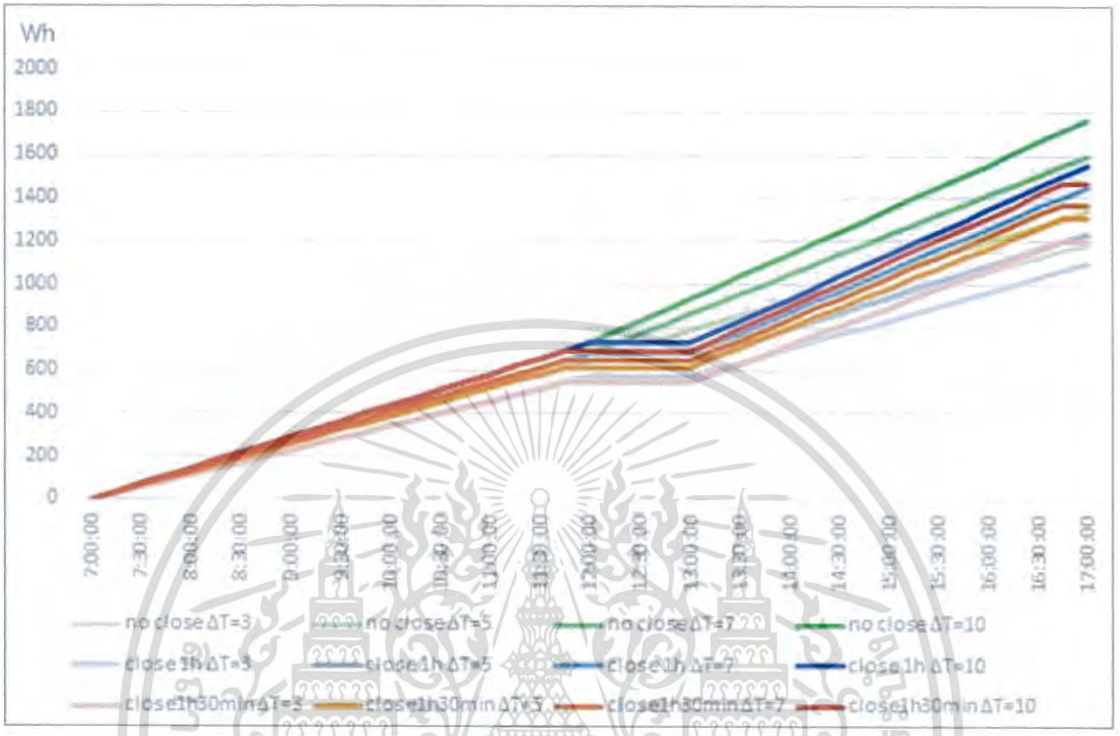
การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และค่าตัวแปรต่างๆ ที่ไม่ทราบค่า ดังนี้ OTTV, RTTV, VENT, และ COP สามารถคำนวณได้จากสมการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารโดยใช้สมการ Optimization และ Genetic algorithm มาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์และตัวแปรดังกล่าว การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 4.9 โดยแบ่งเส้นกราฟตามกรณีช่วงเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศและความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกของโรงเรียน รูปที่ 4.9 แสดงการคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

- กรณีที่ 1 ไม่มีมาตรการการประหยัดพลังงาน (เครื่องปรับอากาศเปิดตลอดเฉลี่ย 10 ชม./วัน)
- กรณีที่ 2 ถ้าใช้มาตรการการประหยัดพลังงาน โดยปิดเครื่องปรับอากาศช่วงพักกลางวันเป็นเวลา 1 ชม./วัน
- กรณีที่ 3 ถ้าใช้มาตรการการประหยัดพลังงาน โดยปิดเครื่องปรับอากาศช่วงกลางวัน และก่อนออกจากห้อง 15 นาที รวมเป็นเวลา 1.5 ชม./วัน

จากความสัมพันธ์ของค่าพลังงานและเวลาในการทำงานของเครื่องปรับอากาศพบว่าแต่ละกรณีมีค่าพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งแต่ละกรณีมีการคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าที่มีผลต่างอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน คือ ΔT=3, ΔT=5, ΔT=7 และ ΔT=10 มาตรการดังกล่าว ถ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้านำไปใช้จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ดังรูปที่ 4.9 ซึ่งสามารถคำนวณการประหยัดพลังงานอย่างละเอียดได้ในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.9 ค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าที่คำนวณได้จากสมการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร

4.6 ผลการคำนวณการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

มาตรการ : การลดการใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารโดยการควบคุมการเปิด-ปิด

มาตรการนี้เป็นการลดการใช้งานของเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่จำเป็น เช่น เวลาไม่มีคนอยู่หรือช่วงพักรับประทานอาหารกลางวัน ซึ่งบุคลากรหรือนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่อยู่ในห้อง มาตรการดังกล่าวสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทั้งยังไม่มีการการลงทุน

โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้ามีการใช้ระบบปรับอากาศ หลังจากเริ่มโครงการอนุรักษ์พลังงานได้มีการกำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยงระหว่าง 12.00-13.00 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โรงเรียนมีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมดจำนวน 80 เครื่อง และเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ทั้งหมดจำนวน 13 เครื่อง

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

โรงเรียนใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนบางส่วนตั้งแต่ 8.00-16.00 น. จำนวนทำงานเฉลี่ย 15 เครื่องต่อชั่วโมง ชั่วโมงทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องเรียน) และโรงเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนอีกบางส่วนตั้งแต่ 7.00-17.00 น. จำนวน 24 เครื่องต่อชั่วโมง ชั่วโมงทำงานเฉลี่ย 10 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องที่มีคนใช้งานประจำ)

โรงเรียนใช้เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์บางส่วนตั้งแต่ 8.00-16.00 น. จำนวนทำงานเฉลี่ย 2 เครื่องต่อชั่วโมง ชั่วโมงทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องเรียน) และโรงเรียนใช้เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์อีกบางส่วนตั้งแต่ 7.00-17.00 น. จำนวน 2 เครื่องต่อชั่วโมง ชั่วโมงทำงานเฉลี่ย 10 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องที่มีคนใช้ประจำ)

จากการตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดมีการใช้พลังงานแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดและการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดของ KMIDS

ลำดับที่	ชื่ออุปกรณ์หลัก	พิกัด		จำนวนใช้งานเฉลี่ย/วัน	ชั่วโมงใช้งานเฉลี่ย/วัน	พิกัดไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน)
		ขนาด	หน่วย				
1	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	56,000	บีทียู/ชั่วโมง	1	10	6,240	62.4
2	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	42,000	บีทียู/ชั่วโมง	1	10	4,400	44
3	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	24,225	บีทียู/ชั่วโมง	15	8	2,285	274.2
4	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	24,225	บีทียู/ชั่วโมง	22	10	2,285	502.7
5	เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	110,000	บีทียู/ชั่วโมง	2	8	19,000	304
6	เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	60,000	บีทียู/ชั่วโมง	2	10	5,000	100
รวม							1,287.3

<u>หลังปรับปรุง</u>

การดำเนินการได้ทันทีโดยการออกระเบียบให้มีการปิดเครื่องปรับอากาศทั้ง 17 เครื่องในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. รวมเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ 1 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องเรียน) และปิดเครื่องปรับอากาศทั้ง 26 เครื่อง ในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. รวมเวลาปิดเครื่องปรับอากาศ 1 ชั่วโมงต่อวัน (สำหรับห้องที่มีคนใช้ประจำ)

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องเรียนทั้ง 17 เครื่องใช้พลังงานรวม 72.275 กิโลวัตต์

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้องที่มีคนใช้ประจำทั้ง 26 เครื่องใช้พลังงานรวม 70.91 กิโลวัตต์

การกำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศทั้ง 43 เครื่องใช้พลังงานรวม 143.185 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ = (พลังไฟฟ้ารวมของเครื่อง) x (ชั่วโมงทำงานต่อวัน) x (เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่อง)

เปอร์เซ็นต์การทำงานของเครื่อง = 0.8 x (ข้อมูลจากการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ)

กรณีสำหรับห้องเรียน:

ชั่วโมงการหยุดทำงานของเครื่อง = 22 x 1

= 22 ชั่วโมง/เดือน

พลังงานไฟฟ้าใช้ของเครื่องปรับอากาศ = 72.275 กิโลวัตต์ x 22 ชั่วโมง/เดือน x 0.8

= 1,272.04 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

กรณีสำหรับห้องที่มีคนใช้ประจำ:

ชั่วโมงการหยุดทำงานของเครื่อง = 22 x 1

= 22 ชั่วโมง/เดือน

พลังงานไฟฟ้าใช้ของเครื่องปรับอากาศ = 70.91 กิโลวัตต์ x 22 ชั่วโมง/เดือน x 0.8

= 1,248.016 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้รวม = 2,520.056 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

ผลประหยัดต่อเดือน = 2,520.056 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน x 4.2097 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

= 10,608.679 บาท/เดือน

ความคุ้มค่าทางการลงทุน

เงินที่ประหยัดได้ = 10,608.679 บาท/เดือน

พลังงานที่ประหยัดได้ = 2,520.056 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

เงินลงทุน = - บาท

ระยะเวลาคืนทุน = - ปี

สรุปผลการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานจากเครื่องปรับอากาศที่คิดตามมาตรการการประหยัดพลังงานจะได้ผลการประหยัดพลังงานต่อเดือนได้ แสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 พลังงานที่ลดได้และจำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้หลังทำตามมาตรการ

มาตรการ	พลังงานที่ลดได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายการลงทุน (บาท)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ (บาท)	พลังงานที่ลดได้ต่อปี (%)	เป้าหมาย (%)
1.การควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ	2,520.056	-	10,608.679	7.35	5
รวม	2,520.056	-	10,608.679	7.35	5

