การจัดการพลังงานในอาคารเรียน
กรณีศึกษา อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

นางสาวปนิดา ตะสิทธิ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY MANAGEMENT IN ACADEMIC BUILDING
CASE STUDY OF SOCIAL SCIENCE BUILDING
AT THAMMASAT UNIVERSITY RANGSIT CAMPUS

Miss Panida Tasit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการพลังงานในอาคารเรียน กรณีศึกษา อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
โดย	นางสาวปนิดา ตะสิทธิ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....กรรมการ

(ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. อุริช อัชชโคสิต)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 4

2.1.1 ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติฯ 4

2.1.2 ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม 5

2.1.3 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร 5

2.2 ขั้นตอนในการจัดการพลังงาน 6

2.2.1 การตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงาน 6

2.2.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น 7

2.2.3 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน 7

2.2.4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2.5 การจัดให้มีการกำหนดเป้าหมายและแผนกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 7
2.2.6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบ การวิเคราะห์ การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน 7
2.2.7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน 8
2.2.8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน 8
2.3 การใช้พลังงานในอาคาร 8
2.4 ดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (SEC) 9
2.5 ระบบปรับอากาศ 9
2.5.1 ประเภทของระบบปรับอากาศ 10
2.5.2 ระบบและอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและทำความเย็น 10
2.5.3 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ 13
2.5.4 มาตรฐานระบบปรับอากาศ 13
2.5.5 ตัวอย่างมาตรการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ 14
2.7 ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง 15
2.7.1 หลักการให้แสงสว่าง 15
2.7.2 นิยามศัพท์และหน่วยวัดที่สำคัญกับปริมาณแสง 15
2.7.3 อุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง 16
2.7.4 ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร 23
2.7.5 ตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง 24
2.8 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน 24
2.8.1 มูลค่าสุทธิปัจจุบัน (Net Present value: NPV) 24
2.8.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) 25
2.8.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....28
3.1 กำหนดแนวทางในการวิจัย....28
3.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ. ศูนย์รังสิต....29
3.2.1 ข้อมูลทั่วไป....29
3.2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร....30
3.2.3 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง....31
3.2.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ....32
3.3 ศึกษาระบบการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาตร์ ศูนย์รังสิต ..33
ขั้นตอนที่ 1 การแต่งตั้งคณะคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงาน....34
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น....35
ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน....36
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน....37
ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรมและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน....37
ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน....37
ขั้นตอนที่ 7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน....38
ขั้นตอนที่ 8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน....39
3.4 การเก็บข้อมูลและตรวจวัดงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร....40
3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด....40
3.4.2 การตรวจวัดระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง....40
3.4.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น....42
3.4.4 การตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็น....44

หน้า

บทที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย 48
4.1 การจัดการพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 48
4.1.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED 48
4.2 การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศ 50
4.2.1 มาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เครื่องสูบน้ำเย็น 1 ตัว 50
4.2.2 มาตการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่อง 54
4.3 การเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและความคุ้มค่าทางการลงทุนทุกมาตรการ ..55
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 57
รายการอ้างอิง 59
ภาคผนวก 61
ภาคผนวก ก ตารางการคำนวณความคุ้มค่าทางการเงิน 61
ภาคผนวก ข รูปเครื่องจักร อุปกรณ์ และวิธีตรวจวัด 64
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ร้อยละสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภท 8

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศติดตั้งใช้งานในอาคาร (สำหรับชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ)..... 14

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟ LED กับหลอดไฟชนิดอื่นๆ..... 21

ตารางที่ 2.4 ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร ตามคำแนะนำจากสมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย 23

ตารางที่ 3.1ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ฯ ปี 2559 30

ตารางที่ 3.2 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2559..... 31

ตารางที่ 3.3 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมและค่าไฟฟ้าในอาคารอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ. ศูนย์รังสิต ข้อมูลปี พ.ศ. 2559 31

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ..... 32

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 33

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ..... 33

ตารางที่ 3.7 การประเมินการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต 35

ตารางที่ 3.8 การตรวจติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน 38

ตารางที่ 3.9 สรุปผลการทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน ปี 2559..... 39

ตารางที่ 3.10 ผลการตรวจวัดความเข้มแสงแสว่างภายในห้องเรียนอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ 42

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น 43

ตารางที่ 3.12 ข้อมูลการตรวจวัดการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็นเมื่อทำงานกับเครื่องทำน้ำเย็น 2 กรณี..... 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.13 ผลการคำนวณเปรียบเทียบการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็นเมื่อทำงานกับเครื่องทำน้ำเย็น 2 กรณี.....45

ตารางที่ 3.14 เปรียบเทียบอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น 47

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FLU) และหลอดLED.....49

ตารางที่ 4.2 ผลการประหยัดพลังงานรวมทั้งปี สำหรับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ทุกกรณี 53

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบความคุ้มค่าทางการลงทุนและผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า.....56

ตารางที่ ก- 1 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED.....61

ตารางที่ ก- 2 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่อง.....62

ตารางที่ ก- 3 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็นให้ลดลง.....63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ 2.1การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน 6

รูปภาพที่ 3.1อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต 29

รูปภาพที่ 3.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต 30

รูปภาพที่ 3.3 เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง (Lux Meter) 40

รูปภาพที่ 3.4 เกจวัดความดันแบบท่อบูร์ดอง 40

รูปภาพที่ 3.5 ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มแสงห้อง SC1015 41

รูปภาพที่ ข- 1 เครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการตรวจวัด 64

รูปภาพที่ ข- 2 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น 64

รูปภาพที่ ข- 3 ตรวจวัดความดันด้านดูด-ด้านจ่ายของเครื่องทำน้ำเย็น 64

รูปภาพที่ ข- 4 ตรวจวัดความดันด้านดูด-ด้านจ่ายของเครื่องสูบน้ำเย็น 65

รูปภาพที่ ข- 5 ห้องที่ทำการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าภายในห้อง 65

รูปภาพที่ ข- 6 โถงทางเดินด้านหน้าภายในอาคารเรียนมรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต 65

รูปภาพที่ ข- 7 โถงทางเดินภายในอาคารเรียนมรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต 66

รูปภาพที่ ข- 8 ประสิทธิภาพมอเตอร์ คือ 0.91 หาได้จาก IEC 1 Motor Efficiency Curve ที่ 37kW 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีการเพิ่มจำนวนประชากรมากขึ้น พร้อมกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งพลังงานไฟฟ้าก็เป็นสิ่งจำเป็นหลักสำหรับการทำกิจกรรมของประชากรทุกคนในชีวิตประจำวันไปโดยปริยาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่มีการใช้งานมากอยู่ตลอดเวลา เช่น อาคารสำนักงานที่เป็นหน่วยงานราชการ สถานศึกษา โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ทุกอาคารมีประชากรอาศัยอยู่หรือทำกิจกรรมในอาคารดังกล่าว ก็ล้วนมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น

การจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร จึงต้องมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งการจัดการดังกล่าว สามารถดำเนินการให้เป็นไปตามการควบคุมของกฎหมายได้ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) พ.ศ.2550 กล่าวคือเพื่อให้สามารถกำกับดูแลและส่งเสริมการใช้พลังงานในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการปฏิบัติให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติที่กำหนดประเภทหรือขนาดอาคาร มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในการใช้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

อาคารควบคุมแบ่งเป็นอาคารหลายประเภทยด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น อาคารสำนักงาน อาคารสถานศึกษา อาคารห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ซึ่งต้องการจัดการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงานสำหรับการใช้พลังงานในอาคารดังกล่าว ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างอยู่ตลอดทั้งปี และมีการใช้งานตลอดวัน ประกอบกับสถานการณ์ในปัจจุบันนอกจากประชากรจะเพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่มีความก้าวไกลมากยิ่งขึ้น ทำให้รูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมประจำวันเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานที่เป็นสถานศึกษา ดังนั้น อาคารที่เป็นสถานศึกษาจึงควรต้องมีการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงานอย่างเหมาะสม

โดยอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2545 ประกอบด้วยห้องเรียนทั้งหมด 135 ห้อง ความจุรวม 13,014 ที่นั่ง มีทั้งหมดเป็น 4 ชั้น ซึ่งอาคารแห่งนี้เป็นอาคารเรียนศูนย์กลางของมหาวิทยาลัยที่นักศึกษาทุกคณะสามารถใช้เรียนร่วมกันได้ ทำให้ในหนึ่งวันมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างมาก และกิจกรรมภายในอาคารไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง โดยเปิดใช้งานวันจันทร์-ศุกร์ ตั้งแต่ 8.00-16.00 น. ซึ่งทำให้อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต มีความเหมาะสมแก่การศึกษาการจัดการพลังงานในอาคาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้ เลือกใช้อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นกรณีศึกษา เนื่องจาก

1. กิจกรรมและการใช้งานภายในอาคารไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นอาคารเรียนของมหาวิทยาลัย จึงสามารถควบคุมตัวแปรทางด้านการใช้งานอาคารของผู้ใช้อาคารได้ค่อนข้างแน่นอน
2. ขนาดอาคารและการแบ่งพื้นที่ภายในอาคารมีความเหมาะสมที่จะทำการศึกษา
3. มีความเป็นไปได้ที่มหาวิทยาลัยจะนำผลการศึกษาในครั้งนี้มาประยุกต์ใช้ปรับปรุงอาคารจริงในอนาคต เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่ได้มาศึกษาปรับปรุง และสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารอื่นๆ ในมหาวิทยาลัยได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการจัดการพลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ให้เป็นไปตามแนวทางการใช้พลังงานอย่างประหยัด
2. เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น
3. เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินตามมาตรการสำหรับการเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานภายในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
2. ศึกษาการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ภายในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงาน และเทคนิคการจัดการพลังงานของอาคาร
2. ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและการจัดการพลังงานภายในอาคาร คือ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง สำรวจศักยภาพเบื้องต้นในการจัดการระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง

3. ศึกษาระบบการจัดการพลังงานในอาคาร
4. ตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารตามมาตรการที่ได้สำรวจเบื้องต้น
5. วิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมของอาคาร
6. วิเคราะห์หาค่าสมรรถนะการทำความเย็น
7. วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็นและเครื่องทำน้ำเย็น
8. วิเคราะห์หาประสิทธิผลการส่องสว่าง
9. วิเคราะห์หามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
10. หาแนวทางการจัดการพลังงานจากประเมินผลการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าในการลงทุนทุกมาตรการที่กำหนด
11. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
12. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวทางการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต
2. ทราบมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต
3. สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิตในระยะยาว
4. สามารถนำผลการศึกษาครั้งนี้ ไปต่อยอดและประยุกต์ใช้ปรับปรุงอาคารได้จริงในแผนอนาคต เพื่อประโยชน์ของมหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 (กระทรวงพลังงาน, 2557)

พระราชบัญญัตินี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ดังนี้

1) เพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้ที่ต้องการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย มีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

2) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในประเทศ และให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย

3) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีรูปธรรม โดยการจัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อใช้เป็นกลไกลในการให้ความช่วยเหลือทางการเงินให้แก่ผู้ที่ต้องการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

2.1.1 ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติฯ

เพื่อให้มีการกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งการส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในประเทศและให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย ฉะนั้นกลุ่มเป้าหมายที่รัฐตามพระราชบัญญัตินี้ ได้แก่ 3 กลุ่มดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) โรงงานควบคุม

2) อาคารควบคุม

3) ผู้ผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยกลุ่มนี้จะได้รับสิทธิอุดหนุนช่วยเหลือทางการเงินเพื่อให้มีการผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักร อุปกรณ์ ให้แก่ประชาชนอย่างแพร่หลายและมีราคาถูก ซึ่งช่วยให้ประชาชนทั่วไปใช้พลังงานลดลงได้ ทั้งนี้ การกำหนดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามประเภท ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน อยู่ภายใต้บังคับของพระราชบัญญัตินี้ เป็นไปตามกฎกระทรวงที่กำหนดเป็นเรื่องๆ ไป

2.1.2 ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

พระราชบัญญัติฯ นี้จะเน้นไปที่โรงงานและอาคารที่มีการใช้พลังงานในปริมาณมาก และมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันที ทั้งนี้ ลักษณะของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมย่อมเป็นไปตามพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.2540 และพระราชกฤษฎีกาอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 โรงงานหรืออาคารที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายนั้น ต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

1) ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกัน มีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไป หรือ

2) ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างใดอย่างหนึ่งรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

2.1.3 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

ตามมาตรา 17 ได้แก่ การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง ต่อไปนี้

1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร

2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงาน ตลอดจนการแสดงคุณภาพของวัสดุก่อสร้างนั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

5) การใช้และติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์

7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารที่จะทำการก่อสร้างหรือดัดแปลง มาตรา 19 วรรคหนึ่ง ได้กำหนดให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจออกกฎกระทรวงในเรื่องดังนี้

1) กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารที่จะทำการก่อสร้างหรือดัดแปลงที่จะต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2) กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารตามข้อ 1 เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

2.2 ขั้นตอนในการจัดการพลังงาน

ตามประกาศกฎกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2552 นั้น เจ้าของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมต้องดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ของตนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้รัฐมีข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพของการจัดการพลังงานอันเป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน กฎกระทรวงดังกล่าวได้กำหนดวิธีการจัดการพลังงานออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังภาพ 2.1

รูปภาพที่ 2.1การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน

ที่มา: (กระทรวงพลังงาน, 2553)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน

2.2.1 การตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงาน

เจ้าของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมต้องจัดให้มีคณะกรรมการการจัดการพลังงานคณะหนึ่ง ที่ต้องขึ้นตรงกับเจ้าของ พร้อมทั้งกำหนดโครงสร้าง อำนาจหน้าที่ และความรับผิดชอบของคณะทำงานฯ ต้องจัดทำเป็นเอกสารเพื่อเผยแพร่ให้บุคคลากรของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมทราบด้วย โดยอำนาจหน้าที่ของคณะทำงานฯ ที่ต้องมีประกอบด้วยการดำเนินงานด ได้แก่ การดำเนินการจัดการพลังงานให้สอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงาน และวิธีกาจัดการพลังงานของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอความร่วมมือในการปฏิบัติการตามนโยบายฯ รวมทั้งจัดการฝึกอบรมหรือกิจกรรมเพื่อสร้างจิตสำนึกของบุคคลากรที่เกี่ยวข้อง ควบคุมดูแล รายงานผล เสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดหรือทบทวน พร้อมทั้งสนับสนุนเจ้าของฯ ในการดำเนินการตามกฎกระทรวงกำหนด