หมายเหตุ : วันทำงานเฉลี่ยต่อเดือน 22 วัน

ค่าไฟหน่วยละ 4.2097 บาท/หน่วย

4.7 สรุป

การทดลองระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยผลการทดลองในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 4 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 กำหนดให้ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ กรณีที่ 2 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 12.00 – 13.00 น. กรณีที่ 3 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.45 – 13.00 น. และ 15.45 น. และกรณีที่ 4 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.30 – 13.00 น. และ 15.30 น. จากการทดลองที่กำหนดให้ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการจะพบว่าเมื่อเครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานค่าของกำลังไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับความชื้นภายในคือช่วงเวลาที่คอนเดนเซอร์หยุดการทำงานทำให้ความชื้นภายในเพิ่มมากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิภายในมากขึ้นเกินกว่าอุณหภูมิ set point คอนเดนเซอร์จะกลับมาทำงานอีกครั้งทำให้ความชื้นภายในลดลงและเพื่อควบคุมอุณภูมิภายในให้คงเดิม ต่อมาเป็นผลการทดลองที่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 12.00 – 13.00 น. พบว่าอุณภูมิภายในเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียสทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานของคอนเดนเซอร์ในช่วงบ่ายมีเวลานานขึ้น และในกรณีการทดลองที่ปิดเครื่องปรับอากาศนานขึ้นระยะเวลาการทำงานของคอนเดนเซอร์ก็เพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความชื้นและอุณหภูมิภายในไม่อยู่ในสภาวะ comfort zone จึงได้เลือกระยะเวลาการปิดที่เหมาะสมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีการควบคุมการถ่ายเทความร้อนภายในห้อง

จากผลการจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการหาค่าพลังงานรวมของอาคารโดยจำลองห้องจากอาคารของคณะวิศวกรรมไฟฟ้าสามารถหาค่าของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อค่าพลังงานรวมจากผลการทดลองทั้งหมดได้ 3 ตัวแปร คือ OTTV, RTTV และ VENT ทำให้อาคารที่ต้องการจะออกแบบเพื่อนลดการใช้พลังงานภายในอาคาร ได้มีทางเลือกในการปรับปรุงและแก้ไขระบบปรับอากาศรวมถึงระบบกรอบอาคารด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า เป็นโรงเรียนนานาชาติสายวิทยาศาสตร์แห่งแรกที่เน้นการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ภายใต้สังกัดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันเปิดการเรียนการสอน Grade 7 และ Grade 10 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 120 คน บุคลากรภายใน 30 คน รวมบุคลากรทั้งหมด 150 คน อาคารเรียนตั้งอยู่เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ มีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดรวม 7,532 ตารางเมตร

ในปี 2560 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-พฤศจิกายนมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมด 113,776 กิโลวัตต์ชั่วโมง เฉลี่ยประมาณ 28,444 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีการรับนักเรียนและบุคลากรเพิ่มขึ้นในปี 2561

การจัดการพลังงานโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าแบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้

1. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้าในอาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าได้ติดตั้งหลอดไฟฟ้าหลายชนิดด้วยกัน ทั้งหลอดแอลอีดี 18 วัตต์ และหลอดแอลอีดี 25 วัตต์ โดยมีการเปิดใช้งานในช่วงเวลา 7:00-17:00 น. เปิดใช้งานทั้งหมดประมาณ 30% ของจำนวนหลอดไฟทั้งหมด มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมประมาณ 241.24 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีมาตรการการจัดการพลังงาน คือ มาตรการการจัดทำตารางการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า

2. ระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศในอาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ จำนวน 13 เครื่อง และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จำนวน 80 เครื่อง โดยมีการเปิดใช้งานช่วงเวลา 7:00-17:00 น. เปิดใช้งานทั้งหมดประมาณ 47% ของจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมประมาณ 1,287.3 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมีมาตรการการจัดการพลังงาน คือ มาตรการการควบคุมการเปิด-ปิด ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์และทดลองสำหรับอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

การทดลองเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่กำหนด โดยมีกรณีการทดลองทั้งหมด 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 กำหนดให้ไม่มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 12.00 – 13.00 น.

กรณีที่ 3 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.45 – 13.00 น. และ 15.45 น.

กรณีที่ 4 กำหนดให้มีการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เวลา 11.30 – 13.00 น. และ 15.30 น.

ซึ่งแต่ละกรณีจะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ไม่เท่ากันและอุณหภูมิที่แตกต่างกันในกรณีเดียวกันก็ส่งผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย เนื่องจากการทดลองนั้นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายนอกได้จึงทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้งจึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า หากช่วงอุณหภูมิภายในและภายนอกต่างกัน 0-3 องศาเซลเซียสนั้น แนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 3 หรือ 4 หากช่วงอุณหภูมิภายในภายนอกนั้นต่างกัน 3-7 องศาเซลเซียสนั้น แนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 2 และหากช่วงอุณหภูมิภายในภายนอกนั้นต่างกัน 7-10 องศาเซลเซียสนั้น แนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 1 หากทำตามกรณีทดลองนี้จะทำให้สูญเสียค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดโดยไม่กระทบถึงสภาวะสบายของผู้ใช้งานในอาคาร

5.1.2 สรุปมาตรการลดการใช้พลังงานสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

จากผลการวิเคราะห์และทดลองสามารถนำมาเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าได้ โดยมีการกำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยงระหว่าง 12.00-13.00 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

สรุปผลได้ดังนี้

ระยะเวลาดำเนินการ		สามารถดำเนินการได้ทันที
เงินลงทุน	ไม่มี	เนื่องจากเป็นการดัดแปลงอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว
ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	2,520.056	kWh/เดือน
ผลประหยัดที่ได้	10,608.679	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี (ไม่ได้ลงทุน)

เมื่อดำเนินการตามมาตรการดังกล่าว จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ เท่ากับ 7.35% คิดเป็นหน่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 2,520.056 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และเป็นเงินทั้งสิ้น 10,608.679 บาทต่อเดือน ดังนั้นหากดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวและให้สอดคล้องกับที่ทางคณะผู้จัดการพลังงานกำหนดที่ให้อาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงไม่ต่ำกว่า 5% และจากข้อมูลที่ได้ดำเนินการพบว่าค่าเฉลี่ยในช่วงเริ่มดำเนินการตามมาตรการ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงเท่ากับ 7.35% ซึ่งมากกว่าขั้นต่ำที่ทางคณะผู้จัดการพลังงานกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและปัญหาที่พบ

จากการดำเนินการทดลองตลอดโครงการวิจัย มีข้อเสนอแนะและปัญหาดังนี้

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

2. ปัญหาด้านสภาพอากาศนั้นเป็นสิ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานอย่างมาก เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ และเมื่ออุณหภูมิภายนอกมีค่าสูงจะทำให้การใช้พลังงานมีค่าสูงมากกว่าอุณหภูมิภายนอกต่ำ เพราะเครื่องปรับอากาศจะทำงานหนักขึ้นในการลดอุณหภูมิภายในให้อยู่สภาวะสบาย

5.3 แนวทางการพัฒนา

โครงงานนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการนำเสนอมาตรการการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า ซึ่งการประหยัดพลังงานนั้นยังมีหลายวิธีที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ เช่น การนำเทคโนโลยีต่างๆ มาช่วยในการควบคุมการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานตั้งแต่โครงสร้างอาคาร และออกแบบระบบภายในอาคารเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานในรูปแบบต่างๆ นั้นจะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น

เนื่องจากโครงงานนี้ ได้ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของแต่ละห้องมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และเห็นว่าควรใช้แบบจำลอง RC model เพื่อเป็นแนวคิดในการพัฒนาต่อไป ซึ่งได้แนวคิดมาจากการคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ

5.3.1 การคำนวณปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ

เมื่อเครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานจะนำความร้อนออกจากห้องทดลองเพื่อลดอุณหภูมิภายในห้องลงจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนอุณหภูมิสามารถคำนวณได้จากสมการ 5.1

$$Q = msΔT \tag{5.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการลดหรือเพิ่มอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น กิโลจูล

m = มวลของอากาศภายในห้อง มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

s = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่อุณหภูมิต่างๆ มีหน่วยเป็น กิโลจูลต่อกิโลกรัมเคลวิน (อ่านค่าจากตารางที่ 5.1 Table A-17 Ideal-gas properties of air)[9]

ΔT = อุณหูมิที่เปลี่ยนแปลง มีหน่วยเป็นเคลวิน

ตารางที่ 5.1 A-17 Ideal-gas properties of air

TABLE A–17

Ideal gas properties of air

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1040	1091.85	133.3	793.36	23.29	3.01260
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1180	1254.34	222.2	916.57	15.241	3.15916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1200	1277.79	238.0	933.33	14.470	3.17888
550	555.74	11.86	396.86	133.1	2.31809	1220	1301.31	254.7	951.09	13.747	3.19834
560	565.17	12.66	404.42	127.0	2.33685	1240	1324.93	272.3	968.95	13.069	3.21751
570	575.59	13.50	411.97	121.2	2.35531						

TABLE A–17

Ideal gas properties of air (*Concluded*)

T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K	T K	h kJ/kg	P_r	u kJ/kg	v_r	s° kJ/kg · K
1260	1348.55	290.8	986.90	12.435	3.23638	1600	1757.57	791.2	1298.30	5.804	3.52364
1280	1372.24	310.4	1004.76	11.835	3.25510	1620	1782.00	834.1	1316.96	5.574	3.53879
1300	1395.97	330.9	1022.82	11.275	3.27345	1640	1806.46	878.9	1335.72	5.355	3.55381
1320	1419.76	352.5	1040.88	10.747	3.29160	1660	1830.96	925.6	1354.48	5.147	3.56867
1340	1443.60	375.3	1058.94	10.247	3.30959	1680	1855.50	974.2	1373.24	4.949	3.58335
1360	1467.49	399.1	1077.10	9.780	3.32724	1700	1880.1	1025	1392.7	4.761	3.5979
1380	1491.44	424.2	1095.26	9.337	3.34474	1750	1941.6	1161	1439.8	4.328	3.6336
1400	1515.42	450.5	1113.52	8.919	3.36200	1800	2003.3	1310	1487.2	3.994	3.6684
1420	1539.44	478.0	1131.77	8.526	3.37901	1850	2065.3	1475	1534.9	3.601	3.7023
1440	1563.51	506.9	1150.13	8.153	3.39586	1900	2127.4	1655	1582.6	3.295	3.7354
1460	1587.63	537.1	1168.49	7.801	3.41247	1950	2189.7	1852	1630.6	3.022	3.7677
1480	1611.79	568.8	1186.95	7.468	3.42892	2000	2252.1	2068	1678.7	2.776	3.7994
1500	1635.97	601.9	1205.41	7.152	3.44516	2050	2314.6	2303	1726.8	2.555	3.8303
1520	1660.23	636.5	1223.87	6.854	3.46120	2100	2377.7	2559	1775.3	2.356	3.8605
1540	1684.51	672.8	1242.43	6.569	3.47712	2150	2440.3	2837	1823.8	2.175	3.8901
1560	1708.82	710.5	1260.99	6.301	3.49276	2200	2503.2	3138	1872.4	2.012	3.9191
1580	1733.17	750.0	1279.65	6.046	3.50829	2250	2566.4	3464	1921.3	1.864	3.9474

Note: The properties P_r (relative pressure) and v_r (relative specific volume) are dimensionless quantities used in the analysis of isentropic processes, and should not be confused with the properties pressure and specific volume.

Source: Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1983), pp. 785–86, Table A-5. Originally published in J. H. Keenan and J. Kaye, *Gas Tables* (New York: John Wiley & Sons, 1948).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่ใช้ในการนำความร้อนออกจากห้องทดลองโดยใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 26,100 บีทียูต่อชั่วโมง โดยไม่คำนึงถึงปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้งานไฟฟ้าส่องสว่าง การใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ คน การระบายอากาศและปริมาณความร้อนจากภายนอกที่เข้ามา สามารถคำนวณได้จากสมการ 5.2

$$t \begin{cases} \left| T_{start} - T_{setpoint} \right| \times \left(35.45 \right) + t_{pre} & ; \text{เครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานถึงระดับ Set point} \\ \left| T_{start} - T_{max} \right| \times \left(35.45 \right) + t_{pre} & ; \text{อุณหภูมิภายในถึงระดับ Set point} \end{cases} \quad (5.2)$$

โดยที่

t = เวลาปัจจุบัน

t_{pre} = เวลาเริ่มต้น

T_{start} = อุณหภูมิเริ่มต้น

$T_{setpoint}$ = อุณหภูมิที่ต้องการ

T_{max} = อุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้เครื่องปรับอากาศกลับมาทำงาน

35.45 = ค่าคงที่ของเวลาที่ทำให้อุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส

จากการคำนวณจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องกับเวลาดังรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ช่วงที่ 1</u> อุณหภูมิจาก 30 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส เป็นไปตามเงื่อนไข เมื่อเครื่องปรับอากาศเริ่มทำงานโดยมีสมการ $t = \left| T_{start} - T_{setpoint} \right| \times (35.45) + t_{pre}$ แทนค่าสมการ โดย T_{start} = 30, $T_{setpoint}$ = 25 และ t_{pre} = 0

จะได้ t = |30-25| × 35.45 + 0

t = 177.25 s

<u>ช่วงที่ 2</u> อุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 26 องศาเซลเซียส เป็นไปตามเงื่อนไข เมื่ออุณหภูมิภายในถึงระดับ Set-point โดยมีสมการ $t = \left| T_{start} - T_{max} \right| \times (35.45) + t_{pre}$ แทนค่าสมการ โดย T_{start} = 25, T_{max} = 26 และ t_{pre} = 177.25 s

จะได้ t = |25-26| × 35.45 + 177.25

t = 212.7 s

<u>ช่วงที่ 3</u> อุณหภูมิจาก 26 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส เป็นไปตามเงื่อนไข เมื่อเครื่องปรับอากาศเริ่มทำงาน โดยมีสมการ $t = \left| T_{start} - T_{setpoint} \right| \times (35.45) + t_{pre}$ แทนค่าสมการ โดย T_{start} = 26, $T_{setpoint}$ = 25 และ t_{pre} = 212.7 s

จะได้ t = |26-25| × 35.45 + 212.7

t = 248.15 s

<u>ช่วงที่ 4</u> อุณหภูมิจาก 25 องศาเซลเซียส ถึง 26 องศาเซลเซียส เป็นไปตามเงื่อนไข เมื่ออุณหภูมิภายในถึงระดับ Set-point โดยมีสมการ $t = \left| T_{start} - T_{max} \right| \times (35.45) + t_{pre}$ แทนค่าสมการ โดย T_{start} = 25, T_{max} = 26 และ t_{pre} = 248.15 s

จะได้ t = |25-26| × 35.45 + 248.15

t = 283.6 s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 แบบจำลอง Resistance-Capacitance (RC model)

การใช้แบบจำลอง RC เป็นการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อระบบการถ่ายเทความร้อนของห้อง และเป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของห้อง สมการทั่วไปของความร้อนสำหรับอุณหภูมิห้อง[10] แสดงดังสมการที่ 5.3

$$\dot{Q}_c + \dot{Q}_h = C_r \frac{dT_{in}}{dt} \tag{5.3}$$

โดยที่

C_r = ความจุความร้อนที่อุณหภูมิห้อง มีหน่วยเป็น จูลต่อเซลเซียส

T_{in} = อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง มีหน่วยเป็น เซลเซียส

t = เวลา มีหน่วยเป็น วินาที

$\dot{Q}_c$ = พลังงานความเย็นที่มาจากระบบทำความเย็น มีหน่วยเป็น วัตต์

$\dot{Q}_h$ = พลังงานความร้อนจากห้อง มีหน่วยเป็น วัตต์

โดยทั่วไปการได้รับความร้อนอาจประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

- ความร้อนโดยตรง: อุปกรณ์ไฟฟ้า, มนุษย์, หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ฯลฯ
- ความร้อนจากภายนอก: การถ่ายเทความร้อนของผนังและหลังคา
- ความร้อนจากการระบายอากาศ: การแทรกซึม/การรั่วซึมของอากาศในห้อง
- ความร้อนจากแสงอาทิตย์: การแผ่รังสีดวงอาทิตย์

สมการพลังงานความร้อนรวมของห้อง แสดงดังสมการที่ 5.4

$$Q_h = Q_{wall} + Q_{roof} + Q_{person} + Q_{ligth} + Q_{equipment} \tag{5.4}$$

โดยที่

Q_{wall} = พลังงานความร้อนจากผนัง มีหน่วยเป็น วัตต์

Q_{roof} = พลังงานความร้อนจากหลังคา มีหน่วยเป็น วัตต์

Q_{person} = พลังงานความร้อนจากคน มีหน่วยเป็น วัตต์

Q_{ligth} = พลังงานความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็น วัตต์

$Q_{equipment}$ = พลังงานความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์

และสมการพลังงานความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนของผนัง แสดงดังสมการที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{wall} = UA\Delta T \tag{5.5}$$

โดยที่

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

A = พื้นที่รวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นตารางเมตร

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอก มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

เมื่อนำสมการพลังงานความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนของผนังมาเขียนให้อยู่ในรูปความต้านทานความร้อน แสดงดังสมการที่ 5.6

$$Q_{wall} = \frac{(T_{out} - T_{in})}{R_{wall}} \tag{5.6}$$

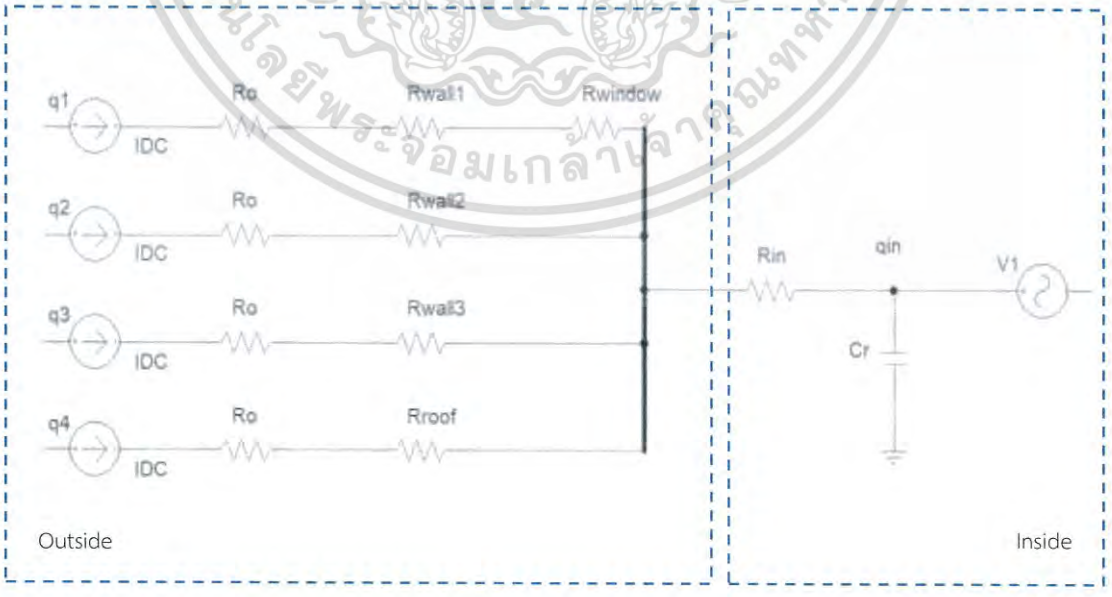
โดยที่

T_{out} = อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกห้อง มีหน่วยเป็น เซลเซียส

T_{in} = อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง มีหน่วยเป็น เซลเซียส

R_{wall} = ความต้านทานความร้อนของผนัง มีหน่วยเป็น โอห์ม

การจำลองการถ่ายเทความร้อนของห้องโดยใช้แบบจำลอง RC สามารถจำลองเป็นวงจรไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 5.2