2.2.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

คณะกรรมการ/คณะทำงานต้องทำการประเมินเพื่อให้ทราบองค์ประกอบแต่ละส่วนถึงสถานภาพการจัดการพลังงานที่เป็นจริงในปัจจุบันให้ได้มากที่สุด ซึ่งการประเมินนั้นจะมีการพิจารณาเป็น 6 ส่วน คือ นโยบายการจัดการพลังงาน การจัดการองค์กร การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ ระบบข้อมูลข่าวสาร การประชาสัมพันธ์ และการลงทุน โดยแต่ละส่วนจะมีคะแนนระหว่าง 0-4 คะแนนจากนั้นทำผลไปกำหนดเป้าหมายและทิศทางในการอนุรักษ์พลังงานได้ต่อไป

2.2.3 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

เจ้าขององค์กรหรือผู้บริหารระดับสูง ต้องกำหนดเพื่อแสดงเจตจำนง วิสัยทัศน์ในการดำเนินการจัดการพลังงาน การสร้างความเข้าใจ การมีจิตสำนึก การสนับสนุน และเป็นแนวทางให้แก่บุคคลากรทั้งหมด โดยต้องมีการประชาสัมพันธ์เผยแพร่นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน เช่น การปิดประกาศที่ชัดเจน เพื่อให้เกิดความร่วมมือของบุคคลากรทุกคน

2.2.4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

เจ้าของต้องดำเนินการประเมินเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพการการใช้และการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นจริง ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลทั่วไป ข้อมูลการผลิต/การบริการ ข้อมูลเครื่องจักร/อุปกร์ และภาพรวมการใช้พลังงานทั้งหมด เพื่อสามารถประเมินการใช้พลังงานในแต่ละประเภทงาน โดยการประเมินนั้นต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

2.2.5 การจัดให้มีการกำหนดเป้าหมายและแผนกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

เจ้าขององค์กรต้องกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานที่ประสงค์ให้ลดลง โดยกำหนดเป็นร้อยละของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม หรือกำหนดระดับของการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต รวมทั้งระบุระยะเวลาการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ในแผนการดำเนินการต้องมีระยะเวลาการลงทุน ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ทั้งนี้ ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ซึ่งต้องมีการจัดกิจกรรมส่งเสริม ฝึกอบรม ให้แก่บุคคลากรอย่างต่อเนื่องและทั่วถึง

2.2.6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบ การวิเคราะห์ การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

เพื่อเป็นการดำเนินการตามแผนที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งต้องตรวจและวิเคราะห์การทำงานเป็นประจำเพื่อตรวจสอบว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ หากพบปัญหาก็ดำเนินการแก้ไข

2.2.7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

เพื่อติดตามผลการดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้ว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ อาจมีการติดตามอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

2.2.8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

เพื่อให้ทราบการบรรลุเป้าหมายของแผนที่กำหนดไว้ โดยต้องทบทวนและวิเคราะห์ตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่มีอยู่ และสนับสนุนส่งเสริมแผนงานหรือมาตรการต่อไป เป็นการส่งเสริมให้เกิดการจัดการพลังงานขององค์กรอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

2.3 การใช้พลังงานในอาคาร

การใช้พลังงานในอาคารขึ้นกับการออกแบบอาคารและการออกแบบกิจกรรมภายในอาคาร เช่น ประเภทอาคาร ตำแหน่งที่ตั้ง กิจกรรมการใช้งาน การออกแบบทางสถาปัตยกรรม ระยะเวลาการใช้งาน เป็นต้น ซึ่งลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารก็ขึ้นกับลักษณะ

สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ สามารถแบ่งกิจกรรมตามการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากประเภทอาคารแล้ว ยังพบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารแต่ละประเภท ยังมีความแตกต่างกันด้วย ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 หมวดหลัก คือ ระบบเครื่องปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และสำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ร้อยละสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารแต่ละประเภท

ประเภท	ร้อยละของสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบต่างๆ		
	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	ระบบอื่นๆ
โรงแรม	61.5	15.3	23.7
ห้างสรรพสินค้า	60	25	15
สำนักงาน	50	25	25
โรงพยาบาล	77.5	14.7	7.8
สถานศึกษา	47	38	15

ที่มา: (จินดาวณิค, 2546)

จากตารางสังเกตุได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าประเภทระบบปรับอากาศ มีสัดส่วนมากที่สุดในทุกประเภทอาคาร จึงเล็งเห็นได้ว่า ระบบปรับอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันมากที่สุดสำหรับอาคารแต่ละประเภท ซึ่งการจัดการประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศย่อมมีผลกับ

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารนั้นๆ ด้วยเช่นกัน โดยอันดับถัดมาคือระบบแสงสว่างและระบบอื่นๆ เช่น ลิฟต์ อุปกรณ์สำนักงาน เป็นต้น

2.4 ดัชนีการใช้พลังงานในอาคาร (SEC)

ดัชนีที่ใช้แสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิต หรือ การใช้ประโยชน์ของอาคาร เรียกว่า ดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption: SEC) ดัชนีการใช้พลังงานดังกล่าวจำเป็นต้องมีการดำเนินการสำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน และลักษณะการใช้ประโยชน์ของอาคารสำนักงานแต่ละแห่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) ที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ทราบถึงสถานการณ์การใช้พลังงาน และเกณฑ์ทีเหมาะสมของการใช้พลังงานต่อพื้นที่/อุปกรณ์ของตนเอง และกำหนดเป้าหมายทิศทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด สามารถวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานจากความสัมพันธ์การใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย คือ ดัชนีการใช้พลังงานรวมของอาคารได้ดังนี้

$$SEC = \frac{\text{พลังงานรวม (kWh/ปี)}}{\text{พื้นที่ใช้สอย } (m^2)} \quad \text{..... (2.1)}$$

2.5 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่จำเป็นแก่การดำรงชีวิต ใช้ระบบปรับอากาศได้ตามสถานที่หรือกิจกรรมต่างๆ เพื่อทำให้มีอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การทำงานหรือทำกิจกรรม เพื่อเป็นการระบายความร้อนให้กับทั้งคนและเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ในสำนักงาน ในอุตสาหกรรม หรือแม้การถนอมอาหาร เป็นต้น

การทำงานของระบบปรับอากาศนั้น โดยทั่วไประบบขนาดเล็กมีการทำงานโดยใช้พัดลมดูดหรือเป่าอากาศผ่านขดท่อความเย็น (Evaporator) ทำให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศลดลงได้ความต้องการ ณ จุดที่ใช้งาน ส่วนระบบปรับอากาศที่มีขนาดใหญ่จะใช้น้ำหรืออากาศ หากใช้น้ำจะใช้สารทำความเย็นเพื่อทำให้น้ำเย็นแล้วส่งน้ำเย็นไปยังอุปกรณ์ส่งลมเย็น (Air Handing Unit: AHU) หรืออุปกรณ์จ่ายลมเย็น (Fan Coil Unit: FCU) หลังจากนั้นอากาศจะถูกดูดหรือเป่าผ่านขดท่อทำความเย็นของ AHU หรือ FCU เพื่อรับความเย็นนั้นจากน้ำเย็น ทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่ต้องการ และจ่ายไปยังจุดใช้งานผ่านระบบท่อลม (Air Duct) และหัวจ่ายลม (Supply Air Diffuser)

2.5.1 ประเภทของระบบปรับอากาศ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

ประเภทปรับอากาศแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง (Central Air Conditioning) มี 2 ชนิด คือ เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) และเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

ประเภทปรับอากาศแบบชุด (Package Air Conditioning) ซึ่งแยกได้เป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Package) และการระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooler Package)

ประเภทอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioning) แยกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือหน่วยแฟนคอยล์ (Fan Coil Unit, FCU) และคอยล์ร้อน (Condenser Unit, CDU)

โดยระบบปรับอากาศของงานวิจัยนี้ จะเป็นแบบทำความเย็นจากส่วนกลาง คือเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ประกอบด้วย เครื่องทำนำเย็น (Chiller) เครื่องสูบน้ำ (Water pump) และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handing Unit)

2.5.2 ระบบและอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและทำความเย็น

ระบบทำน้ำเย็น

ระบบทำน้ำเย็นในภาคอุตสาหกรรม มีจุดมุ่งหมายที่ผลิตน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิตหรือเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในห้องที่ผลิตสินค้าให้มีค่าคงที่แม้ว่าภาระทำความเย็นจะเปลี่ยนไป สำหรับระบบปรับอากาศขนาดใหญ่นิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำซึ่งมีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าของระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่มีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูงกว่ากระบวนการของระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบอัดไอประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์(Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาพอเรเตอร์(Evaporator) และเอ็กแพนชั่นวาล์ว(Expansion Valve)โดยมีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134 A บรรจุอยู่ภายในวงจรสารทำความเย็นเมื่อป้อนไฟฟ้าเข้าที่คอมเพรสเซอร์ คอมเพรสเซอร์จะดูดไอสารทำความเย็นที่ อีวาพอเรเตอร์แล้วอัดส่งไปเข้าที่คอนเดนเซอร์ อีวาพอเรเตอร์จะมีความดันและอุณหภูมิต่ำลง ความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลผ่านอีวาพอเรเตอร์จะถ่ายเทให้กับสารทำความเย็นที่อยู่ภายในวงจรทำให้สารทำความเย็นระเหยกลายเป็นไอ ในขณะเดียวกันที่ คอนเดนเซอร์ จะมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จากการอัดสารทำความเย็นโดยคอมเพรสเซอร์ ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นหรือระบายความร้อนด้วยอากาศสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวกลาย เป็นของเหลวที่ความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านเอ็กแพนชั่นวาล์วความดันก็จะลดลงเท่ากับความดันต่ำที่ อีวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็น

ก็จะไหลครบวัฏสารทำความเย็น หากระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น น้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากคอนเดนเซอร์ก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งไปที่หอทำความเย็น (Cooling Tower) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการระเหยน้ำ ทำให้น้ำที่เหลือเย็นลง แล้วไหลกับไปรับความร้อนที่คอนเดนเซอร์อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำหล่อเย็น น้ำเย็นเมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์ก็มีอุณหภูมิต่ำลงเมื่อถูกเครื่องสูบน้ำเย็นส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศภายในห้องปรับอากาศ ทำให้น้ำลดความเย็นลงแล้วไหลกลับไป ถ่ายเทความร้อนให้กับอีวาพอเรเตอร์อีกทำให้ครบวัฏจักรน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากห้องปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็นทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงแล้วส่งกลับไปที่ห้องปรับอากาศทำให้ครบวัฏจักรลมเย็น

เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็น แบบอัดไอประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์ (compressor) คอนเดนเซอร์(condenser) อีวาพอเรเตอร์ (evaporator) และเอ็กแพนชั่นวาล์ว (expansion valve) มีสารทำความเย็น เช่น R22 หรือ R134 a บรรจุอยู่ภายใน โดยทำหน้าที่ผลิตน้ำเย็นส่งไปให้กับเครื่องส่งลมเย็น เครื่องทำน้ำเย็นใช้คอมเพรสเซอร์ได้หลายแบบ เครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ประมาณ 500 ตันความเย็น(TON)นิยมใช้ คอมเพรสเซอร์แบบ เซ็นทริฟิวเกิล (Centrifugal) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูง เช่น 0.6 kW/TON เครื่องทำน้ำเย็นขนาดกลางประมาณ 300 ตันความเย็นจะใช้คอมเพรสเซอร์ แบบสกรู (Screw) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพปานกลาง เช่น 0.8 kW/TON และเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็กประมาณ 100 ตันความเย็นจะใช้ คอมเพรสเซอร์ ลูกสูบ(piston)ซึ่งจะมีประสิทธิภาพต่ำ เช่น 1.0 kW/TON

เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump)

เป็นอุปกรณ์หลักในการขับเคลื่อนของเหลวซึ่งในที่นี้คือน้ำโดยการป้อนพลังงานเชิงกลเข้าไป ทำให้น้ำที่ถูกขับจะมีความดันสูงขึ้น ความดันดังกล่าวจะทำหน้าที่เอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากท่อ ข้อต่อ วาล์ว และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้อัตราการไหลตามที่ต้องการ การขับเคลื่อนเครื่องสูบน้ำนั้นจะอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในระบบปรับอากาศนั้นเครื่องสูบน้ำจะสามารถพบได้ในทั้งระบบน้ำเย็นและระบบน้ำระบายความร้อน (ระบบน้ำหล่อเย็นหรือพัดลมระบายความร้อน) เครื่องสูบน้ำจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

แบบ Positive Displacement เครื่องสูบน้ำแบบนี้จะอาศัยการกักน้ำในบริเวณที่มีปริมาตรจำกัด แล้วอาศัยแรงดันเพื่อลดปริมาตรนั้นลง ส่งผลให้เกิดการไหลขึ้น ตัวอย่างได้แก่ แบบลูกสูบ แบบโรตารีเวน แบบไดอะแฟรม เครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะให้ความดันสูงและอัตราการไหลต่ำ

แบบ Rotodynamic เครื่องสูบน้ำแบบนี้จะอาศัยหลักการเหลี่ยงของใบพัด เพื่อให้น้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้นและพลังงานจลน์ที่ได้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของความดันของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะ

ส่งผลให้เกิดการไหลขึ้นเช่นกัน ตัวอย่าง ได้แก่ แบบหอยโข่ง ซึ่งมีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในที่อยู่อาศัยอาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องสูบน้ำประเภทนี้จะให้ความดันต่ำ และอัตราการไหลสูง

หอทำความเย็น (Cooling Tower)

หอทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำหล่อเย็น ซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นสู่บรรยากาศ ดังนั้นปริมาณของน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอทำความเย็นจะมีปริมาณลดลง จึงต้องมีการเติมน้ำจากแหล่งน้ำภายนอกเข้าสู่ตัวหอทำความเย็นเพื่อรักษาปริมาณน้ำในระบบให้คงที่ หอทำความเย็นนั้นสามารถแบ่งตามการไหลของอากาศได้เป็น 2 ชนิดคือ

แบบการไหลธรรมชาติ (Natural Draft) หอทำความเย็นแบบการไหลธรรมชาติจะใช้หลักการลอยตัวเนื่องจากผลต่างของความหนาแน่น โดยที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและชื้นจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศที่เย็นกว่าและแห้งกว่า ส่งผลให้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและชื้นจะลอยตัวขึ้น

แบบการไหลเชิงกล (Mechanical Draft) หอทำความเย็นแบบไหลเชิงกลจะอาศัยพัดลมในการขับเคลื่อนอากาศ ซึ่งจะสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบ Forced Draft คือการเป่าอากาศเข้าสู่หอทำความเย็น และแบบ Induced Draft คือ แบบดูดอากาศออกจากหอทำความเย็น นอกจากนี้หากแบ่งหอทำความเย็นตามลักษณะทิศทางการไหลระหว่างอากาศและน้ำจะสามารถแบ่งหอทำความเย็นได้เป็น 2 ชนิดคือ แบบการไหลสวนทาง (Counter Flow) และ แบบการไหลตั้งฉาก (Cross Flow)

หากพิจารณาถึงภายในหอทำความเย็นน้ำจะบรรจุด้วยฟิล (Fill) ซึ่งมีหน้าที่เพิ่มพื้นที่ผิวของน้ำเพื่อให้สัมผัสกับอากาศได้มากที่สุดและมีหน้าที่ทำให้น้ำสัมผัสกับอากาศได้นานที่สุด ฟิลนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบ Splash ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบยาวจำนวนหลายแถบวางเหลื่อมกันเพื่อขวางการไหลของน้ำที่ตกลงมา เป็นผลให้น้ำแตกกระจายเป็นหยดน้ำขนาดเล็กและแบบ Film ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบางและบังคับให้น้ำไหลตามร่องที่ต้องการ

ปัจจุบันหอทำความเย็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายกับระบบปรับอากาศคือหอทำความเย็นแบบ Induced Draft, Film Fill โดยมีทั้งแบบ Counter Flow และ Cross Flow

เครื่องส่งลมเย็น (Air Handing Unit: AHU)

เครื่องส่งลมเย็นเป็นอุปกรณ์ทางด้านปลายทางของระบบน้ำเย็น ซึ่งทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็นที่มาจากเครื่องทำน้ำเย็นกับอากาศในห้องปรับอากาศ ส่งผลให้อากาศที่ผ่านออกไปมีอุณหภูมิต่ำลงและนำไปใช้เพื่อปรับอากาศต่อไป เครื่องส่งลมเย็นเป็นเครื่องชุดคอยล์ทำลมเย็นที่ประกอบด้วย พัดลม คอยล์ทำความเย็น แดมเปอร์ และแผงกรองอากาศรวมอยู่ในตัวเครื่องเดียวกัน เครื่องส่งลมเย็น ขนาดใหญ่มักจะนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า AHU (Air Handling Unit๗ สำหรับเครื่องขนาดเล็ก จะเรียกว่า FCU (Fan Coil Unit)การติดตั้งเครื่องมักจะติดตั้งอยู่ภายใน

อาคาร โดยถ้าเป็นเครื่องขนาดเล็ก มักจะติดตั้งโดยการแขวนใต้ฝ้าเพดาน ยึดติดกับผนัง ตั้งพื้น หรือซ่อนในฝ้าเพดาน สำหรับเครื่องขนาดใหญ่ มักจะจัดให้มีห้องเครื่อง และ นำเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่มาตั้งภายในห้องนี้ หากมีการใช้ระบบท่อลมในการส่งลมเย็น ก็จะต่อท่อลมมาเข้ากับเครื่อง ท่อลมที่ออกจากเครื่องเรียกว่าท่อลมส่ง(Supply air duct) ท่อลมที่นำลมภายในห้องกลับมาที่เครื่องเรียกว่า ท่อลมกลับ (Return air duct) (ยงเจริญ, 2560)

2.5.3 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ

การหาค่าโดยทั่วไปมี 2 วิธี โดยแต่ละวิธีมีนิยามในการหาดังนี้

ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance: COP) พิจารณาเฉพาะพลังงานที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ เป็นเพียงค่าที่แสดงประสิทธิภาพการทำความเย็นเท่านั้น ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยคอยล์เย็น หรือความสามารถในการทำความเย็นที่สามารถทำได้ กับพลังงานที่ระบบใช้ เมื่อค่า COP สูงบ่งบอกถึงระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพดี สามารถคำนวณได้จากดังสมการ

$$COP = \frac{Q_L}{W} \qquad \text{..... (2.2)}$$

โดยที่ Q_L = อัตราการทำความเย็น (kW)

W = ความต้องการกำลังไฟฟ้า (kW)

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้า(กิโลวัตต์) กับขีดความสามารถการทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำน้ำเย็น(ตัน) ดังสมการ

$$CHP = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (kW)}}{\text{ความสามารถการทำความเย็น(TR)}} \qquad \text{..... (2.3)}$$

2.5.4 มาตรฐานระบบปรับอากาศ

ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น สำหรับอาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลงมีพื้นที่รวมกัน 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ตามกฎกระทรวง และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ดังตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศติดตั้งใช้งานในอาคาร (สำหรับชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ)

ประเภทของเครื่องทำน้ำเย็น สำหรับระบบปรับอากาศ		ภาระความเย็นพิกัด(Ton)	ค่า kW/ton (kW/ton)
ชนิดการระบายความร้อน	ชนิดของเครื่องอัด		
ระบายความร้อนด้วยอากาศ	ทุกชนิด	น้อยกว่า 300	1.33
		มากกว่า 300	1.31

ที่มา:ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 (กระทรวงพลังงาน, 2552)

2.5.5 ตัวอย่างมาตรการประหยัดพลังงานระบบปรับอากาศ

1) การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Condenser water reset) การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะช่วยลด ความดันด้านคอนเดนเซอร์ทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้กำลังงานลดลงจึงช่วยประหยัดพลังงาน

2) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น (Leaving Chilled water reset)

3) การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นจะช่วยเพิ่ม ความดันด้านเครื่องระเหย ทำให้คอมเพรสเซอร์ใช้กำลังงานลดลง จึงช่วยประหยัดพลังงาน

4) การจัดลำดับการเดินเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller sequence) การจัดลำดับการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ให้เป็นตามความต้องการของภาระทำความเย็นโดยให้เครื่องทำน้ำเย็นที่กำลังทำงานมีภาระไม่ต่ำเกินไปควรให้ทำงานอยู่ในช่วง 60-90 %

Chulalongkorn University

5) การทำความสะอาดคูลเลอร์และคอนเดนเซอร์ การทำความสะอาดคูลเลอร์ (Cooler) จะทำให้มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำเย็นกับสารทำความเย็นดีขึ้น และมีอุณหภูมิเข้าใกล้ (cooler approach temperature, ผลต่างระหว่างอุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์กับอุณหภูมิน้ำเย็นขาออก) อยู่ที่ 1-3 $^{\circ}$F และการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์จะมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นกับสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ดีขึ้น และมีอุณหภูมิเข้าใกล้ (condenser approach temperature, ผลต่างระหว่างอุณหภูมิอิ่มตัวของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์กับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นขาออก) อยู่ที่ 3-6 $^{\circ}$F

2.7 ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

2.7.1 หลักการให้แสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งการใช้แสงสว่างนั้นมีเป้าหมายหลักๆ เช่น เพื่อให้การทำงานดำเนินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ไฟส่องโต๊ะทำงาน หรือช่วยให้เกิดความปลอดภัย เช่น ไฟตามท้องถนน/รั้ว หรือเพื่อให้ความสวยงามแก่สถานที่/สิ่งของ/ป้ายต่างๆ โดยการใช้แสงสว่างที่เหมาะสมนั้น แบ่งเป็นหลักการที่สำคัญอยู่ 3 วิธีด้วยกัน ได้แก่

1) การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ เป็นวิธีการให้แสงสว่างจากโคมไฟที่ติดตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนเพดาน ทำให้มีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดทั่วพื้นที่

ข้อดี คือ ออกแบบง่าย ไม่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งจุดทำงานที่แน่นอน และสามารถย้ายตำแหน่งจุดทำงานได้อย่างอิสระ

ข้อเสีย คือ เป็นวิธีการให้แสงสว่างที่สิ้นเปลืองพลังงานสูง

2) การให้แสงสว่างเฉพาะที่ คือการให้แสงสว่างโดยออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานในแต่ละพื้นที่ เหมาะกับสถานประกอบการ/โรงงานที่มีกระบวนการผลิตที่ติดตั้งถาวร

ข้อดี คือ ประหยัดพลังงานมากกว่าการให้แสงสว่างแบบทั่วพื้นที่

ข้อเสีย คือ เนื่องจากเป็นการใช้แสงเฉพาะที่ จึงทำให้หากต้องการปรับตำแหน่งการใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก ไม่อิสระ

3) การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง คือการให้แสงสว่างเฉพาะจุดที่ต้องการใช้แสง หรือ เฉพาะตำแหน่งหรือทิศทางที่ต้องการ แต่ต้องควบคุมทิศทางและความสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อให้เกิดการใช้งานอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการใช้แสงที่เหมาะสมกับสายตา

ข้อดี คือ ประหยัดการใช้พลังงานที่สุดและเหมาะสมกับการทำงานที่ต้องการแสงสว่างในระดับสูงหรือผู้ที่มีสายตาผิดปกติ

ข้อเสีย คือ เนื่องจากเป็นการออกแบบการใช้แสงเฉพาะตำแหน่งซึ่งเป็นการจำกัดพื้นที่การใช้งานมากกว่าการให้แสงเฉพาะที่ จึงทำให้หากต้องการปรับตำแหน่งการใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก ไม่อิสระมาก

2.7.2 นิยามศัพท์และหน่วยวัดที่สำคัญกับปริมาณแสง

ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity: I) หรือกำลังส่องสว่าง (Candle Power) คือค่าปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงลงไปพื้นที่ที่กำหนดโดยแนวมุมองศาและระยะทาง มีหน่วยวัดเป็นแคนเดลา (Candela, cd)

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminance Flux:F) คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen: lm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความสว่าง (Illuminance: E) คือ ปริมาณแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยมีหน่วยวัดเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือ ลักส์ (lux, lx) ซึ่งค่าความสว่างเป็นค่าที่บ่งบอกพื้นที่นั้นๆ ว่าได้รับแสงสว่างเพียงพอหรือไม่ โดยค่าความสว่าง (E) จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่าง (I) และแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสองระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพื้นที่รับแสง ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$E = \frac{F}{A} \quad \text{..... (2.4)}$$

โดยที่ E คือ ความสว่าง (lm/m2) หรือ ลักส์ (lux, lx)
F คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)
A คือ พื้นที่รับแสง (m^2)

ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Efficacy) คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่ป้อนให้แก่หลอด มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W) ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์จากการคำนวณดังนี้

$$Efficacy = \frac{\mathrm{F}}{P} \quad \text{..... (2.5)}$$

โดยที่ Efficacy คือ ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
F คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)
P คือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่แหล่งกำเนิดแสง (W)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7.3 อุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

หลอดไฟฟ้า แบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) หรือเรียกอีกชื่อว่า หลอดไส้ การทำงานของหลอดประเภทนี้อาศัยการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดทั่วไปทำจากทังสเตน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้น หลอดไส้เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างน้อยที่สุดในบรรดาหลอดแสงสว่างทั้งหมด รวมทั้งอายุการใช้งานสั้น คือ ประมาณ 1,000 – 3,000 ชั่วโมง แต่หลอดชนิดนี้เป็นที่นิยมมาก เนื่องจากค่าติดตั้งราคาถูกและทำได้ง่าย โดยหลอดไส้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ หลอดไส้แบบธรรมดา และ หลอดทังสเตนฮาโลเจน

- **หลอดไส้แบบธรรมดา** ประกอบด้วยขดลวดทังสเตนบรรจุในหลอดแก้ว เมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดการเปล่งแสงออกมา ขณะหลอดทำงานขดลวดทังสเตนจะค่อยๆ

ระเหยจนกระทั่งหมดอายุการใช้งาน ไส้หลอดมีลักษณะเป็นขดลวด ส่วนใหญ่ทำจากทังสเตน เหมาะกับการให้แสงสว่างทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องการความรู้สึกแบบอบอุ่น การให้แสงเน้นบรรยากาศ เช่น บ้าน โรงแรม หรือร้านอาหาร เป็นต้น และการใช้งานแสงสว่างในระยะเวลาสั้นๆ เช่น ห้องเก็บของ ห้องน้ำ หลอดชนิดนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 1,000 ชั่วโมง ซึ่งประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไส้แบบธรรมดาขึ้นกับขนาดของหลอด ข้อดีของชนิดนี้คือ จุดหลอมเหลวมีค่าสูงและมีความดันไอต่ำ ทำให้สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ และยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ หลอด GLS (General Lighting Service) และหลอดสะท้อนแสง (Reflector Lamp)

ข้อดี คือ ให้แสงที่มีความถูกต้องของสีมาก สามารถหรี่หรือปรับความสว่างได้ง่ายด้วยระบบหรี่ไฟ หลอดจะสว่างทันทีที่เปิดสวิทซ์ใช้งาน และไม่เกิดคลื่นสัญญาณรบกวน

ข้อเสีย คือ ใช้กำลังไฟฟ้ามากทำให้ต้องเสียค่าไฟฟ้ามาก เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน มีประสิทธิผลในการส่องสว่างต่ำ และมีอายุการใช้งานสั้น ประมาณ 750 – 1,000 ชั่วโมง

- **หลอดทังสเตนฮาโลเจน** เป็นหลอดลักษณะเผาไส้ธรรมดา ทำให้ขณะที่ใช้งานนั้นมีอุณหภูมิสูงจนทำให้เกิดการระเหยของทังสเตน มาเกาะอยู่ที่ผิวในกระเปาะจนแก้วมีสีดำ และทำให้ไส้หลอดบางลงจนไส้หลอดขาด ต่อมามีการพัฒนาหลอดเผาไส้ธรรมดานี้โดยบรรจุธาตุฮาโลเจนเข้าไปกับแก๊สในหลอด และบางรุ่นจะเคลือบ Dichroic film ที่แผ่นสะท้อนแสงซึ่งเหมาะกับใช้ส่องวัตถุที่ไวต่อความร้อน เช่น ผลไม้ อาหาร เป็นต้น หลอดทังสเตนฮาโลเจนมีขนาดเล็กจึงเหมาะกับการทำเป็นหลอดแบบส่องเน้น เพราะสามารถให้ลำแสงแคบได้ โดยหลอดทังสเตนฮาโลเจนนี้มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างสูงกว่าหลอดไส้แบบธรรมดาประมาณ 10% และยังสามารถแบ่งประเภทตามระดับแรงดันการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ หลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันปกติ(220V) มีประสิทธิผลการส่องสว่างดีกว่าชนิดแรงดันต่ำ มีอายุใช้งานเฉลี่ย 2,000 ชั่วโมง และหลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันต่ำ (6V, 12V, 24V) มีอายุใช้งานเฉลี่ย 3,000 ชั่วโมง