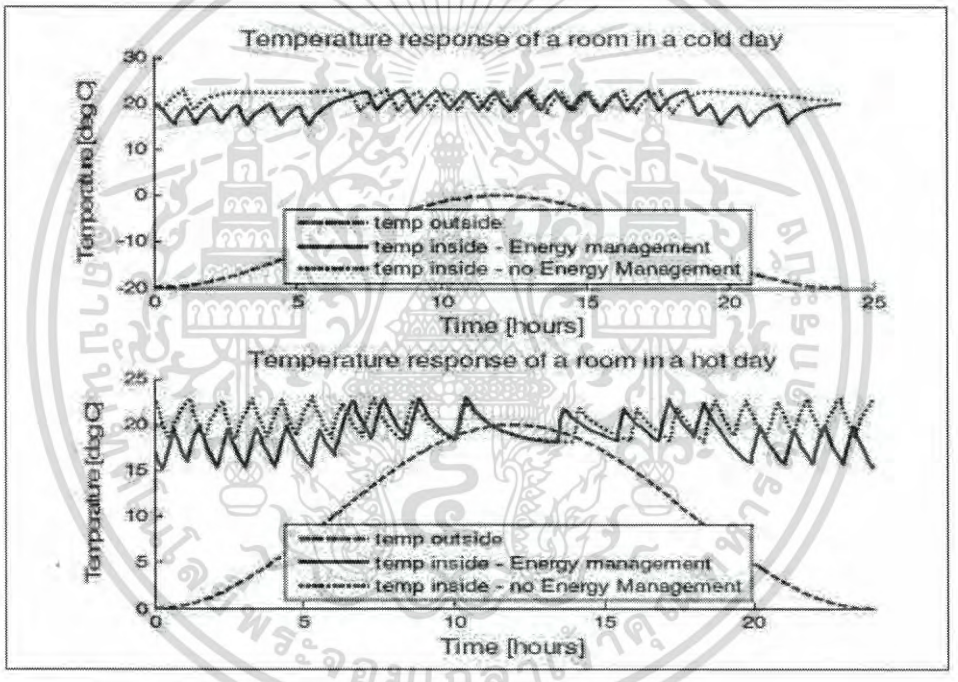
รูปที่ 5.2 แบบจำลองวงไฟฟ้า RC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในห้องกับอุณหภูมิภายนอก (ΔT) จะเทียบเท่ากับแรงดันไฟฟ้า (V) พลังงานความร้อนจากห้อง ($\dot{Q}_h$) จะเทียบเท่ากับกระแส (I) ความต้านทานความร้อนของผนัง (R_{wall}) จะเทียบเท่ากับความต้านทานความร้อน(R) และความจุความร้อน (C_r) เทียบเท่ากับความจุไฟฟ้า (C) เมื่อต้องการทราบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของห้องหรืออุณหภูมิภายในห้อง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5.7

$$\frac{dT_{in}}{dt} = \frac{1}{C_r}(Q_c + Q_h) \tag{5.7}$$

จากสมการดังกล่าว สามารถแสดงผลจากการคำนวณใน MATLAB ได้ดังรูปที่ 5.3 [11] ซึ่งผู้จัดทำได้นำแนวคิดจากเอกสารดังกล่าวเป็นการอ้างอิงสมการ



รูปที่ 5.3 Temperature response of a room in a cold day and in a hot day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] คมสัน เกตุภูงา, "การจัดการพลังงานในอาคารสถานีรถไฟฟ้ามักกะสัน," **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต**, ภาควิชาการจัดการงานวิศวกรรม, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 2557.

[2] สุมล แซ่เฮง พิสิษฐ์สังฆการ, "ระบบการจัดการด้านพลังงาน (ISO 50001) และ กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย (Energy Management System (ISO 50001) and Thai Law on Energy Conservation Promotion)," **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)**, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 85-96.

[3] พิศัลย์ จั่นมุกดา, "ผลของการปรับขนาดและมุมบิดพัดลมในชุดคอนเดนซิ่งต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน," **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.

[4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษพลังงาน, **คูมือประกอบการฝกอบรมหลักสูตร "พัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติดานเทคโนโลยีการอนุรักษพลังงานในระบบปรับอากาศ"**, กรุงเทพ, กระทรวงพลังงาน, 2551.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษพลังงาน, **ตำราฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสภาคทฤษฎี (ไฟฟ้า)"**, กรุงเทพ, กระทรวงพลังงาน, 2554.

[6] กระทรวงพลังงาน, "หมวด ๕ การคำนวณการใชพลังงานโดยรวมของอาคาร", ราชกิจจานุเบกษา, เลม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๒๒ ง, ๒๕๕๒, หน้าที่ ๕๔-๕๖.

[7] วินัย สิทธินันท์เจริญ, "การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงสำหรับตู้อบไมโครเวฟให้มีราคาต่ำโดยใช้จีเนติกอัลกอรึธึม", **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

[8] CHAUVIN ARNOUX GROUP, **User's Manual Energy analyzer C.A.8335**.

[9] Yunus A. Çengel and Michael A. Boles, **Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th edition**, McGraw-Hill College, Boston, MA, 2006.

[10] Mohammad Ali Fayazbakhsh, **Energy - Smart Calculation of Thermal Loads in Mobile and Stationary Heating, Ventilation, Air Conditioning, and Refrigeration Systems**, School of Mechatronic Systems Engineering, Faculty of Applied Sciences, 2015.

[11] L.A. Hurtado, P.H. Nguyen, and W.L. Kling, **Building Energy Management Systems Optimization of Comfort and Energy Use**, Department of Electrical Engineering Eindhoven University of Technology Eindhoven, the Netherlands.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
บทความทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงานภายในอาคารสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

Building energy management for King Mongkut's International Demonstration School

นายชญานิน ชยวัฑโฒ*, นางสาวชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์*, นางสาวช่อผกา มะณีจักร*, นางสาวศศิประภา ปินคำ*,
ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์**, ดร.วรุตม์ สูอำพัน**

* ภาควิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
** ภาควิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอการจัดการพลังงานภายในโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า เพื่อช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และทำการทดลองหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศระหว่างเวลาเปิดทำการ โดยทำการทดลองที่ห้องทดลองเดิมในทุกกรณีกล่าวคือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากระบบกรอบอาคารและประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทำการทดลองมีค่าคงที่ การทดลองหาค่าพลังงานจากห้องจำลองสามารถคำนวณผลโดยใช้สมการหาค่าพลังงานรวมของอาคารและผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันจากผลการทดลองและการคำนวณพบว่าระยะเวลาหนึ่งชั่วโมงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากกรณีที่มีระยะเวลาในการปิดนานเกินกว่า 1ชั่วโมง ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักในช่วงบ่าย และส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในห้องทดลองสูงเกินกว่า 28 องศาเซลเซียส และ 70%RH ตามลำดับ โดยเมื่อนำผลการทดลองมาประยุกต์ใช้กับมาตรการประหยัดพลังงานของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า และนำ Optimization มาช่วยในการหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการการหาค่าพลังงานรวมของอาคารคาดว่าสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 2,520.056 วัตต์ชั่วโมง คิดเป็น 7.35% เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานในปีที่ผ่านมา

Abstract

This thesis presents about an energy management for King Mongkut's International Demonstration School (KMIDS) to improve energy efficiency and decrease energy consumption. This thesis investigate about the factors. Do an experiment to find the appropriate period to activate the air conditioning during opening office hours. The experiment was evaluated at the same area in all cases, ie, the total heat transfer from the area and the efficiency of the air conditioner was constant. The experimental results found that the appropriate period to turn off the air conditioning is one hour. In case of closed period longer than one hour cause the air conditioner to work harder in the afternoon. Effect of temperature and humidity in the model room too high 28 degree Celsius and 70%RH respectively. It also has simulate the mathematical model for calculate of all energy consumption in the building, the parameters and variables can be accurately calculated by using optimization to help determine the optimal value. The expected result will be decrease energy consumption 2,520.056 Watt-hour that is 7.35% compared to last year's.

Keyword: building energy management, school, genetic algorithms, optimization methods, air condition system.

1. บทนำ

โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าต้องการมีการดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการพลังงาน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารสามารถแบ่งได้เป็นระบบต่างๆ ได้ เช่น ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ เป็นต้น เมื่อทำการประมาณอัตราการใช้พลังงานภายในอาคารพบว่าระบบปรับอากาศนั้นมีการใช้พลังงานมากถึง 60-80% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ จากข้อมูลดังกล่าวทำให้การศึกษาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศจึงมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยปัจจัยที่สำคัญคืออุณหภูมิและความชื้น

บทความนี้นำเสนอวิธีในการประหยัดพลังงานในเรื่องของช่วงเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศที่สามารถประหยัดพลังงานและส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานน้อยที่สุด โดยมีภาวะสบายเป็นตัวกำหนดความพอใจของผู้ใช้งาน ภาวะสบายดังกล่าวมีส่วนประกอบ คืออุณหภูมิ, ความชื้นในอากาศ, การถ่ายเทของอุณหภูมิ, การหมุนเวียนของอากาศ, ความสะอาดของอากาศ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นและความสดชื่น, ระดับเสียงในห้องและในการทดลองนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการอนุรักษ์พลังงานคือ อุณหภูมิ ความชื้น และเวลาในการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เป้าหมายของโครงงาน โครงงานนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาในการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศและปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน โดยทำการทดลองและจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อนำมาวิเคราะห์และจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานภายในหนึ่งปีเท่ากับ 5% เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานในปีล่าสุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบปรับอากาศ

การออกแบบปรับอากาศและระบบการควบคุมที่ดีทำให้สามารถประหยัดพลังงาน โดยการออกแบบระบบปรับอากาศมีข้อควรคำนึง 3 ประการ คือ การออกแบบเพื่อความสุขสบาย (Comfort) ของผู้ใช้สอยอาคาร เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ (IAQ : Indoor Air Quality) และเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) [1]

2.1.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะมีหลักการทำงานพื้นฐานคล้ายกัน คือจะมองการใช้ในรูปวัฏจักรการทำความเย็นแบบวงจรอัดไอ โดยมีสารทำความเย็นที่มีหน้าที่ดูดความร้อนและคลายความร้อนจากอากาศหรือไอน้ำให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ

ระบบปรับอากาศจะถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้อยู่ในช่วงสบายของผู้ใช้งาน หรือเรียกช่วงนั้นว่า Comfort Zone คืออุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20%-75%RH

2.1.2 สมรรถนะการทำความเย็น

ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแสดงในรูปของค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของปริมาณความเย็นที่ทำได้ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ระบบใช้ โดยหาได้จากสมการ 1

$$COP = \frac{Q_L}{E_{comp}} \qquad (1)$$

โดย Q_L เป็นอัตราการทำความเย็นและ E_{comp} เป็นความต้องการไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ และในทางปฏิบัติสมรรถนะของระบบปรับอากาศยังสามารถแสดงได้ในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ 2

$$EER = 3.145 \times COP \qquad (2)$$

โดย COP เป็นสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ และ BTU (British Thermal Unit) เป็นขนาดทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยดังนี้ 1 ตันความเย็น เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง

2.2 การคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 [2]

$$E = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{A_w(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_R(RTTV_i)}{COP_i} + A_i \left[\frac{C_l\left(LPD_i + C_e(EQD_i) + 130C_v(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i)\right)}{COP_i} \right] \right] n_h + \sum_{i=1}^{n} A_i(LPD_i + EQD_i) n_h \qquad (3)$$

โดย LPD เป็นกำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่, EQD เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ต่อหน่วยพื้นที่, $OCCU$ เป็นความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่, $VENT$ เป็นอัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่, A เป็นพื้นที่ส่วนปรับอากาศ, $OTTV$ เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก, $RTTV$ เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา, A_w เป็นพื้นที่ของผนัง, A_r เป็นพื้นที่ของหลังคา, c_o, c_l, c_e, c_v เป็นสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากผู้ใช้อาคาร ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และการระบายอากาศ, n_h เป็นจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

2.3 การประยุกต์จีเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

จีเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GAs) เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือก สตริง (String) ที่มีความเหมาะสมของกลุ่มสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม จากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่าน กระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือ คำตอบที่ดีที่สุดหรือ ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด GAs ไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในรูปอดีตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่โดยการคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นพบจะดีขึ้น การทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึมเป็นไปดังรูปที่ 1

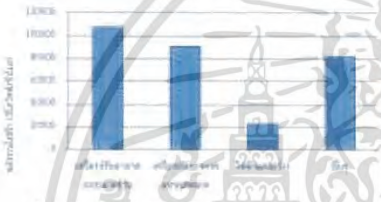
3. การออกแบบการทดลอง

จากการสำรวจอุปกรณ์ภายในโรงเรียนพบว่าระบบปรับอากาศมีอัตราการใช้พลังงานมากที่สุดดังรูปที่ 2 ทำให้มาตรการที่นำมาใช้กับโรงเรียนเป็นการควบคุมการเปิด-ปิด ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นการลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดยการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็น

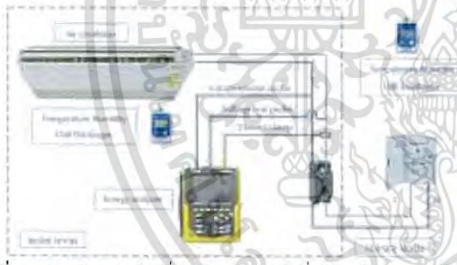
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของ GA[3]

และกำหนดให้ปิดการใช้งานเครื่องปรับอากาศในเวลา 12.00-13.00 น. เพื่อลดพลังงานจากการใช้งาน โดยมีการทดลองจากห้องทดลองจำลองห้องเรียน และมีแผนผังการต่อวงจรเพื่อการทดลองดังรูปที่ 3



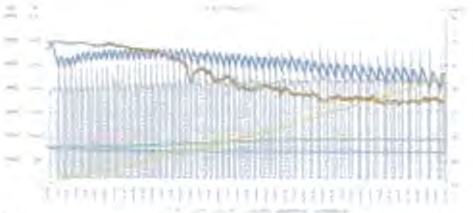
รูปที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์หลัก



รูปที่ 3 แผนผังการต่อเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4. การทดลองและผลการทดลอง

เครื่องปรับอากาศทั่วไปจะทำงานเต็มพิกัดในช่วงเริ่มเปิดทำงานเพื่อลดอุณหภูมิห้องลงให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เมื่ออุณหภูมิห้องได้ตามค่าที่ตั้งไว้เครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยการทำงานของคอมเพรสเซอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัทที่จะสั่งให้คอมเพรสเซอร์ตัดหรือต่อการทำงาน และการเริ่มต้นการทำงานของคอมเพรสเซอร์ในแต่ละครั้งจะใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมาก ในช่วงเวลาระหว่างวันหากมีการปิดเครื่องปรับอากาศจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศคอมเพรสเซอร์จะทำงานเต็มที่เพื่อลดอุณหภูมิห้องให้ได้ตามค่าที่ตั้งไว้ แสดงการตัดหรือต่อการทำงานดังรูปที่ 4 ซึ่งเกิดจากการทดลองภายในห้องทดลอง ในการทดลองจะแบ่งผลการทดลองออกเป็น 4 กรณี ดังรูปที่ 5 โดยมีช่วงของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในวันที่ทำการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 ช่วงของอุณหภูมิดังกล่าวส่งผลต่อความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องทดลอง



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า อุณหภูมิภายใน อุณหภูมิภายนอก ความชื้นภายในและความชื้นภายนอก

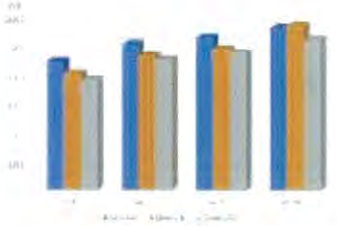
รูปที่ 5 ระยะเวลาการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศทั้ง 4 กรณี

ตารางที่ 1 ช่วงของอุณภูมิในวันที่ทำการทดลอง

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	กรณีที่ใช้ทำการทดลอง
8/2/2561	29.2	24.9	กรณีที่ 1
13/2/2561	30.2	25.8	กรณีที่ 1
14/2/2561	30.2	25.3	กรณีที่ 2
21/2/2561	32.0	27.0	กรณีที่ 4
22/2/2561	32.9	28.2	กรณีที่ 3
16/3/2561	32.8	27.7	กรณีที่ 2

4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของห้องทดลองในแต่ละกรณีที่ความต่างอุณหภูมิค่าต่างๆ

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าระยะเวลาในการปิดเครื่องปรับอากาศและความแตกต่างของอุณหภูมิส่งผลต่อค่าพลังงานอย่างมาก จึงได้คาดการณ์ค่าพลังงานเพื่อเพิ่มทางเลือกในการประหยัดพลังงาน จากการคาดการณ์พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิแปรผันตรงกับค่าพลังงาน แสดงได้จากรูปที่ 5

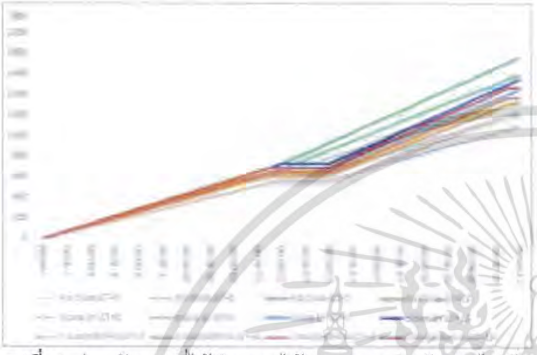


รูปที่ 5 การคาดการณ์พลังงานโดยแบ่งกรณีตามความแตกต่างของอุณหภูมิและระยะเวลาการปิดเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากโปรแกรม MATLAB/Simulink โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์และค่าตัวแปรต่างๆ ที่ไม่ทราบค่า ดังนี้ OTTV, RTTV, VENT, และ COP สามารถคำนวณได้จากสมการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารโดยใช้สมการ Optimization และ Genetic algorithm มาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์และตัวแปรดังกล่าว การคาดการณ์พลังงานไฟฟ้าแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ค่าพลังงานที่ได้คำนวณได้จากสมการพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร

4.2.1 ผลการคำนวณการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

โรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้ามีการใช้ระบบปรับอากาศ หลังจากเริ่มโครงการอนุรักษ์พลังงานได้มีการกำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยงระหว่าง 11.45-12.45 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โรงเรียนมีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมดจำนวน 80 เครื่อง และเครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจทั้งหมดจำนวน 13 เครื่อง สามารถลดพลังงานได้ดังตารางที่ 2 (*วันทำงานเฉลี่ยต่อเดือน 22 วัน และ ** ค่าไฟหน่วยละ 4.2097 บาท/หน่วย)

ตารางที่ 2 พลังงานที่ลดได้และจำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้หลังทำตามมาตรการ

พลังงานที่ลดได้* (กิโลวัตต์ชั่วโมง)		เงินลงทุน (บาท)	ผลประหยัด/เดือน (บาท)	พลังงานที่ลดได้/ปี (%)	เป้าหมาย (%)
มาตรการ	2,520	-	10,610	7.35	5
รวม	2,520	-	10,610	7.35	5

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิเคราะห์และทดลองสำหรับอาคารภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

การทดลองเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาที่กำหนด โดยมีกรณีการทดลองทั้งหมด 4 กรณี ซึ่งแต่ละกรณีจะสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ไม่เท่ากันและอุณหภูมิที่แตกต่างกันในกรณีเดียวกันก็ส่งผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้าอีกด้วย เนื่องจากการทดลองนั้นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายนอกได้จึงทำการทดลองซ้ำหลายๆครั้งจึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า หากช่วงอุณหภูมิภายในและภายนอกต่างกัน 0-3 องศาเซลเซียสนั้นแนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 3 หรือ 4 หากช่วงอุณหภูมิภายในภายนอกนั้นต่างกัน 3-7 องศาเซลเซียสนั้นแนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 2 และหากช่วงอุณหภูมิภายในภายนอกนั้นต่างกัน 7-10 องศาเซลเซียสนั้นแนะนำให้ปิดเครื่องปรับอากาศตามกรณีที่ 1 หากทำตามกรณีทดลองนี้จะทำให้สูญเสียค่าพลังงานที่ต่ำที่สุดโดยไม่กระทบถึงสภาวะสบายของผู้ใช้งานในอาคาร

5.2 สรุปมาตรการลดการใช้พลังงานสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

จากผลการวิเคราะห์และทดลองสามารถนำมาเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าได้ โดยมีการกำหนดให้ปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยงระหว่าง 11.45-12.45 น. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อดำเนินการตามมาตรการ จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ เท่ากับ 7.35% และให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่ทางคณะผู้จัดการพลังงานกำหนดที่ให้อาคารของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงไม่ต่ำกว่า 5%

เอกสารอ้างอิง

[1] พิศัลย์ จั่นมุกดา, "ผลของการปรับขนาดและมุมบิดพัดลมในชุดคอนเดนซิ่งต่อสมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.