ข้อดี คือ หลอดมีอายุใช้งานนานขึ้น และหลอดไม่เปลี่ยนเป็นสีดำ

ข้อเสีย คือ หลอดฮาโลเจนชนิดใช้งานกับแรงดันต่ำต้องไม่ติดตั้งห่างจากตัวโคมมากเกินไปเพราะจะเกิดแรงดันตกในสายได้ และบางชนิดไม่มีกระจกป้องกันหลอด หากถูกสัมผัสบริเวณหลอดจะทำให้อายุการใช้งานของหลอดลดลงได้

2) หลอดปล่อยประจุก๊าซหรือหลอดดีสชาร์จ (Discharge Lamp) หรือเรียกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอดความดันไอต่ำ การกำเนิดแสงที่มองเห็นได้เกิดจากการคายประจุของไอปรอทความดันต่ำ ซึ่งในหลอดประกอบด้วยปรอทและก๊าซอาร์กอนบรรจุอยู่ เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าไปในหลอดจะเกิดการคายประจุแตกตัวเป็นไอออน เมื่อแรงดันที่ขั้วหลอด/ขั้วแคโถด ทั้งสองข้างของหลอดมีค่าสูงพอ ความต้านทานภายในหลอดก็จะต่ำลงทันที ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดแก้วไปกระทบไอปรอท ทำให้ไอปรอท เปล่งรังสี

อัลตราไวโอเลตออกมา และจะกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบผิวด้านในของหลอดแก้ว เปล่งแสงที่มองเห็นได้ทำให้หลอดสว่างขึ้น ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าชนิดหลอดอินแคนเดสเซนต์

ในการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เกี่ยวข้องด้วย บัลลาสต์ทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขั้วหลอด สตาร์ทเตอร์ทำหน้าที่จุดหลอดและจะถูกตัดออกมาจากวงจรเมื่อหลอดติดแล้ว โดยปกติจะมีการอุ่นไส้หลอดก่อนด้วยสตาร์ทเตอร์ แต่ในบางชนิดไม่จำเป็นต้องมีสตาร์ทเตอร์เนื่องจากไม่จำเป็นต้องอุ่นไส้หลอด นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ทรงกระบอก หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ อธิบายแต่ละชนิดได้ดังนี้

- **หลอดฟลูออเรสเซนต์ทรงกระบอก** (Tubular Fluorescent) เป็นรุ่นแรกที่ผลิตและได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและมีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ ลักษณะของหลอดมี 3 แบบ คือ ทรงกระบอกตรง ทรงกระบอกรูปตัวยู และทรงกระบอกรูปวงกลม นอกจากนี้ยังมีการใช้งานที่ให้กำลังไฟฟ้าและประสิทธิผลการส่องสว่างแตกต่างกันตามการพัฒนาทางการผลิต แสดงให้เห็นความแตกต่างของชนิดประเภทหลอดต่อการใช้งาน เช่น ชนิด T5, T8 และ T12 เป็นต้น

ข้อดี คือ ประสิทธิภาพสูงมีอายุการใช้งานนาน 1,300 – 7,000 ชั่วโมง และมีหลายกำลังไฟฟ้าให้เลือกใช้ ประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 80-104 ลูเมนต่อวัตต์

ข้อเสีย คือ บางประเภทหลอดให้กำลังไฟฟ้าสูงแต่มีประสิทธิผลการส่องสว่างน้อย

- **หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์** (Compact Fluorescent) พัฒนามาจากหลอดอินแคนเดสเซนต์เพราะประหยัดได้มากกว่า โดยทั่วไปจะมีอายุการใช้งานประมาณ 8,000 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการส่องสว่างประมาณ 50 – 80 ลูเมนต่อวัตต์ สามารถใช้หลอดชนิดนี้ได้บางพื้นที่ และการทำงานของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มีลักษณะของแสงที่เป็นจุด ทั้งนี้การทำงานยังมีทั้งแบบมีบัลลาสต์แยกหรือรวมก็ได้

ข้อดี คือ เหมาะกับบริเวณที่ต้องการให้เปิดไฟทิ้งไว้เป็นเวลานาน เช่น ไฟส่องสว่างตามทางเดิน เพราะมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทรงกระบอก

ข้อเสีย คือ หากใช้หลอดคอมแพคฯ แทนหลอดทรงกระบอกแนวยาว จะทำให้เกิดเงาเป็นจำนวนมาก เพราะหลอดคอมแพคฯ มีลักษณะของแสงที่เป็นจุด และมีประสิทธิผลการส่องสว่างน้อยกว่าชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ทรงกระบอก

- **หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ** (Induction Fluorescent) หลักการทำงานไม่ต้องผ่านบัลลาสต์ เพราะไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงผ่านขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นรอบตัวหลอด ทำให้เกิดแรงดันสูงเหนี่ยวนำขึ้นที่หลอด ส่งผลให้ก๊าซ(อาร์กอนและปรอท) ที่บรรจุ

ภายในหลอดแตกตัวเป็นไอออน เมื่อแรงดันที่ขั้วแคโถด ทั้งสองข้างของหลอดมีค่าสูงพอ ความต้านทานภายในหลอดก็จะต่ำลงทันที ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดแก้วไปกระทบไอปรอท ทำให้ไอปรอท เปล่งรังสีอัลตราไวโอเลตออกมา และจะกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบผิวด้านในของหลอดแก้ว จึงทำให้หลอดสว่างขึ้นเป็นแสงที่มองเห็นได้ โดยการใช้งานมีอายุประมาณ 60,000 ชั่วโมง มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 8,000-12,000 ลูเมน และมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 80 ลูเมนต่อวัตต์

ข้อดี คือ ไม่จำเป็นต้องมีบัลลาสต์/ขั้วหลอด และมีอายุใช้งานยาวนานมากที่สุดในประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด

ข้อเสีย คือ ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากประมาณ 100-150 วัตต์และมีค่าฟลักซ์การส่องสว่างสูงประมาณ 8,000-12,000 ลูเมน แต่ให้ค่าประสิทธิผลการส่องสว่างได้ต่ำ คือ 80 ลูเมนต่อวัตต์

3) หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium) เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างสูงที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมด มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างที่ 100-189 ลูเมนต่อวัตต์ หลักการทำงานจะใช้ก๊าซนีออนและก๊าซอาร์กอนช่วยให้จุดติดซึ่งจะทำให้ผนังหลอดแก้วมีความร้อนขึ้น ทำให้โซเดียมกลายเป็นไอและให้แสงสีเหลือง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ประมาณ 35-180 วัตต์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 14,000 ชั่วโมง

ข้อดี คือ เหมาะกับการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ต้องการเปิดไฟไว้เป็นระยะเวลานาน

ข้อเสีย คือ แสงของหลอดมีความเพี้ยนของสีสูง ไม่ควรนำไปใช้กับกิจกรรมหรือบริเวณที่ต้องการความถูกต้องของสี

4) หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการมองเห็นที่ดีที่สุดเนื่องจากหลอดเปล่งแสงสีทองเหลือง ซึ่งเป็นสีที่ไวต่อการมองเห็นของมนุษย์ มีประสิทธิผลการส่องสว่าง 70-140 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานยาวนานถึง 18,000 ชั่วโมง จึงเป็นที่นิยมสำหรับการการใช้เพื่อให้แสงสว่างภายนอกอาคาร เช่น ลานจอดรถ ซึ่งหลอดโซเดียมความดันสูงนี้ มีหลากหลายขนิด คือ หลอดโซเดียมความดันสูงแบบมาตรฐาน (ใช้ก๊าซซีนอนช่วยจุดติดที่ความดัน 3 kPa และต้องใช้ Igniter ช่วยจุดติด) หลอดโซเดียมความดันสูงแบบประสิทธิผลการส่องสว่างสูง (ใช้ก๊าซซีนอนช่วยจุดติดที่ความดัน 30 kPa) หลอดโซเดียมที่ใช้แทนหลอดไอปรอทความดันสูง (ไม่ต้องใช้ Igniter เพราะมี Build-in Starting Aid ชนิดนี้ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง 15% และให้ค่าฟลักซ์การส่องสว่างเพิ่ม 40%) และ หลอดโซเดียมความดันสูงที่มีความถูกต้องของสีสูง

ข้อดี คือ อายุใช้งานนาน 18,000 ชั่วโมง

ข้อเสีย คือ ให้ความถูกต้องของสีต่ำยกเว้นรุ่นที่ปรับคุณภาพแสงได้ และต้องใช้เวลาในการอุ่นไส้หลอดประมาณ 3-7 นาทีแสงถึงจะสว่างเต็มที่

5) หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury) หรือหลอดแสงจันทร์ เป็นหลอดดีสชาร์จความดันสูง ใช้เป็นไฟส่องสว่างถนนในซอย หลักการทำงานแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงจุดปรอท ช่วงกำลังเริ่มเปล่งแสง และช่วงสภาวะคงตัว หลอดชนิดนี้มีทั้งแบบใสและแบบเคลือบสารช่วยกระจายแสง และยังสามารถแบ่งโครงสร้างวงจรได้อีก 2 แบบ คือ ใช้/ไม่ใช้บัลลาสต์ ซึ่งบัลลาสต์เป็นตัวช่วยจุดติดของหลอด ถ้าใช้บัลลาสต์จะมีประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 40-60 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 14,000 ชั่วโมง แต่ถ้าไม่ใช้บัลลาสต์ จะมีประสิทธิผลการส่องสว่างไม่สูงมากนักคือประมาณ 19-28 ลูเมนต่อวัตต์ และมีอายุการใช้งานประมาณ 6,000 ชั่วโมง

ข้อดี คือ ชนิดที่ไม่ใช้บัลลาสต์เมื่อเปิดไฟจะมีแสงสว่างที่ได้จากหลอดไส้ในช่วงแรกทันที และส่องสว่างพื้นที่ได้ไวกว่าแบบใช้บัลลาสต์ช่วยจุดติดหลอด

ข้อเสีย คือ ช่วงสภาวะคงที่จะใช้เวลานานในการให้ความสว่างเต็มที่ประมาณ 5 นาที

6) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) การทำงานคล้ายหลอดไอปรอทความดันสูง ต่างกันที่ต้องเติมสารประกอบเมทัลฮาไลด์เข้าไปกับปรอท เพื่อทำให้ได้สีของแสงดีขึ้น ประสิทธิผลการส่องสว่างมีค่าประมาณ 65-95 ลูเมนต่อวัตต์ อายุการใช้งานประมาณ 9,000-20,000 ชั่วโมงและขึ้นกับกำลังไฟฟ้า

ข้อดี คือ เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการเน้นแสดงคุณสมบัติของสีที่ดี เช่น สนามกีฬา

ข้อเสีย คือ อายุการใช้งานน้อยกว่าหลอดไอปรอทความดันสูง

7) หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode, LED) หลอดแอลอีดี เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการเปล่งแสงและควบคุมการกระจายแสงด้วยเลนส์ที่เคลือบไว้ เมื่อใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอิเล็กตรอนจะผ่านไปตามอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทำให้เกิดแสงออกตามความถี่ของแสงที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ หลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงมีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ หลอดแอลอีดีทรงวงรี หลอดแอลอีดีฟลักซ์การส่องสว่างสูง และหลอดแอลอีดีฟลักซ์การส่องสว่างสูงมาก (นิยมใช้กับป้ายโฆษณาไฟจราจร) ปัจจุบันหลอด LED สามารถให้ค่าอัตราความสว่างได้ถึง 80-130 ลูเมนต์/วัตต์ ขึ้นอยู่กับแต่ละผู้ผลิต เมื่อเทียบกับหลอดไส้ ที่ให้ค่าอัตราความสว่างอยู่ที่ 12-15 ลูเมนต์/วัตต์ ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ก็ให้ค่าอัตราความสว่างได้ที่ 40-80 ลูเมนต์/วัตต์ และมีแนวโน้มว่า ด้วยเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้นใหม่และการแข่งขันทางการตลาดที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต LED จะสามารถให้ความสว่างต่อวัตต์เพิ่มขึ้นหรือประสิทธิภาพสูงขึ้นได้อีก

ข้อดี คือ หลอดมีขนาดเล็ก ทนการสั่นสะเทือนสูง เปิดปิดได้บ่อยครั้ง อายุการใช้งานนานถึง 50,000 ชั่วโมง มีประสิทธิผลการส่องสว่างสูง ไม่มีการแผ่รังสี UV และอินฟราเรด ไม่มีกำลังสูญเสียในการจุดติดหลอด

ข้อเสีย คือ หลอดแอลอีดีสมรรถสูงบางชนิดมีราคาสูง

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟ LED กับหลอดไฟชนิดอื่นๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ประสิทธิภาพการส่องสว่างเฉลี่ย (lm/w)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (ชม.)
หลอดLED	90	60,000
หลอดไส้Halogen	55	2,500
Flourescent	80	18,000
Mercury	65	22,000
Metal-Halide	100	9,000
Hi-pressure soduim	130	20,000
Lo-pressure soduim	190	18,000

ที่มา: (เคแอลซีไบร์ท, 2561)

บัลลาสต์

เป็นอุปกรณ์มีอยู่ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างและจำเป็นสำหรับหลอดประเภทฟลูออเรสเซนต์และประเภทหลอดคายประจุความดันสูง มีหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปที่หลอดไฟให้มีค่าเหมาะสม สม่ำเสมอตามแต่ละประเภทหลอดแต่ละชนิด นอกจากช่วยให้วงจรไฟฟ้าแสงสว่างให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อการควบคุมฟลักซ์การส่องสว่าง อายุการใช้งานของหลอด และการใช้พลังงานไฟฟ้าในวงจรด้วย โดยสามารถแบ่งชนิดของบัลลาสต์ได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ บัลลาสต์แกนเหล็ก และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1) บัลลาสต์แกนเหล็ก หลักการทำงานจากแกนเหล็กประกอบมาจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกันและพันรอบขดลวดทองแดง โดยทั่วไปจะเป็นชนิดความเหนี่ยวนำ มีการสูญเสียพลังงาน 9-13 วัตต์ หรืออย่างน้อยสุดคือไม่เกิน 6 วัตต์ แล้วแต่คุณภาพของแกนเหล็ก และขึ้นกับขดลวดที่นำมาใช้และขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า ซึ่งทำให้บัลลาสต์มีอุณหภูมิขณะทำงานอยู่ที่ 55-70 องศาเซลเซียส หรืออย่างน้อยที่สุดอยู่ในช่วง 35-50 องศาเซลเซียส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อดี คือ ราคาต่ำ อายุการใช้งานนานถึง 20 ปี ทนต่อสภาพแวดล้อม หาซื้อและติดตั้งง่าย เมื่อเลิกใช้งานสามารถนำขยะบัลลาสต์แกนเหล็กไปเป็นขยะรีไซเคิลได้