[2] กระทรวงพลังงาน, "หมวด ๕ การคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร", ราชกิจจานุเบกษา, เลม ๑๒๖ ตอนพิเศษ ๑๒๒ ง, ๒๕๕๒, หน้าที่ ๕๔-๕๖.

[3] วินัย สิทธินันท์เจริญ, "การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูงสำหรับต้อบไมโครเวฟให้มีราคาต่ำโดยใช้จีเนติกอัลกอริธึม", **วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ปริมาณการใช้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการใช้พลังงานในโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

ตารางที่ ข.1 ปริมาณการใช้พลังงานประจำเดือนสิงหาคม 2560

รายละเอียด	หน่วย	15 ส.ค. 60	29 ส.ค. 60	ส่วนต่าง	ตัวคูณ
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-2)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	000	5134	5134	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-4)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	000	1925	1925	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 2 (P23)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	626	786	12800	400/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (P32)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	561	621	3000	250/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (MMC03)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	119	171	5200	500/5 แอมแปร์
รวม	28,059 หน่วย				

ตารางที่ ข.2 ปริมาณการใช้พลังงานประจำเดือนกันยายน 2560

รายละเอียด	หน่วย	29 ส.ค. 60	25 ก.ย. 60	ส่วนต่าง	ตัวคูณ
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-2)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	5134	9426	4292	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-4)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1925	3993	2068	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 2 (P23)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	786	1004	17440	400/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (P32)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	621	692	3550	250/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (MMC03)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	171	189	1800	500/5 แอมแปร์
รวม	29,144 หน่วย				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ปริมาณการใช้พลังงานประจำเดือนตุลาคม 2560

รายละเอียด	หน่วย	25 ก.ย. 60	25 ต.ค. 60	ส่วนต่าง	ตัวคูณ
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-2)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	9426	13604	4178	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-4)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3993	5947	1954	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 2 (P23)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1004	1190	14880	400/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (P32)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	692	784	4600	250/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (MMC03)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	189	255	6600	500/5 แอมแปร์
รวม	32,212 หน่วย				

ตารางที่ ข.4 ปริมาณการใช้พลังงานประจำเดือนพฤศจิกายน 2560

รายละเอียด	หน่วย	25 ต.ค. 60	24 พ.ย. 60	ส่วนต่าง	ตัวคูณ
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-2)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	13604	17767	4163	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 1 (PG2-4)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	5947	7665	1718	-
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 2 (P23)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1190	1343	153	400/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (P32)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	784	848	64	250/5 แอมแปร์
ตู้ไฟฟ้าบริเวณชั้น 3 (MMC03)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	255	293	38	500/5 แอมแปร์
รวม	24,361 หน่วย				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอย

ตารางที่ ข.5 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

ลำดับ	เดือน	พื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานจริง (ตารางเมตร)	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (เมกะจูล/ตารางเมตร)
			ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ความร้อน (เมกะจูล)	
1	ส.ค.	7,532	28,059	0.00	13.41
2	ก.ย.	7,532	29,148	0.00	13.93
3	ต.ค.	7,532	32,212	0.00	15.39
4	พ.ย.	7,532	24,361	0.00	11.64

หมายเหตุ :

$$\text{ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC)} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ – ชั่วโมง)} \times 3.6 \text{ (เมกะจูล/กิโลวัตต์ – ชั่วโมง)} + \text{ปริมาณพลังงานความร้อน (เมกะจูล)}}{\text{พื้นที่ใช้สอยที่ใช้งานจริง (ตารางเมตร)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

รายงานการสำรวจภาระไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการสำรวจภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
1	ห้องธุรการ	เครื่องปรับอากาศ	1 1	4,400 6,240	10,640	10
		โคมแสงสว่าง	21	36	756	10
		คอมพิวเตอร์	3	161	483	10
		รวม			11,879	
2	ทางเดินด้านหน้าชั้น 1	โคมแสงสว่าง	42	36	1,512	4
		รวม			1,512	
3	ทางเดินกลางชั้น1	โคมแสงสว่าง	54	36	1,944	4
		พัดลมตั้งพื้น	7	225	1,575	
		รวม			3,519	
4	ห้องเก็บของ	เครื่องปรับอากาศ	2	5,000	10,000	10
		โคมแสงสว่าง	18	36	648	10
		รวม			10,648	
5	ห้องพยาบาล	เครื่องปรับอากาศ	2	5,000	10,000	10
		โคมแสงสว่าง	15	36	540	10
		เครื่องทำน้ำเย็น	1	610	610	10
		เครื่องชั่งน้ำหนัก	1	6	6	10
		รวม			11,156	
6	โรงอาหาร	โคมแสงสว่าง	67	36	2,412	2
		พัดลม	16	68	1,088	2
		ไมโครเวฟ	2	800	1,600	-
		ตู้กดน้ำเย็น	1	380	380	24
		ลำโพง	4 1	400 200	1,800	-
		รวม			7,280	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
7	ห้องรับประทานอาหาร	เครื่องปรับอากาศ	2	5,000	10,000	10
		โคมแสงสว่าง	18	36	648	-
		รวม			10,648	
9	ห้อง R-201	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	
10	ห้อง R-202	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	
11	ห้อง R-203	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	2
12	ห้อง R-204	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
13	ห้อง R-205	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	
14	ห้อง R-206	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	
15	ห้อง R-207 , R-208	เครื่องปรับอากาศ	5	2,285	11,425	2
		โคมแสงสว่าง	32	36	1,152	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			17,650	
16	ห้อง R-209	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			12,504	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
17	ห้อง Robot	เครื่องปรับอากาศ	5	2,285	11,425	2
		โคมไฟแสงสว่าง	24	36	864	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	60	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			14,959	
18	ห้องพักครู	เครื่องปรับอากาศ	7	2,285	15,995	10
		โคมไฟแสงสว่าง	48	36	1,728	10
		โปรเจคเตอร์	2	1,010	2,020	-
		เครื่องถ่ายเอกสาร	1	1,760	1,760	10
		เครื่องทำน้ำเย็น	1	610	610	24
		รวม			22,113	
19	ห้อง Staff	เครื่องปรับอากาศ	7	2,285	15,995	10
		โคมไฟแสงสว่าง	48	36	1,728	10
		เครื่องถ่ายเอกสาร	1	1,760	1,760	10
		เครื่องทำน้ำเย็น	1	610	610	24
		คอมพิวเตอร์	6	161	966	10
		พัดลม	1	225	225	-
		ตู้เย็น	1	196	196	24
		ไมโครเวฟ	1	800	800	1
		รวม			22,280	
20	ห้องสมุด	เครื่องปรับอากาศ	8	2,285	18,280	10
		โคมไฟแสงสว่าง	48	36	1,728	10
		คอมพิวเตอร์	1	161	161	10
		ลำโพง	4	400	1,600	-
		รวม			21,769	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
21	ห้องผู้บริหาร	เครื่องปรับอากาศ	8	2,285	18,280	10
		โคมไฟแสงสว่าง	46	36	1,656	10
		รวม			19,936	
22	ทางเดินด้านหน้าชั้น 2	โคมแสงสว่าง	37	36	1,332	4
		เครื่องทำน้ำเย็น	1	610	610	24
		รวม			1,942	
23	ทางเดินกลางชั้น 2	โคมแสงสว่าง	36	36	1,296	4
		รวม			1,296	
24	ห้องน้ำชั้น 2	โคมแสงสว่าง	36	36	1,296	10
		รวม			1,296	
25	ห้อง R-301	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	
26	ห้อง R-302	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
27	ห้อง R-303	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	
28	ห้อง R-304	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	
29	ห้อง R-305	เครื่องปรับอากาศ	2	2,285	4,570	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			10,219	
30	ห้อง R-306	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		รวม			8,901	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
31	ห้อง R-307, R-308	เครื่องปรับอากาศ	5	2,285	11,425	2
		โคมแสงสว่าง	32	36	1,152	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4 2	400 200	2,000	2
		รวม			18,050	
32	ห้อง R- 309	เครื่องปรับอากาศ	3	2,285	6,855	2
		โคมแสงสว่าง	16	36	576	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	2,463	2,463	2
		ลำโพง	4	400	1,600	2
		รวม			12,504	
33	ห้องวิทยาศาสตร์	เครื่องปรับอากาศ	1	19,000	19,000	2
		โคมแสงสว่าง	36	36	1,296	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	3 2	400 200	1,600	2
		เครื่องฆ่าเชื้อ	1	3,000	3,000	2
		เครื่องฆ่าเชื้อแว่นตา	1	25	25	2
		Fume Hood	1	1,400	1,400	2
		Water Bath	1	2,000	2,000	2
		Vacuum Pump	1	154	154	2
		Heating Bath	1	1,700	1,700	2
		Rota vapor	1	1	30	2
		เครื่องทำความร้อน	1	1,020	1,020	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
33	ห้องวิทยาศาสตร์	เครื่องชั่งสาร	1	36	146	2
			1	110		
		รวม			32,441	
34	ห้อง STEM	เครื่องปรับอากาศ	1	19,000	19,000	2
		โคมแสงสว่าง	24	36	864	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		เครื่องเลี้ยงเชื้อ	1	3,500	3,500	2
		รวม			24,834	
35	ห้องคอมพิวเตอร์ A	เครื่องปรับอากาศ	2	19,000	38,000	2
		โคมแสงสว่าง	15	36	540	2
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	2
		เครื่องขยายเสียง	1	60	60	2
		ลำโพง	2	200	400	2
		คอมพิวเตอร์	24	161	3,864	2
		รวม			43,874	
36	ห้องคอมพิวเตอร์ B	โคมแสงสว่าง	15	36	540	-
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	-
		รวม			1,550	
37	ห้องคอมพิวเตอร์ C	เครื่องปรับอากาศ	1	19,000	19,000	-
		โคมแสงสว่าง	36	36	3,348	-
		โปรเจคเตอร์	1	1,010	1,010	-
		ลำโพง	2	400	800	-
		รวม			24,158	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ภาระไฟฟ้าโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้าลาดกระบัง (ต่อ)

ลำดับ	ตำแหน่งที่ตั้ง	รายการ	จำนวน	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้ารวม (วัตต์)	ชั่วโมงการทำงาน/วัน
38	ห้องโถงกิจกรรม	เครื่องปรับอากาศ	3	19,000	57,000	2
		โคมแสงสว่าง	91 1	36 18	3,294	2
		โปรเจคเตอร์	2 1	1,010 7,200	9,220	2
		เครื่องขยายเสียง	4	60	240	2
		เครื่องแยกสัญญาณไมค์	1	35	35	2
		โทรทัศน์	2	45	90	2
		ลำโพง	4 4	400 200	2,400	2
		รวม			72,039	
39	ทางเดินด้านหน้าชั้น 3	โคมแสงสว่าง	37	36	1,332	4
		เครื่องทำน้ำเย็น	1	610	610	24
		รวม			1,942	
40	ทางเดินกลางชั้น 3	โคมแสงสว่าง	36	36	1,296	4
		รวม			1,296	
41	ห้องน้ำชั้น 3	โคมแสงสว่าง	36	36	1,296	4
		รวม			1,296	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญของเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก

ตารางที่ ค.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญของเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก

ลำดับที่	ชื่ออุปกรณ์หลัก	พิกัด		จำนวน	อายุการใช้งาน (ปี)	ชั่วโมงใช้งานเฉลี่ย/ปี	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)	สัดส่วนการใช้พลังงาน	ค่าประสิทธิภาพ			
		ขนาด	หน่วย						ค่าพิกัด	หน่วย	ใช้งานจริง	หน่วย
1	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	56,000	บีทียู/ชั่วโมง	1	1	560	3,494.4	1.14		กิโลวัตต์/ตันความเย็น		กิโลวัตต์/ตันความเย็น
2	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	42,000	บีทียู/ชั่วโมง	1	1	560	2,464	0.8		กิโลวัตต์/ตันความเย็น		กิโลวัตต์/ตันความเย็น
3	เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	24,225	บีทียู/ชั่วโมง	80	3	560	102,368	33.6		กิโลวัตต์/ตันความเย็น		กิโลวัตต์/ตันความเย็น
4	เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	110,000	บีทียู/ชั่วโมง	7	3	560	74,480	24.4		กิโลวัตต์/ตันความเย็น		กิโลวัตต์/ตันความเย็น
5	เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์	60,000	บีทียู/ชั่วโมง	6	3	560	16,800	5.51		กิโลวัตต์/ตันความเย็น		กิโลวัตต์/ตันความเย็น
6	ไฟฟ้าแสงสว่าง	36	วัตต์	1,119	3	560	22,559	7.4		วัตต์/ตารางเมตร		วัตต์/ตารางเมตร
7	ไฟฟ้าแสงสว่าง	25	วัตต์	44	1	560	616	0.2		วัตต์/ตารางเมตร		วัตต์/ตารางเมตร
8	ไฟฟ้าแสงสว่าง	18	วัตต์	4	3	560	40.32	0.01		วัตต์/ตารางเมตร		วัตต์/ตารางเมตร
9	อื่นๆ				3	560	81,869.2	26.9				

หมายเหตุ : ให้ดำเนินการบันทึกเฉพาะเครื่องจักร/อุปกรณ์หลักที่มีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
รายละเอียดการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดการบำรุงรักษาและตรวจเช็คอุปกรณ์หลัก

1. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

1.1 เครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจ

ก. เครื่องปรับอากาศระบบแพ็คเกจ

<u>รายการตรวจเช็คทุก 3 เดือน</u>

1) ล้างแผ่นกรองอากาศ

2) ล้างท่อและถาดน้ำทิ้ง

3) ตรวจสายพานและพูลเล่ย์

4) ตรวจสอบระบบไฟฟ้า

5) ตรวจวัดอุณหภูมิลมส่ง

6) ตรวจวัดอุณหภูมิลมกลับ

7) ตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง

8) ตรวจรอยรั่วซึมของระบบท่อน้ำยา

9) ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทุกเฟส เป็นหน่วยโวลต์

10) ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ทุกเฟส เป็นหน่วยแอมป์

11) ตรวจสอบแรงดันน้ำยาปรับอากาศ ทั้งด้านแรงดันสูงและแรงดันต่ำ เป็นหน่วยปอนด์ต่อตารางนิ้ว

12) วัดแรงลมเข้า-Return

13) วัดแรงลมออก-หัวจ่าย

14) วัดอุณหภูมิคอล์ยร้อน

15) วัดอุณหภูมิหัวจ่ายลมเย็น

ข. ชุดจ่ายลมเย็น AIR HANDLUNG UNTI (AHU) และ FAN COIL UNIT (FCU)

<u>รายการตรวจเช็คทุก 6 เดือน</u>

1) ตรวจเช็คการทำงานของเครื่องเป่าลมเย็น

2) ตรวจเช็คการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

3) ตรวจเช็คการทำงานของชุด CONTROL VALVE

4) ตรวจเช็คการรั่วของระบบน้ำเย็นและน้ำทิ้ง

5) ทำความสะอาดแผงกรองอากาศ อุปกรณ์กรองอากาศท่อน้ำทิ้ง ถาดน้ำทิ้ง

6) ทำความสะอาดอุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุม

7) วัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม แรงดันไฟฟ้า

8) ตรวจสอบขั้วต่อไฟฟ้า และระบบควบคุม

9) ตรวจเช็คอุปกรณ์ยึดเครื่องมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ปรับแต่งสายพานมอเตอร์และปรับแต่งศูนย์มอเตอร์พัดลม

11) ทำความสะอาดหัวจ่ายลมเย็น

12) ตรวจวัดอุณหภูมิลมเข้า – ออก เครื่องเป่าลมเย็น

13) ตรวจวัดแรงดันลมเข้า – ออก เครื่องเป่าลมเย็น

14) ตรวจวัดอุณหภูมิห้อง

15) ล้างทำความสะอาดใบพัดลม/ฟิลคอยล์

16) ล้าง STAINER ตรวจการทำงานของ MOTOR VALVE

17) ทำความสะอาดหัวจ่ายลมและช่องลมกลับ

18) ตรวจเช็คทำความสะอาดทั่วไปของชุดกรองอากาศ

<u>รายการตรวจสอบประจำปีต่อครั้ง</u>

1) ทำความสะอาดคอล์ยด้วยน้ำยาเคมีและน้ำแรงดันสูง

2) ทำรายการที่ 1 – 18 การตรวจสอบประจำ 6 เดือน

3) ทำรายงานสรุปสภาพการใช้งานของเครื่องและอุปกรณ์โดยละเอียด

ค. ท่อส่งลมเย็น, ท่อส่งน้ำเย็น, ฉนวนหุ้มท่อ, วาล์วต่าง ๆ

<u>รายการตรวจเช็คทุก 6 เดือน</u>

1) ตรวจไล่อากาศในระบบ ตรวจการทำงานของ AUTOMATIC AIR VENT

2) ตรวจซีลก้านวาล์วและตำแหน่ง BALANCING VALVE

3) ตรวจหาการรั่วของน้ำของท่อส่งน้ำ วาล์วต่าง ๆ

4) ตรวจซ่อมฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็น

5) ปรับตั้งปริมาณลม

6) ตรวจสอบฉนวนหุ้มท่อลม

7) ตรวจเช็คอุปกรณ์ยึดท่อ

ง. พัดลมระบายอากาศ

<u>รายการตรวจเช็คทุก 6 เดือน</u>

1) ตรวจเช็คขั้วต่อสายไฟฟ้า

2) ตรวจเช็คอุปกรณ์ชุดประกอบพัดลมระบายอากาศ

3) ทำความสะอาดใบพัดลม, ตัวเครื่อง

4) ตรวจสอบความสั่นสะเทือน

5) ปรับตั้งอุปกรณ์ประกอบ, ตัวเครื่อง

6) อัดจารบีหรือน้ำมันหล่อลื่นแบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เครื่องปรับอากาศระบบแยกส่วน

1) ล้างแผ่นฟิลเตอร์กรองอากาศให้สะอาดทุกเดือน

2) ทำความสะอาดคอยล์เย็นและคอยล์ร้อนทุก 3 เดือน

3) ทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งให้น้ำไหลสะดวก

4) หยอดหรืออัดน้ำมันหล่อลื่นหรือจารบีมอเตอร์

5) ตรวจสอบสภาพของฉนวนต่าง ๆ

6) ตรวจวัดความดันน้ำยาทางด้าน HUGHT SIDE หรือ LOW SIDE ของระบบน้ำยาของเครื่องปรับอากาศว่าถูกต้องอยู่ในขอบเขตการใช้งานได้ดีมีปริมาณน้ำยาพอเพียง สำหรับการใช้งานได้ดี

7) ตรวจวัดความดันน้ำยา (OIL PRESSURE) และเติมน้ำมันที่ใช้สำหรับหล่อเลี้ยงคอมเพรสเซอร์ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี

8) ตรวจวัดแรงไฟฟ้า (VOLTAGE) และกระแสไฟฟ้า (AMPIRE) ที่ใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

9) ตรวจระบบควบคุมอัตโนมัติต่าง ๆ รวมทั้งระบบควบคุมอุณหภูมิทั้งหมด

10) ล้างทำความสะอาดคอล์ยร้อน และคอล์ยเย็นด้วยน้ำยาเคมีชนิดใช้ในการนี้โดยเฉพาะ

2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า

2.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง

1) ทำความสะอาดหลอดไฟฟ้าทุกเดือน

2) ทำความสะอาดโคมไฟฟ้าและฝาครอบโคมทุก 3 เดือน

3) ตรวจวัดและบันทึกค่าความสว่างทุกเดือน

4) ห้องขนาดเล็กทาสีผนังใหม่ทุกปี

5) ห้องขนาดใหญ่ทาสีผนังใหม่ทุก 3 ปี

6) เปลี่ยนหลอดไฟตามอายุการใช้งาน

2.2 เต้ารับไฟฟ้า

ตรวจเช็คเต้ารับไฟฟ้าทุกปี ดังนี้

- เต้ารับไฟฟ้าต้องไม่แตกร้าวและไม่มีรอยไหม้
- การต่อสายที่เต้ารับต้องให้แน่นและใช้ขนาดสายให้ถูกต้อง
- เต้าเสียบเมื่อเสียบใช้งานกับเต้ารับต้องแน่น
- เต้ารับต้องติดตั้งในที่แห้ง ไม่เปียกชื้นหรือมีน้ำท่วม และควรติดให้พ้นมือเด็กเล็กที่อาจเล่นถึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนงานการบำรุงรักษาอุปกรณ์หลักของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