ข้อเสีย คือ สูญเสียพลังงานสูง เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม เกิดเสียงคราง มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ เกิดการกระเพื่อมและใช้เวลา 2-3 วินาทีจึงสว่าง เกิดการพริบเมื่อหลอดไฟฟ้า บัลลาสต์หรือสตาร์ทเตอร์เสื่อม ทำให้เปลืองไฟ อาจทำให้เกิดไฟไหม้ เพราะกระแสสูงผิดปกติ ทำให้ขดลวดร้อนผิดปกติ

2) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นบัลลาสต์ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีการสูญเสียพลังงานน้อย ประมาณ 1-2 วัตต์ เปิดติดทันทีไม่กระพริบ ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ไม่มีเสียงรบกวน ทำให้อายุการใช้งานของหลอดแสงสว่างนานขึ้น 2 เท่า ของหลอดแสงสว่างที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา ดังนั้นหากมีชั่วโมงการใช้งานต่อวันมากควรเลือกใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดไฟแล้วยังมีประโยชน์อีกหลายอย่าง ดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่ในการเลือกซื้อและเลือกใช้ควรตวจสอบมาตรฐาน และวัสดุชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์เพราะไม่อย่างนั้นอาจจะมีผลกระทบเรื่องฮาโมนิคเพิ่มเติมในระบบไฟฟ้า

ข้อดี คือ ให้แสงสว่างทันที ไม่มีการกระเพื่อม ลดการสูญเสียพลังงาน 20% ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม ลดเสียงคราง ลดความเสื่อมของหลอดไฟ สามารถประยุกต์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้ สามารถหรี่แสงได้ สามารถใช้กับหลอดไฟฟ้าได้ถึง 3-4 หลอด มีค่าตัวประกอบสูง มีวงจรควบคุมตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อผิดปกติ มีอายุการใช้งานนานขึ้น น้ำหนักเบา ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก

ข้อเสีย คือ ราคาสูง มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีฝุ่น/ละอองน้ำ/ไอน้ำมันหรือที่ๆมีแรงดันไม่คงที่ ต้องระวังในการเลือกซื้อให้เหมาะสมกับลักษณะงาน และเมื่อเลิกใช้งานแล้วกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ทางสิ่งแวดล้อม เกือบทั้งหมดไม่สามารถรีไซเคิลได้เหมือนบัลลาสต์แกนเหล็ก

โคม

ทำหน้าที่คุมทิศทางแสงจากหลอดไฟให้กระจายไปตกบริเวณที่ต้องการ โคมไฟแต่ละชนิดจึงเหมาะสมกับงานที่ต่างกันไป การเลือกใช้โคมไฟจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยสามารถแยกประเภทโคมไฟตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

1) พิจารณาลักษณะประเภทและการติดตั้งดวงโคม จำแนกได้ตามสถานที่ต่างๆ ได้แก่ แบบห้อย แบบแขวน แบบยึดติดเพดาน/ฝ้า

2) พิจารณาตามลักษณะของการนำไปใช้งาน เช่น สำหรับงานอุตสาหกรรม สำหรับบ้าน สำหรับการประดับตกแต่ง สำหรับถนน

3) พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟ เช่น ตามรูปร่างของหลอด กำลังไฟฟ้าของหลอด หรือประเภทของหลอด เช่น โคมสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

4) พิจารณาตาม่ลักษณะการกระจายแสงสว่างของดวงโคม สามารถพิจารณาได้ตามแนวเส้นโค้งของดวงโคมที่ส่งผลต่อการกระจายกำลังการส่องสว่างของแสง ซึ่งดวงโคมมีการกระจายแสงสว่างนั้นมีด้วยกัน 6 ชนิด คือ ลงด้านล่าง กึ่งลงด้านล่าง(บางส่วนขึ้นเพดาน) กระจายรอบด้าน กระจายขึ้นด้านบน-ลงด้านล่าง สว่างขึ้นด้านบน และกึ่งสว่างขึ้นด้านบน(บางส่วนลงด้านล่าง)

2.7.4 ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร

ระดับความส่องสว่าง ในที่นี้จะเน้นแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาคารทั่วไป อาคารสถานศึกษา และพื้นที่เกี่ยวข้องกับสถานศึกษา ดังตาราง

ตารางที่ 2.4 ระดับความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคาร ตามคำแนะนำจากสมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย

พื้นที่และประเภทกิจกรรม	ความส่องสว่าง (ลักซ์)
1. อาคารสถาบันการศึกษา โรงเรียน	
พื้นที่สำหรับการเรียนการศึกษาทั่วๆไป	300
พื้นที่สำหรับเรียนภาคค่ำ/ผู้ใหญ่, ห้องบรรยาย	500
พื้นที่หน้ากระดานดำ พื้นที่โต๊ะสาธิตทำงาน	500
ห้องเรียนทางด้านศิลปะและหัตถกรรม	500
ห้องแสดงศิลปะในโรงเรียนสอนศิลปะ ห้องเขียนแบบ	750
ห้องฝึกหัดทางภาษา ทางดนตรี	300
ห้องทดสอบและฝึกหัด	500
ห้องเตรียมงานและฝึกหัดทั่วไป, ห้องฝึกหัดทางคอมพิวเตอร์	500
ห้องทำงานอาจารย์, พื้นที่ออกกำลังกายในร่ม	300
2. อาคารทั่วไป	
โถงทงเข้าอาคาร, พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร,ห้องพักผ่อน	100
โถงนั่งพัก, ห้องอาหารทั่วไปภายในอาคาร, ห้องอุปกรณ์ไฟฟ้า	200
บันได,บันไดเลื่อน,ทางเลื่อน,พื้นที่ขนถ่ายสินค้าภายในอาคาร	150
ห้องน้ำ, ห้องสุขา, ห้องรับฝากของ, ห้องควบคุม	200
ห้องชุมสายโทรศัพท์/ไปรษณีย์/พัสดุ, ห้องปฐมพยาบาล	500
ห้องเก็บของ	50
3. พื้นที่จอดรถภายในอาคารทั่วไป	
ทางเข้า-ออก (ช่วงกลางวัน), ห้องจ่าย/เก็บบัตรจอดรถ	300
ทางเข้า-ออก (ช่วงกลางคืน)} ช่องทางรถวิ่ง (ทางลาดชัด/หัวมุม)	75
พื้นที่จอดรถ	75
4. อาคารสำนักงาน	
ห้องประชุม, พื้นที่ประชาสัมพันธ์/ต้อนรับ	300

ที่มา: (สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2559)

2.7.5 ตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

1) ออกแบบแสงสว่างให้หมาะกับกิจกรรม
2) ออกแบบดวงโคมที่ให้ประสิทธิภาพสูง
3) ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง
4) ใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ
5) ใช้แสงธรรมชาติช่วย ขึ้นกับการออกแบบคุมแสงสว่างที่เหมาะสมด้วย
6) การควบคุมแสงบาดตาที่หน้าต่าง
7) การบำรุงรักษา เปลี่ยนและทำความสะอาด
8) การปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาป้องกันพลังงานสูญเปล่าหากไม่ดูแล
9) การปิดไฟเมื่อไม่ใช้ หรือมีกำหนดการใช้งานเป็นเวลา

2.8 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน

2.8.1 มูลค่าสุทธิปัจจุบัน (Net Present value: NPV)

เป็นค่าผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิ (ผลการประหยัดต้นทุนพลังงานจากมาตรการในรูปของตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุโครงการ) กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา โดยใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) ตัวใดตัวหนึ่งมาปรับมูลค่าของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาให้มาอยู่ที่จุดเดียวกัน คือ ณ ปัจจุบัน วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV นับเป็นการวัดความเป็นไปได้ในการลงทุนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการนำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาร่วมพิจารณา และเป็นการคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ, กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ ระยะเวลาโครงการ และ อัตราคิดลด หรือ ค่าของทุนของธุรกิจ สามารถนำไปเขียนความสัมพันธ์เป็นการคำนวณ ได้ดังนี้

$$NPV = \sum_1^n \frac{B(1+j)^n}{(1+i)^n} - I_0 \quad \text{..... (2.6)}$$

โดยที่ n = อายุของโครงการ (ปี)

I_0 = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total investment)

i = อัตราคิดลด (Discount rate)

j = อัตราเงินเฟ้อ (Inflation rate)

B = ผลที่ประหยัดได้ (Benefit)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

สำหรับในกรณีที่มีโครงการลงทุนที่น่าสนใจมากกว่า 1 โครงการ จะต้องจัดอันดับโครงการโดยเรียงลำดับตามมูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้จากค่ามากไปหาค่าน้อย ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็น มูลค่า เท่าไร เมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPVเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจ เลือกโครงการได้ ในกรณีที่โครงการมี ขนาดต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้น การตัดสินใจให้การสนับสนุน ควรจะต้องนำเครื่องมืออื่น มาประกอบการ พิจารณา ควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2.8.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

เป็นอัตราคิดลด (Discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแส เงินสด ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงาน ตลอดอายุ โครงการ จากคำนิยามข้างต้น หรืออัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับตลอดอายุโครงการ การคำนวณหาผลตอบแทนคิดลดจะต้องทราบข้อมูลดังนี้ กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ และระยะเวลาของโครงการ ทั้งนี้คำนวณภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชีได้จากสมการดังนี้

$$I_0 = \sum_1^n \frac{B(1+j)^n}{(1+IRR)^n} \quad \text{..... (2.7)}$$

โดยที่ n = อายุของโครงการ (ปี)

I_0 = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ

j = อัตราเงินเฟ้อ (Inflation rate)

B = ผลที่ประหยัดได้ (Benefit)

IRR = อัตราผลตอบแทนคิดลด(Internal Rate of Return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า Discount Rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่า หรือ เท่ากับ ค่าของทุน Discount Rate (I) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่าโครงการดังกล่าวเป็นโครงการที่น่าลงทุน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.8.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุนนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและไม่ซับซ้อน เป็นการประเมินคร่าวๆและรวดเร็วเหมาะกับเม็ดเงินลงทุนจำนวนไม่มาก อย่างไรก็ตามการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจุดอ่อนตรงที่ไม่ได้นำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาพิจารณาและไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่ได้รับภายหลังระยะเวลาคืนทุน ทำให้อาจเกิดการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นในบางกรณีอาจแก้ปัญหาโดยนำกระแสเงินสดมาปรับลดด้วยอัตราคิดลด ซึ่งเป็นการสะท้อนมูลค่าเงินตามเวลาก่อน แล้วค่อยนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (discount payback period : DPB) (วนเศรษฐ, 2558)

วิธีการคิดระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณหาได้โดยคำนวณหากระแสเงินสดสะสมสุทธิในแต่ละงวดเวลา จนกระทั่งกระแสเงินสดสะสมเป็นบวก หากกระแสเงินสดสะสมสุทธิเปลี่ยนจากการติดลบเป็นบวก หมายถึงว่าระยะเวลาคืนทุนเกิดขึ้นภายในงวดเวลานั้น สามารถคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนได้ดังสมการนี้

$$PB = \text{จำนวนงวดก่อนคืนทุน} + \frac{\text{เงินส่วนที่ยังไม่ได้คืนทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในปีที่คืนทุน}}$$

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรรษา อุไรรัตน์ (2558).“การอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงานใหญ่การท่าเรือแห่งประเทศไทย” (อุไรรัตน์, 2558)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอาคารสำนักงานใหญ่การท่าเรือแห่งประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ใช้สอย 26,130 ตารางเมตร คนทำงาน 2,000 คน และเวลาทำการของอาคารตั้งแต่วันจันทร์ – วันศุกร์ เวลา 08.30 – 16.30 น. การศึกษามุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการพลังงานในอาคาร เมื่อได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานจะตรวจวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุง เพื่อประเมินผลประหยัดพลังงาน และความคุ้มค่าในการลงทุน

จากการศึกษาพบว่าอาคารใช้ระบบการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนของกระทรวงพลังงาน ในปี 2558 อาคารมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,573,100 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 13,649,715 บาทต่อปี และมีดัชนีการใช้พลังงาน 136.74 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักอยู่ที่ระบบปรับอากาศ ร้อยละ 52 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ร้อยละ 18 และระบบอื่นๆ ร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่

มีศักยภาพรวม 6 มาตรการ ได้แก่ 1) มาตรการติดตั้ง VSD ในเครื่องสูบน้ำเย็นของเครื่องทำความเย็น 2) มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ล้างท่อคอนเดนเซอร์อัตโนมัติโดยใช้ลูกบอล 3) มาตรการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเพิ่มเติมในบริเวณที่มีการทำงานนอกเวลา 4) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอด Fluorescent เป็นหลอด LED 5) มาตรการติดฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาอาคาร และ 6) มาตรการติดฉนวนกันความร้อนบริเวณผนังอาคาร รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากทุกมาตรการเท่ากับ 644,775 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 2,463,041 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนระหว่าง 0.34 – 15.12 ปี

พรเทพ พินัยนิติศาสตร์ (2554).“การจัดการอาคารสำนักงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษาอาคาร ดร.เจริญ คันธวงศ์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตกล้วยน้าไท”(พินัยนิติศาสตร์, 2554)

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร ดร.เจริญคันธวงศ์ ที่ม.กรุงเทพ วิทยาเขตกล้วยน้ำไท ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานและสถานศึกษา ผู้วิจัยศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานเพื่อวิเคราะห์หามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานทั้งระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนทุกมาตรการที่กำหนด

ผลการศึกษาได้มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ได้แก่ การใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ การลดชั่วโมงการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น การลดชั่วโมงการทำงานปั๊มน้ำและหอผึ่งเย็น การลดชั่วโมงการทำงานเครื่องส่งลมเย็น การปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น การปรับตั้งค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศให้เหมาะสม การบำรุงรักษาหอผึ่งเย็น ซึ่งรวมผลประหยัดได้ 204,684 kWhต่อปี คิดเป็นเงิน 466,494 บาทต่อปี ส่วนมาตรสำหรับระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง ได้แก่ การใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ การปิดไฟช่วงพักกลางวัน การลดชั่วโมงเปิดไฟ การปิดไฟในพื้นที่ที่แสงสว่างจากธรรมชาติเพียงพอ การปรับปรุงและติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานการติดตั้งหลอดฟูลออเรสเซนต์ชนิด T5แทนT8 ซึ่งรวมประหยัดได้ 212,063 kWhต่อปี คิดเป็นเงิน 740,849 บาทต่อปี รวมผลประหยัดได้ทั้งสิ้น 417,747 kWhต่อปี คิดเป็นเงิน 1,207,343 บาท่ต่อปี