ตารางที่ ง.1 แผนงานการบำรุงรักษาอุปกรณ์หลักของโรงเรียนสาธิตนานาชาติพระจอมเกล้า

รายการ	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ												
1.1 เครื่องปรับอากาศแบบแพ็คเกจ												
- Package Unit		M3			M3			M3			M3	
- AHU,FCU				M6			Y1			M6		
- Air Duct			M6						M6			
- Ventilators		M6						M6				
1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน												
- Split Type	M3			M3			M3			M3		
2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า												
2.1 ไฟฟ้าแสงสว่าง												
- Wall lamp			M3			M3			M3			M3
- Light bulbs	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
2.2 เต้ารับไฟฟ้า												
- Socket						Y1						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

MATLAB code for optimization of Energy equation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Simulink & MATLAB สำหรับการทดลอง

โค้ดฟังก์ชันของสมการ Optimization

```
function y = fitness3(x)

y = abs((1-
(5072.9)/(50.49*x(1)+43.35*x(2)+936.36.*x(3))))^2+...
    abs((1-(3977.2)/(50.49*x(1)+43.35*x(2)+936.36.*x(3))))^2;
```

โค้ดสมการ Optimization แบบ Genetic Algorithm

```
ObjectiveFunction = @fitness3;
nvars = 3;     % Number of variables
LB = [0 0 0];    % Lower bound
UB = [70 25 1];  % Upper bound
rng(1,'twister') % for reproducibility
[x,fval] = ga(ObjectiveFunction,nvars,[],[],[],[],...
              LB,UB)
```

ผลการ Simulink ของสมการ Optimization

Optimization terminated: average change in the fitness value less than options. TolFun.

x =

69.0615 15.5254 0.4608

fval =

0.0289

โค้ดสำหรับพล็อตค่าพลังงานไฟฟ้าของการทดลองกรณีเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาเปิดทำการ

```
time = 0:0.25:7;
hr1 = [0:0.25:4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4];
hr2 = [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0:0.25:3];
eff1 =
[0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0
.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7,0.7];
eff2 =
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0.75,0.75,0.75,0.75,0.75,0.
75,0.75,0.75,0.75,0.75,0.75,0.75];
T=5;
OTTV = (2814.795801+(141.2216155*T))/50.49;
RTTV = 17.7840;
LPD = ((18+10)*16)/43.35;
EQD = (90*2)/43.35;
OCCU = 5/43.35;
VENT = 0.8358;
COP = 10.59/3.412;

Ai = 43.35;
Aw = (2*(5.1*2.7))+(8.5*2.7);
Ar = 43.35;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ci = 0.84;Ce = 0.85;Co = 0.90;Cv = 0.9;

E1 =
(((Aw*OTTV)/COP)+((Ar*RTTV)/COP)+(Ai*((Ci*LPD)+(Ce*EQD)+(130*C
o*OCCU)+(24*Cv*VENT))/COP))*hr1.*eff1;
E2 =
(((Aw*OTTV)/COP)+((Ar*RTTV)/COP)+(Ai*((Ci*LPD)+(Ce*EQD)+(130*C
o*OCCU)+(24*Cv*VENT))/COP))*hr2.*eff2;
E = E1+E2;

plot(time,E,'red'),xlabel('time (s)'),ylabel('Energy (Wh)');
grid on;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

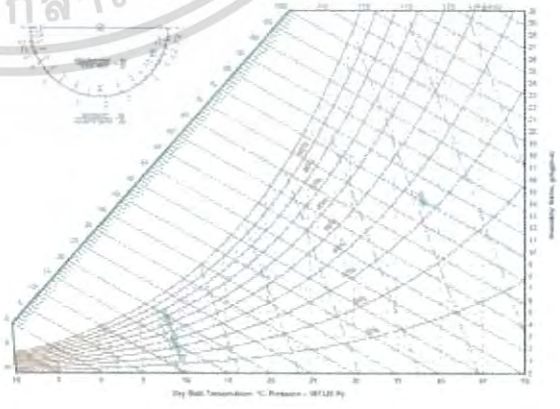
ภาคผนวก ฉ.
การตรวจวัดและประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดและประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้

ตารางที่ ฉ.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์

	อุปกรณ์
เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)	
Temperature Humidity USB Datalogger (TM-305U)	
Energy analyzer รุ่น C.A.8335	
ตลับเมตร	
แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ

1. ขนาดพิกัดการทำความเย็น (Btu/hr , kcal/hr , kW, TR)
2. ขนาดกำลังไฟฟ้าของเครื่องคอมเพรสเซอร์ (kW)
3. ชั่วโมงการทำงาน
4. อายุการใช้งาน
5. สถานที่ใช้งาน
6. ยี่ห้อ, รุ่น

ขั้นตอนการตรวจวัด

1. วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมกลับด้วยตลับเมตรเพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด

2. วัดอุณหภูมิ (̊C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ (Return Air) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

3. วัดอุณหภูมิ (̊C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย (Supply Air) โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

4. วัดความเร็วของลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ (V) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม และควรทำการวัดหลายๆจุดบนหน้าตัดของช่องลมกลับ (อย่างน้อย3 จุด) เพื่อคำนวณผลเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย ทั้งนี้เหตุผลในการเลือกวัดค่าดังกล่าวทางด้านลมกลับแทนที่จะเป็นด้านลมจ่ายประกอบด้วย

- ด้านลมกลับมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใหญ่กว่าด้านลมจ่าย ทำให้การไหลของลมมีลักษณะแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และความเร็วของลมที่วัดได้จะมีค่าที่แน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับด้านลมจ่ายที่เป็นแบบการไหลปั่นป่วน (Turbulent Flow)

- ทิศทางของลมกลับมีทิศทางที่แน่นอนคือตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ซึ่งต่างจากด้านลมจ่ายที่ทิศทางไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานจะปรับในทิศทางใด ทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดได้ค่อนข้างมาก

5. วัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

6. หาเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยการจับเวลาช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและไม่ทำงาน

ข้อควรระวัง

1. ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งด้านลมกลับและลมจ่าย ในเวลาเดียวกัน กับการทำงานของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในขณะตรวจวัดให้ปรับความเร็วลมของ Fan Coil Unit สูงสุดตามพิกัด

3. ปรับ Set Point ที่ 24-25 (̊C)

ตารางที่ ฉ.2 การตรวจวัดระบบปรับอากาศ

รายการ		สัญลักษณ์	ข้อมูล	ที่มาของข้อมูล
หมายเลขเครื่อง		-	0079	-
ค่าพิกัด	Cooling Capacity (Btu/hr)	-	26,185.74	Nameplate
	กำลังไฟฟ้า(kW)	-	2.198	
	ยี่ห้อ	-	Power-Aire	
รุ่น	Condensing Unit	-	CPU0255V	
ปีที่ติดตั้งใช้งาน		-	2559	ปีที่ติดตั้ง
เวลาเปิดใช้งาน	เวลา	-		ข้อมูลเปิด-ปิด
	วัน/ปี	-		
เทอร์โมสตัท	Set Point (̊C)	-	25	-
ผลการตรวจวัด				
Ambient Condition	อุณหภูมิ (̊C/%RH)	-	0.178	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น
อากาศด้านจ่าย	อุณหภูมิ (̊C)	ts	14.7	
	%RH	%RH	82.6	
	Enthalpy Supply	Hs	37.0	Psychometric Chart
อากาศด้านกลับ	อุณหภูมิ (̊C)	tr	24.8	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความชื้น
	%RH	%RH	52.5	
	Enthalpy Return	Hr	51.4	Psychometric Chart
	พื้นที่หน้าตัดคอยล์เย็น (m^2)	A	0.216	ตลับเมตร
	ความเร็วลม (m/s)	V	1.8	เครื่องมือวัดความเร็วลม
	อัตราการไหล	CMM	23.328	CMM = A×V×60
ไฟฟ้า	V	-	213.3	Power Meter
	Amp	-	10.49	
	kW	-	2.172	
	P.F.	-	0.974	
Cooling Capacity		TR	1.917	TR = $5.707\times10^{-3}\times$CMM×(Hr-Hs)
สมรรถนะการทำความเย็น		kW/TR	1.133	-
		EER	10.59	EER = 12/(kW/TR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ชญานิน ชยวัฑโฒ รหัสนักศึกษา 57010232

วันเกิด 1 ตุลาคม พ.ศ. 2538

ที่อยู่ 386 ซอย 8 หมู่ที่ 1 หมู่บ้านวรมรมย์เพรชเกษม 81 ถนนบางบอน 5 แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพฯ 10150

มัธยมศึกษา โรงเรียนกรพิทักษ์ศึกษา กรุงเทพฯ

E-mail:chayanin.chayawatto@gmail.com

นางสาว ชวัลรัตน์ ศิริภิรมย์ รหัสนักศึกษา 57010282

วันเกิด 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538

ที่อยู่ 3/1098 หมู่ 8 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

มัธยมศึกษา โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย กรุงเทพฯ

E-mail: chawanrat.siripirom2gmail.com

นางสาว ช่อผกา มะณีจักร รหัสนักศึกษา 57010287

วันเกิด 29 ตุลาคม พ.ศ. 2537

ที่อยู่ 1006/20 ซอยปรีดีพนมยงค์ 44 ถนนสุขุมวิท 71 แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

มัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีศึกษา ร้อยเอ็ด

E-mail: conan101m@hotmail.com

นางสาว ศศิประภา ปินคำ รหัสนักศึกษา 57011231

วันเกิด 6 มกราคม พ.ศ. 2540

ที่อยู่ 48/2 ซอยราชวิถี 2 ถนนราชวิถี แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

มัธยมศึกษา โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ

E-mail: bssippa@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้