จากงานวิจัยเหล่านี้พบว่าการศึกษาและหาแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคารสำนักงานว่ามีการใช้พลังงานไปค่อนข้างมากและสามารถหาแนวทางปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน อันจะส่งผลให้ช่วยลดการใช้พลังงานได้ด้วย ผลการศึกษาของงานวิจัยเหล่านี้พบว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้ลดการใช้พลังงานลงได้ แต่เป็นเพียงการศึกษาในภาพรวม และยังไม่มีการเจาะจงในด้านการศึกษาการจัดการพลังงานในสถานศึกษา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เริ่มจากการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์และเครื่องจักรในอาคารเรียนฯ โดยมุ่งเน้นระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง พร้อมทั้งประเมินศักยภาพและความเป็นไปได้ของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ดำเนินการวิจัยจากการศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเชิงปริมาณและค่าใช้จ่าย รูปแบบการใช้พลังงาน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละบริเวณที่มีการใช้พลังงาน การวิเคราะห์หามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานโดยใช้การเปรียบเทียบการใช้มาตรการปรับปรุงทั้งก่อนและหลัง จากนั้นวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจดำเนินการในแต่ละมาตรการที่ได้กำหนด จากการศึกษาข้อมูล ดังนี้

3.1 กำหนดแนวทางในการวิจัย

ดำเนินการตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2552 โดยใช้แนวทางการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) การแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
2) การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3) การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน
4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
5) การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
6) การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
7) การตรวจติดตามการประเมินการจัดการพลังงาน
8) การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 ศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ. ศูนย์รังสิต

3.2.1 ข้อมูลทั่วไป

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เลขที่ 99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ก่อสร้างแล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2545 ปัจจุบันอาคารมีอายุ 16 ปี ลักษณะอาคารเป็นครึ่งวงกลมซ้อนกันสองวง ทั้งวงในและวงนอก เป็นอาคารสูง 4 ชั้น ประกอบด้วยห้องเรียนทั้งหมด 135 ห้อง แบ่งเป็นห้องละ 30, 50, 100, 150, 200, 300 และ 500 ที่นั่ง มีที่นั่งรวมในอาคารทั้งหมด 13,014 ที่นั่ง

พื้นที่อาคาร

พื้นที่ทั้งหมด	22,222 ตารางเมตร
พื้นที่ปรับอากาศ	14,722 ตารางเมตร
พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	7,500 ตารางเมตร

ข้อมูลการใช้งานอาคาร

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ เป็นอาคารเรียนกลางของมหาวิทยาลัย ซึ่งอาจารย์และนักศึกษาทุกคณะสามารถมาใช้จัดการเรียนการสอนในอาคารนี้ได้ มีผู้ใช้งานในอาคารโดยประมาณ 13,000 คนต่อวัน เปิดใช้งานวันจันทร์-ศุกร์ คิดเป็น 264 วันต่อปี เป็นเวลาตั้งแต่ 8.00-16.00 น. คิดเป็น 8 ชั่วโมงต่อวัน หรือ 2,112 ชั่วโมงต่อปี

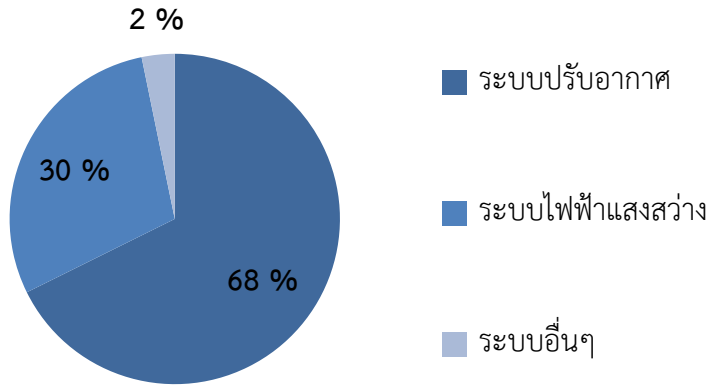
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพที่ 3.1อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต

3.2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ แบ่งสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบอื่นๆ เช่น ระบบลิฟต์ ระบบสุขาภิบาล เป็นต้น จะพบว่าการใช้พลังงานส่วนใหญ่จะเป็นระบบปรับอากาศ คือ ร้อยละ 68 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ร้อยละ 30 และระบบอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 2 ของการใช้พลังงานในอาคารทั้งหมด

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ปี 2559
แยกตามระบบ



รูปภาพที่ 3.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาและการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ข้อมูลปี พ.ศ. 2559 ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ฯ ปี 2559

ระบบ	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	ร้อยละ	ดัชนีการใช้พลังงาน(kWh/$m^{2/}$ /ปี)	
			พื้นที่ทั้งหมด	พื้นปรับอากาศ
ระบบปรับอากาศ	4,840,633	68	218	329
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	2,081,792	30	99	141
ระบบอื่นๆ	230,415	2	5	16
รวม	**7,152,840**	**100**	**322**	**-**

ตารางที่ 3.2 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 – 2559

รายการ	**2558**	**2559**
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	6,963,960	7,152,840

ตารางที่ 3.3 ผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมและค่าไฟฟ้าในอาคารอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ข้อมูลปี พ.ศ. 2559

เดือน	**ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)**	**ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาทต่อกิโลวัตต์)**	**ค่าไฟฟ้า (บาท)**
มกราคม	460,560	4.70	2,164,709.83
กุมภาพันธ์	588,720	4.68	2,752,713.88
มีนาคม	786,240	4.57	3,590,396.81
เมษายน	649,920	4.69	3,050,128.59
พฤษภาคม	629,280	4.32	2,721,030.46
มิถุนายน	445,800	4.07	1,812,869.99
กรกฎาคม	403,800	4.21	1,698,826.76
สิงหาคม	636,480	4.37	2,779,039.68
กันยายน	732,360	4.24	3,106,897.16
ตุลาคม	666,120	4.18	2,783,270.07
พฤศจิกายน	721,920	4.22	3,048,193.20
ธันวาคม	431,640	4.24	1,828,514.81
รวม/ปี	**7,152,840**	**-**	**31,336,591.24**
เฉลี่ย	**596,070**	**4.38**	**2,611,382.60**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.3 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต มีการติดตั้งการใช้หลอดไฟฟ้าชนิดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T5 ขนาด 38 วัตต์ บัลลาสต์ 2 วัตต์ ทั้งหมดในอาคาร ดังข้อมูลต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ

สถานที่	ชนิดหลอด	ขนาด 38 วัตต์ (บัลลาสต์2วัตต์)	จำนวน (หลอด)	รวม (วัตต์)
ห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง	T5	40	896	35,840
ห้องเรียนขนาด 100 ที่นั่ง	T5	40	840	33,600
ห้องเรียนขนาด 150 ที่นั่ง	T5	40	784	31,360
ห้องเรียนขนาด 200 ที่นั่ง	T5	40	864	34,560
ห้องเรียนขนาด 300 ที่นั่ง	T5	40	960	38,400
ห้องเรียนขนาด 500 ที่นั่ง	T5	40	864	34,560
โถงทางเดินชั้น 1-4	T5	40	1444	57,760
ห้องน้ำชั้น 1-4	T5	40	196	7,840
รวม			**6,848**	**273,920**

กำลังไฟฟ้าส่องสว่างรวม	260,224	วัตต์
พื้นที่ใช้สอยรวมของอาคาร	22,222	ตารางเมตร
กำลังไฟฟ้าส่องสว่างติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยรวม	12.33	วัตต์ต่อตารางเมตร

3.2.4 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต มีการใช้ระบบปรับอากาศ 2 ประเภท คือ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Condition Unit) และระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Chiller)

ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Condition Unit) การติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ลักษณะติดผนังด้านบนใต้ฝ้าเพดาน ซึ่งเป็นการติดตั้งเฉพาะบางห้องเท่านั้นเพื่อใช้งานเป็นกรณีพิเศษหรืองานสำคัญ จำนวนทั้งหมด 6 ห้อง ได้แก่ ห้องเรียน 5 ห้อง และ ห้องกองอำนวยการ 1 ห้อง โดยสรุปข้อมูลการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนภายในอาคารฯ รายละเอียดดังตาราง 3.5

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ขนาดทำความเย็น (BTU/hr)	**จำนวน (เครื่อง)**	**รวม (BTU/hr)**
12,000	4	48,000
13,000	6	78,000
22,000	8	176,000
รวม	**18**	**302,000**

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Chiller) อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ติดตั้งระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ จำนวน 4 เครื่อง อยู่บนชั้นดาดฟ้าของอาคาร รายละเอียดดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ

ประเภทเครื่องปรับอากาศ	ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ประเภทเครื่องคอมเพรสเซอร์	คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw)
ขนาดทำความเย็น	350 Ton
Refrigerant	R-134A
Model	30GX-E358385S จำนวน 3 เครื่อง ติดตั้งปี พ.ศ.2545 30XA1252-PT254 จำนวน 1 เครื่อง ติดตั้งปี พ.ศ. 2558
ขนาดปั๊มน้ำเย็นของเครื่องสูบน้ำเย็น	จำนวน 4 เครื่อง 37kW, 1470 rpm, 840 gpm, 120 FT, 50 Hz
ชื่อผู้ผลิต	Carrier

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ศึกษาระบบการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ ม.ธรรมศาตร์ ศูนย์รังสิต

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ได้ดำเนินงานด้านอนุรักษ์พลังงานตามแนวทางการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอนที่พระราชบัญญัติกำหนดการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 กำหนด เพื่อดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ดังข้อมูลต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การแต่งตั้งคณะคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงาน

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีการกำหนดผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีคุณสมบัติและจำนวนตามที่กำหนดในกระทรวง ซึ่งเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบครอบคลุมอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิตด้วย พร้อมทั้งมีการแต่งตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงานในภาพรวมของมธ. ในปี พ.ศ. 2558 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของมธ. ศูนย์รังสิต เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพและมีปะสิทธิผล รวมทั้งให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 โดยทำคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงานและเผยแพร่ให้ทราบถึงการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบการทำงาน ซึ่งเผยแพร่วิธีการติดประกาศบริเวณจุดประชาสัมพันธ์อาคารและในระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัย

คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานของมธ.ศูนย์รังสิต ประกอบด้วย ประธานกรรมการหรือหัวหน้าคณะทำงาน ซึ่งเป็นผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายบริหารศูนย์รังสิต กรรมการ กรรมการและเลขานุการ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ โดยคณะทำงานมีหน้าที่และความรับผิดชอบดังต่อไปนี้

1) กำหนดนโยบายการอนุรักษ์พลังงาน ของมธ.ศูนย์รังสิต

2) ดำเนินการจัดการพลังงานของมธ.ศูนย์รังสิต ให้สอดคล้องกับนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน

3) ประสานงานกับทุกหน่วยงานของมธ.ศูนย์รังสิต เพื่อขอความร่วมมือในการปฏิบัติตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งการจัดฝึกอบรมหรือกิจกรรมเพื่อสร้างจิตสำนึกของบุคคลากร

4) ควบคุมดูแลให้การจัดการพลังงานของมธ.ศูนย์รังสิต เป็นไปตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงาน

5) รายงานผลการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน ตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานและวิธีการจัดการพลังงานของอาคารควบคุมให้มธ.ศูนย์รังสิต รับทราบ

6) เสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดหรือทบทวนนโยบายอนุรักษ์พลังงาน และวิธีการจัดการพลังงานให้มธ.ศูนย์รังสิต พิจารณา

7) สนับสนุนมธ.ศูนย์รังสิต ในการดำเนินการตามกฎกระทรวงนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิตได้ทำการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเป็นประจำทุกปี ซึ่งอยู่ภายใต้การทำงานคณะกรรมการด้านการจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัย และได้ทำรายงานผลการประเมินฯเสนอต่อพพ.ในเล่มรายงานเป็นประจำทุกปี ซึ่งสามารถวัดผลการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ ได้ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การประเมินการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต

ระดับคะแนน	ประจำปี 2559	การจัดองค์กร	การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ	ระบบข้อมูลข่าวสาร	ประชาสัมพันธ์	การลงทุน
4	มีนโยบายการจัดการพลังงานจากฝ่ายบริหารและถือเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของบริษัท	มีการจัดองค์กรและเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของฝ่ายบริหารกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบไว้ชัดเจน	มีการประสานงานระหว่างผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและทีมงานทุก ระดับอย่าง สม่ำเสมอ	กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุม ติดตามผล หาข้อผิดพลาดประเมินผลและควบคุมการใช้งบประมาณ	ประชาสัมพันธ์คุณค่าของการประหยัดพลังงาน และผลการดำเนินงานของการจัดการพลังงาน	จัดสรรงบประมาณโดยละเอียด โดยพิจารณาถึงความสำคัญของโครงการ
3	มีนโยบายและมีการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานโดยตรงต่อคณะกรรมการจัดการพลังงาน ซึ่งประกอบด้วยหัวหน้าฝ่ายต่างๆ	คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินงาน	แจ้งผลการใช้พลังงานจากมิเตอร์ย่อยให้แต่ละฝ่ายทราบ แต่ไม่มีการแจ้งถึงผลการประหยัด	ให้พนักงานรับทราบโครงการอนุรักษ์พลังงาน และให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	ใช้ระยะเวลา คุ้มทุนเป็นหลักในการพิจารณาการลงทุน
2	ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน โดยผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจ แต่สายงานบังคับบัญชาไม่ชัดเจน	คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ	ทำรายงานติดตามประเมินผล โดยดูจากมิเตอร์ให้คณะ กรรมการเฉพาะกิจเข้ามาเกี่ยวข้องกับการตั้งงบประ มาณ	จัดฝึกอบรมให้พนักงานรับทราบเป็นครั้งคราว	ลงทุนโดยดูมาตรการที่มีระยะเวลาคุ้มทุนเร็ว
1	ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบจำกัด	มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการระหว่างวิศวกรกับผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน)	มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม	แจ้งให้พนักงานทราบอย่างไม่เป็นทางการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ
0	ไม่มีนโยบายที่ ชัดเจน	ไม่มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้พลังงาน	ไม่มีระบบรวบรวมข้อมูลและบัญชีการใช้พลังงาน	ไม่มีการสนับสนุนการประหยัดพลังงาน	ไม่มีการลงทุนใดๆในการปรับปรุงประสิทธิภาพ การใช้พลังงาน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การประเมินการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต สรุปได้ดังนี้

นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน : มีนโยบายและมีการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร

การจัดองค์กร : มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจ แต่สายงานบังคับบัญชาไม่ชัดเจน

การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ : คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ

ระบบข้อมูลข่าวสาร : มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม

ประชาสัมพันธ์	:	แจ้งให้พนักงานทราบอย่างไม่เป็นทางการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
การลงทุน	:	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ใช้การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานซึ่งเป็นการใช้นโยบายจากภาพรวมของมหาวิทยาลัยทั้งหมด กำหนดไว้เมื่อปี พ.ศ. 2559 เพื่อแสดงเจตจำนงและความมุ่งมั่นในการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน มหาวิทยาลัยได้กำหนด นโยบายอนุรักษ์พลังงานตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งสอดคล้องกับสถานภาพการใช้พลังงานและเหมาะสมกับอาคารควบคุม ดังต่อไปนี้

1) มธ.จะดำเนินการและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานอย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานของหน่วยงาน และสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2) มธ.จะดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรพลังงานขององค์กรอย่างต่อเนื่องเหมาะสมกับการทำงาน โดยให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีที่ใช้และแนวทางปฏิบัติงานที่เกิดประโยชน์สูงสุด

3) มธ.จะกำหนดแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละปี และสื่อสารให้บุคลากรและนักศึกษาทุกคนเข้าใจและปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) มธ.ถือว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้บริหารทุกระดับ บุคลากรและนักศึกษาทุกคน ที่จะต้องให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนด เพื่อให้การติดตามตรวจสอบรายงานต่อคณะกรรมการทำงานด้านการจัดการพลังงาน

5) มธ.จะให้การสนับสนุนทรัพยากรด้านบุคลากร งบประมาณ เวลาในการทำงาน การฝึกอบรมและการมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็น ตลอดจนการสนับสนุนด้านอื่นๆที่จำเป็น เพื่อพัฒนางานด้านพลังงานอย่างยั่งยืน

6) ผู้บริหารและคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน จะทบทวนและปรับปรุงนโยบายเป้าหมายและแผนการดำเนินงานด้านพลังงานทุกปี

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลด้านการใช้พลังงานจากนโยบายของมหาวิทยาลัย มีการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรแบ่งเป็น 3 ระดับ

1) การประเมินระดับองค์กร โดยการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานรวมรายปี

2) การประเมินระดับการบริการ โดยการคำนวณปริมาณการใช้พลังงาน ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของพื้นที่ใช้สอย (ทุกกรณี)ในแต่ละปี

3) การประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์ โดยการค้นหาการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญในเครื่องจักร/อุปกรณ์หลัก อาคารควบคุมได้ดำเนินการโดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพและการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร/อุปกรณ์หลักที่มีการใช้ในอาคารควบคุม เช่น หลอดไฟฟ้าในอาคาร เครื่องปรับอากาศ

ขั้นตอนที่ 5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน แผนการฝึกอบรมและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ได้กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน คือ ร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม โดยมีค่าเป้าหมายที่ 5.0 และได้จัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้าคือ เปิด-ปิดหลอดไฟฟ้าเมื่อไม่ใช้งาน เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ชนิด T5 เป็นหลอดไฟฟ้า LED เพิ่มการเดินตรวจสอบดูแลการเปิด-ปิดไฟฟ้าภายในห้องเรียนโดยใช้บุคลากรแม่บ้าน เปิดม่านในห้องเรียนเพื่อลดภาระการใช้หลอดไฟฟ้าภายในห้อง และรณรงค์การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด

โดยมีการเผยแพร่แผนการฝึกอบรมเกี่ยวกับผู้เกี่ยวข้องกับผู้ใช้พลังงาน และกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้นักศึกษาและบุคลากรทุกคนรับทราบและเข้าร่วมดำเนินการตามแผนฯ ผ่านการติดประกาศบริเวณบอร์ดประชาสัมพันธ์ ชั้น 1 ของอาคาร

ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

คณะทำงานด้านการจัดการพลังงานจะดำเนินการติดตามความก้าวหน้าของการปฏิบัติตามมาตรการและแผนอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ โดยสรุปผลการตรวจสอบการปฏิบัติตามเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านไฟฟ้าดังนี้

การติดตามการดำเนินการแผนการอนุรักษ์พลังงานตามเป้าหมาย ร้อยละที่ลดลงของปริมาณพลังงานที่ใช้เดิม คือ ร้อยละ 5.0 และผลการอนุรักษ์พลังงานที่เกิดขึ้นจริง คือ ร้อยละ 4.0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การดำเนินการตามมาตรการและกิจกรรมเพื่อส่งเสริมอนุรักษ์พลังงานสามารถดำเนินการได้ตามแผน ยกเว้นมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็น LED

ขั้นตอนที่ 7 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต เป็นอาคารที่อยู่การดูแลด้านการจัดการพลังงานภายใต้กำกับดูแลของมหาวิทยาลัยที่ออกคำสั่งแต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประเมินการจัดการพลังงานในภาพรวมของมหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2558 เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมหาวิทยาลัยให้ดำเนินการด้วยความเรียบร้อย โดยได้ทำการเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานให้บุคลากรและนักศึกษาทุกคนรับทราบผ่านการติดประกาศบริเวณบอร์ดประชาสัมพันธ์ ชั้น 1 ของอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ

ซึ่งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานในมธ. ประกอบด้วย ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกายภาพศูนย์รังสิต(ประธาน) ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวางแผน(กรรมการ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป(กรรมการ) วิศวกรชำนาญการพิเศษ(กรรมการ) และวิศวกรไฟฟ้า (กรรมการและเลขานุการ) โดยผู้ตรวจประเมินฯ มีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบและประเมินวิธีการจัดการพลังงานภายในมธ.ศูนย์ริตและรายงานผลให้มหาวิทยาลัยทราบ สามารถสรุปผลการตรวจประเมินภายในองค์กรได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 การตรวจติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน

รายการตรวจประเมิน	สิ่งที่ต้องมีเอกสาร/หลักฐาน	ผลการตรวจสอบ		ความถูกต้องครบถ้วนตามข้อกำหนด		ข้อควรปรับปรุง/ข้อเสนอแนะ
		มี	ไม่มี	ครบ	ไม่ครบ	
1. คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	1. คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน ที่ระบุโครงสร้าง อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงาน	√		√		
	2. เอกสารที่แสดงถึงการเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานให้บุคลากรรับทราบด้วยวิธีการต่างๆ	√		√		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
2. การประเมินสถานภาพ การจัดการพลังงานเบื้องต้น	1. ผลการประเมินการดำเนินงานด้านพลังงานที่ผ่าน โดยใช้ตารางการประเมินการจัดการพลังงาน (Energy Management Matrix)	√		√		
	2. อื่นๆ (ระบุ)					
3. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	1. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	√		√		
	2. เอกสารที่แสดงถึงการเผยแพร่นโยบายอนุรักษ์พลังงานให้บุคลากรรับทราบด้วยวิธีการต่างๆ	√		√		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	1. การประเมินการใช้พลังงานระดับองค์กร	√		√		
	2. การประเมินการใช้พลังงานระดับการบริการ	√		√		
	3. การประเมินการใช้พลังงานระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์	√		√		
	4. อื่นๆ (ระบุ)					
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	1. มาตรการและเป้าหมายในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน	√		√		
	2. แผนการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า	√		√		
	3. แผนการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อน		√	√		ไม่มีแผน
	4. แผนการฝึกอบรม	√		√		
	5. แผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	√		√		

ตารางที่ 3.8 การตรวจติดตามการดำเนินการจัดการพลังงาน (ต่อ)

รายการตรวจประเมิน	สิ่งที่ต้องมีเอกสาร/หลักฐาน	ผลการตรวจสอบ		ความถูกต้องครบถ้วนตามข้อกำหนด		ข้อควรปรับปรุง/ข้อเสนอแนะ
		มี	ไม่มี	ครบ	ไม่ครบ	
6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	1. ผลการดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	√		√		
	2. ผลการตรวจสอบการปฏิบัติตามเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน	√		√		
	3. ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านไฟฟ้า	√		√		
	4. ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและ แผนอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการด้านความร้อน		√	√		ไม่มีแผน
	5. ผลการติดตามการดำเนินการตามแผนฝึกอบรม	√		√		
	6. ผลการติดตามการดำเนินการตามแผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	√		√		
	7. อื่นๆ (ระบุ)					
7.การตรวจติดตามประเมินการจัดการพลังงาน	1. คำสั่งแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานในองค์	√		√		
	2. รายงานผลการตรวจประเมิน	√		√		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					
8.การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	1. แผนการทบทวนการดำเนินงานการจัดการพลังงาน	√		√		
	2. รายงานสรุปทบทวน วิเคราะห์และแนวทางแก้ไข ข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน	√		√		
	3. อื่นๆ (ระบุ)					

ขั้นตอนที่ 8 การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย จึงส่งบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการดูแลการใช้พลังงานเข้าร่วมประชุมกับคณะการทำงานด้านการจัดการพลังงานเพื่อทบทวนผลการดำเนินการด้านการจัดการพลังงาน รวมทั้งนำข้อมูลที่ได้จากคณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรมาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ ทั้งนี้ อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ ยังไม่มีการเผยแพร่ผลทบทวน วิเคราะห์แก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงานที่เป็นแผนของอาคารโดยเฉพาะ แต่เป็นการทบทวนการใช้พลังงานในภาพรวมของอาคาร รวมกับทั้งมหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.9 สรุปผลการทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน ปี 2559

ขั้นตอน	ผลการทบทวน		ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ	แนวทางการปรับปรุง	หมายเหตุ
	เหมาะสม	ควรปรับปรุง			
1. คณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน	√				
2. การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น	√				
3. นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	√				
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน	√				
5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	√				
6. การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	√				
7. การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน	√				

3.4 การเก็บข้อมูลและตรวจวัดงานวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

สืบเนื่องจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากที่สุดคือระบบปรับอากาศ รองลงมาคือระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง จึงทำการศึกษาและเก็บข้อมูลพร้อมทั้งการตรวจวัด โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด

1) เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง (Lux Meter) มีหน่วยเป็นลักซ์ ลักษณะการวัดโดยใช้ความไวแสงแปลงระดับความส่องสว่างเป็นแรงดันไฟฟ้า ใช้กับการวัดที่จุดต่างๆ

รูปภาพที่ 3.3 เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง (Lux Meter)

2) เกจวัดความดันแบบท่อบูร์ดอง (Bourdon Tube Pressure Gauge)

รูปภาพที่ 3.4 เกจวัดความดันแบบท่อบูร์ดอง

3) ตลับเมตร ใช้วัดขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงของอุปกรณ์

3.4.2 การตรวจวัดระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

ตรวจวัดโดยเก็บข้อมูลค่าความเข้มแสงสว่างภายในอาคาร โดยใช้ห้องเรียนในการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง ซึ่งวิธีการตรวจวัดโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ วัดที่จุดทำงาน และวัดแบบหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป

1) การวัดแบบจุด เป็นการวัดบริเวณที่ใช้สายตาทำงานที่จุดนั้น ตรวจวัดสายตาในจุดที่สายตากระทบชิ้นงาน หรือจุดที่ทำงาน โดยวางเครื่องวัดแสงในระนาบเดียวกับชิ้นงาน หรือวางพื้นผิวที่สายตาตกระทบ จากนั้นอ่านค่าที่วัดได้

2) การวัดแบบหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป เป็นการวัดในพื้นที่ทั่วไป ในบริเวณที่ใช้งาน โดยแบ่งพื้นที่ทั้งหมดออกเป็น 2 x 2 ตารางเมตร และให้เครื่องวัดแสงอยู่ในระนาบสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร จากนั้นอ่านค่าที่วัดได้ มาบันทึกและหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สูตร

$$\text{ความเข้มแสงสว่างเฉลี่ย (LUX)} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_N}{N} \quad \ldots\ldots\ldots (3.1)$$

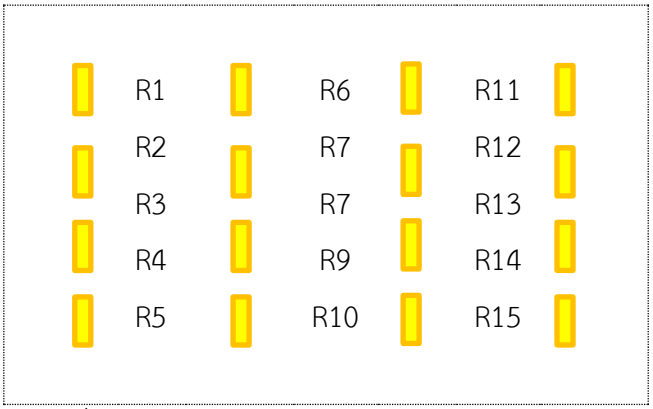
โดยที่ R = ค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดแสง (LUX)

N = จำนวนจุดตรวจวัดทั้งหมด (จุด)

การตรวจวัดความเข้มแสงสว่างภายในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ วิธีการวัดแบบหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป โดยใช้ห้องเรียนตัวอย่างจำนวน 1 ห้อง คือ ห้อง SC1015 เพื่อต้องการทราบค่าความเข้มแสงสว่างของห้องเรียนในอาคารทั้งหมด ดังข้อมูลต่อไปนี้

ห้องเรียน หมายเลข SC1015 ขนาดความจุ 50 ที่นั่ง ชั้น 1 มีหลอดไฟฟ้าชนิดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 38 วัตต์ และบัลลาสต์ ขนาด 2 วัตต์ จำนวน 32 หลอด จากนั้นทำการตรวจวัดแบบหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั่วไป แสดงตำแหน่งจุดตรวจวัดดังภาพที่ 3.5 เมื่อสีเหลืองคือตำแหน่งหลอดไฟฟ้าและ R1 ถึง R15 คือตำแหน่งและจำนวนจุดตรวจวัด เพื่อนำไปคำนวณความเข้มแสงสว่าง ได้ผลการตรวจวัดและผลการคำนวณดังตารางที่ 3.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปภาพที่ 3.5 ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มแสงห้อง SC1015

ตารางที่ 3.10 ผลการตรวจวัดความเข้มแสงแสว่างภายในห้องเรียนอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ

จุดที่	ค่าความเข้มแสงสว่างที่วัดได้ (ลักซ์)
1	504
2	622
3	504
4	530
5	480
6	560
7	595
8	490
9	528
10	597
11	523
12	616
13	553
14	549
15	604
รวม	8,255
เฉลี่ย	**550.33**

จากตารางห้องที่นำมาเป็นตัวอย่างการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในภาพรวมทั้งอาคารนั้น พบว่ามีค่าความเข้มแสงสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 550.33 ลักซ์ ซึ่งค่ายังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจากสมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย คือ 300-500 ลักซ์

3.4.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้สามารถคำนวณขนาดทำความเย็น และทราบวิธีหาอัตราการไหลของน้ำเย็นทางอ้อมจากการวัดความเสียดทานต่อการไหลของน้ำผ่าน Evaporator/Cooler

2) เพื่อให้สามารถคำนวณความร้อนที่ถ่ายออกที่คอนเดนเซอร์ และทราบวิธีหาอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นทางอ้อมจากการวัดความเสียดทานต่อการไหลของน้ำผ่านคอนเดนเซอร์

3) เพื่อให้สามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นได้ โดยการวัดกำลังที่ต้องใช้ในคอมเพรสเซอร์

4) เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิควบแน่น (ความดันในคอนเดนเซอร์) และอุณหภูมิระเหย (ความดันใน Evaporator)ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่อง

การตรวจวัด

1) เครื่องมือที่ใช้ คือ เกจวัดความดันแบบท่อบูร์ดอง (Bourdon Tube Pressure Gauge)

2) ขั้นตอนการปฏิบัติการ ตรวจวัด อุณหภูมิของน้ำเย็นเข้า-ออกจาก Evaporator/Cooler และวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น ด้วยการวัดความดันตกคล่อม Cooler แล้วใช้ Cooler Performance

3) การคำนวณ ได้แก่ ขนาดทำความเย็น อัตราระบายความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น (COP) และ ตรวจสอบกฎของพลังงานว่าความร้อนที่ระบายออกเท่ากับผลรวมของขนาดทำความเย็นและกำลังที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์จริงหรือไม่

การบันทึกข้อมูลตรวจวัดและผลการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น

อุปกรณ์/เครื่อง	ตัวแปร	สูตร	ผล	หน่วย
คอมเพรสเซอร์	กระแสไฟฟ้า	I	100	%
	กำลังไฟฟ้า	W	435	kW
เครื่องระเหย	อัตราการไหล	V_L	62.2	LPS
	ความดันน้ำเย็นเข้า	P	76.5	psi
	ความดันน้ำเย็นออก	P	68	psi
	อุณหภูมิน้ำเข้า	T_1	12	^{o}C
	อุณหภูมิน้ำออก	T_2	7.5	^{o}C
การทำความเย็น	น้ำ	Q_L =4.187 V_L (T_1-T_2)	1171.9	kW
COP		COP = Q_L/ W	2.7	
ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น		kW/Ton = 3.52W/ Q_L	1.31	kW/TR

หมายเหตุ: เมื่อ 4.187 คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ

3.4.4 การตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็น

การทำงานของระบบปรับอากาศ อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ ปัจจุบันมีลักษณะการทำงานคือเครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง ดังนั้น จึงทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูล เป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1: 1 เครื่องสูบน้ำเย็น กับ 1 เครื่องทำน้ำเย็น

กรณีที่ 2: 1 เครื่องสูบน้ำเย็น กับ 2 เครื่องทำน้ำเย็น

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น เมื่อปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น โดยตัวแปรที่ตรวจวัด คือ ความดัน กำลังไฟฟ้า ขนาดท่อ และมอเตอร์

ขั้นตอนการปฏิบัติการตรวจวัด

วัดอัตราการไหลของน้ำเย็น ขณะเดียวกันเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับความเสียดทานต่อการไหลของน้ำผ่าน Evaporator/Cooler ซึ่งสามารถใช้แทนอุปกรณ์วัดอัตราการไหลโดยใช้ Pump Curve เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด คือ เกจวัดความดันแบบท่อบูร์ดอง (Bourdon Tube Pressure Gauge)

การบันทึกข้อมูลตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็น

ตารางที่ 3.12 ข้อมูลการตรวจวัดการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็นเมื่อทำงานกับเครื่องทำน้ำเย็น 2 กรณี

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หน่วย	เปิดใช้เครื่องทำน้ำเย็น	
			1 เครื่อง	2 เครื่อง
สภาวะการเปิดวาล์ว	%	%	100	100
กำลังไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์(วัด)	$W_{in,m}$	kW	37.67	41.2
กำลังไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์พัดลม CT	W_{CT}	kW	6.2	6.2
ความดันด้านดูด	P_1	psi	50	55
ความดันด้านจ่าย	P_2	psi	90	82
อัตราไหล	Q	m^3/s	0.0967	0.124
ขนาดท่อด้านดูด	D_1	in	4	4
ขนาดท่อด้านจ่าย	D_2	in	4	4
ผลต่างของความสูงด้านจ่ายและดูด	Z_2-Z_1	m	0	0
ประสิทธิภาพมอเตอร์	η_m		0.91	0.91

หมายเหตุ:ประสิทธิภาพมอเตอร์ คือ 0.91 หาได้จาก IEC 1 Motor Efficiency Curve ที่ 37kW

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำเย็น

ตารางที่ 3.13 ผลคำนวณเปรียบเทียบเครื่องสูบน้ำเย็นเมื่อทำงานกับเครื่องทำน้ำเย็น 2 กรณี

ตัวแปร	สัญลักษณ์	สูตร	เปิดเครื่องทำน้ำเย็น		หน่วย
			1 เครื่อง	2 เครื่อง	
ความเร็วด้านดูด	V_1	$V_1 = Q/(\Delta D^2_1/4)$	12.31	15.79	m/s
ความเร็วด้านจ่าย	V_2	$V_1 = Q/(\Delta D^2_2/4)$	12.31	15.79	m/s
ความดันตกคร่อมเครื่องสูบ	ΔP_P	$\Delta P_P = (P_2-P_1)$	275,800	186,165	Pa
ความดันตกคร่อมจากความเร็ว	ΔP_V	$\Delta P_V = 0.5\ \rho\ (V_2^2-V_1^2))$	0	0	Pa
ความดันตกคร่อมจากระดับความสูง	ΔP_Z	$\Delta P_Z = \rho\ g\ (Z_2-Z_1)$	0	0	Pa
ความดันตกคร่อมเทียบเท่า	ΔP_{eq}	$\Delta P_{eq} = \Delta P_P + \Delta P_V + \Delta P_Z$	275,800	186,165	Pa
กำลังงานน้ำด้านออกเครื่องสูบ	$W_{out,p}$	$W_{out,p} = Q\ \Delta P_{eq}$	26.67	23.08	kW
กำลังงานกลด้านเข้าเครื่องสูบ	$W_{in,p}$	$W_{in,p} = \eta_m\ W_{in,m}$	34.28	37.49	kW
ประสิทธิภาพเครื่องสูบ	η_p	$\eta_p = W_{out,p} / W_{in,p}$	77.8	61.6	%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมการคำนวณประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ คือ $\eta_p = \frac{Wout,}{Win,}$ ..... (3.2)

เมื่อ $W_{out,p}$ = กำลังงานน้ำด้านออกเครื่องสูบ

$W_{out,p} = Q\Delta\eta P_{eq}$ ..... (3.3)

Q = อัตราการไหล (psi)

ΔP_{eq} = ความดันตกคร่อมเทียบเท่า

$\Delta P_{eq} = (P_2-P_1)+(0.5\ \rho\ (V_2^2-V_1^2))+(\rho\ g\ (Z_2-Z_1))$ ..... (3.4)

$W_{in,p}$ = กำลังงานกลด้านเข้าเครื่องสูบ

$W_{in,p} = \eta_m\ W_{in,m}$ ..... (3.5)

η_m = ประสิทธิภาพมอเตอร์

$W_{in,m}$ = กำลังไฟฟ้าด้านเข้ามอเตอร์

ความสัมพันธ์ของตัวแปร

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (N, RPM) อัตราการไหล (Q) ความดันปั๊ม(H) และกำลังทางกลของปั๊ม(P) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q = KN \quad \text{..... (3.6)}$$

$$H = KQ^2 \quad \text{..... (3.7)}$$

$$P = Q \text{ x } H \text{ x } K \quad \text{..... (3.8)}$$

Laws of affinity คือ กฎความสัมพันธ์แสดงถึงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างอัตราการไหล (Flow,Q) ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ (Pump speed) แรงดัน (Head) และกำลังที่ใช้ (Power Consumption) สำหรับเครื่องสูบน้ำหอยโข่ง (Centrifugal Pump)

กฎความสัมพันธ์แสดงถึงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างอัตราการไหล (Flow,Q), ความเร็วของเครื่องสูบน้ำ (n,RPM,f) แรงดัน (Head,H) และพลังงานที่ใช้ (Power Consumption,BHP) สำหรับเครื่องสูบน้ำ (Centrifugal Pump) โดยกฎนี้แสดงให้เห็นว่าแม้แต่อัตราการไหลที่ลดลงเพียงเล็กน้อยจะช่วยลดกำลังที่ต้องการลงได้อย่างมาก นั่นหมายถึงพลังงานที่ต้องใช้ที่ลดลงด้วย และกฎดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการประหยัดพลังงาน ความสัมพันธ์สมการ Affinity Law อธิบายได้ดังนี้

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{RPM_2}{RPM_1} = \frac{f_2}{f_1} \quad \text{..... (3.9)}$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2 \quad \text{..... (3.10)}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3 \quad \text{..... (3.11)}$$

โดยกฎนี้แสดงให้เห็นว่าแม้แต่อัตราการไหลที่ลดลงเพียงเล็กน้อยจะช่วยลดกำลังที่ต้องการลงพลังงานที่ใช้ก็ลดลงด้วย และกฎดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการประหยัดพลังงาน จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำการวิเคราะห์อัตราการไหลเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ส่งผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ (บริษัทกรุนด์ฟอส, 2560)

วิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี คือ

กรณี 1 : เมื่อเครื่องสูบน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง (P 1 : CH 1)

กรณี 2 : เมื่อเครื่องสูบน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง(P 1 : CH 2)

เพื่อหาอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยใช้ข้อมูลจากการออกแบบการทำงานเป็นค่าอ้างอิง ดังตาราง 3.14

ตารางที่ 3.14 เปรียบเทียบอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น

การทำงาน	เครื่องสูบน้ำเย็น(P) กับ เครื่องทำน้ำเย็น(CH)		
	ออกแบบ	การเดินเครื่องปัจจุบัน	
	P 1 : CH 1	P 1 : CH 1	P 1 : CH 2
อัตราการไหล (gpm)	840	1,532	1,973
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	37	32	35

หมายเหตุ ค่าอัตราการไหลปัจจุบันหาได้จาก Pump Curve

0.0967 m3/s = 1,532gpm และ 0.0124 m3/s= 1,973gpm

จากตาราง 3.14 พบว่าการใช้งานเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น มีอัตราส่วนการทำงานแบบ 1:2 ทำให้เกิดอัตราไหลเกินกว่าความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งถ้าอัตราการไหลเกินกว่าความต้องการจะทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณมากเกินทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
วิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย

การศึกษาการจัดการพลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นการใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยทำการตรวจวัดความเข้มแสงสว่าง ตรวจวัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ตรวจวัดการทำงานของระบบปรับอากาศ นำไปวิเคราะห์เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานใน และเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานในอาคารเรียน ที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร พร้อมทั้งการวิเคราะห์ผลความคุ้มค่าทางการเงินและการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

4.1 การจัดการพลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

4.1.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งานปัจจุบัน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ ของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารทั้งหมด ติดตั้งโดยใช้หลอดไฟฟ้าประเภทฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ชนิด T5 ขนาด 38 วัตต์ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 2 วัตต์ รวมทั้งหมดจำนวน 6,848 หลอด มีระยะเวลาการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 264 วันต่อปี เมื่อเมื่อนำไปคำนวณค่าความส่องสว่างมีค่าเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 550 ลักซ์ ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความส่องสว่างของอาคารสถานศึกษา คือ 300–500 ลักซ์ (ที่มา:สมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย) และมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 12.3 วัตต์ต่อตารางเมตร จากหลอดไฟทั้งหมด 6,848 หลอด จำนวนวัตต์รวม 273,920 วัตต์

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการตามมาตรการ

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารใช้หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ขนาด 38 วัตต์ บัลลาสต์ 2 วัตต์ เมื่อพิจารณาการใช้งานแล้วระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีประสิทธิภาพดีตามมาตรฐาน แต่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูง จึงควรมีมาตรการที่ลดใช้พลังงานไฟฟ้า โดยที่การใช้งานยังคงมีค่าความส่องสว่างหรือลูเมนที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้น ตัวแปรสำคัญคือ กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ลดลง และ เพื่อลดกำลังไฟฟ้าลง แต่ยังคงประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ใกล้เคียงกันหรือดีกว่า พบว่าหลอด LED 18W สามารถให้ค่าความส่องสว่างใกล้เคียงกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า ดังผลเปรียบเทียบในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FLU) และหลอดLED

ชนิด	FLU T5 (40W)	LED (20W)
การส่องสว่าง (lm)	2,690	2,500
อายุใช้งาน (ชม.)	20,000	50,000
ดัชนีการใช้แสงสว่าง (W/m2)	12.3	6.2
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	0.04	0.02
ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	67.25	125
หมายเหตุ : ค่ากำลังไฟฟ้ารวมบัลลาสก์ 2 วัตต์		

จากตารางพบว่าพบว่าหลอด LED 18W แม้ว่าจะให้การส่องสว่างและดัชนีการใช้แสงสว่างน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์เล็กน้อย เป็นเพราะการให้แสงของ LED เป็นการให้แสงที่จุดพื้นที่ ไม่ได้ให้แสงโดยรอบแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้ หลอด LED ยังมีอายุการใช้งานและประสิทธิผลการส่องสว่างที่มากกว่าแต่ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง

ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนการปรับปรุง	0.04	กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง	0.02	กิโลวัตต์
จำนวนหลอดไฟฟ้า	6,848	หลอด
คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ลดลง	137	กิโลวัตต์
ชั่วโมงทำงานต่อวัน	8	ชั่วโมงต่อวัน
วันทำงานต่อปี	264	วันต่อปี
ชั่วโมงทำงานต่อปี	2,112	ชั่วโมงต่อปี
พลังงานที่ประหยัดได้	289,260	กิโลวัตต์ต่อปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	4.38	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,266,957	บาทต่อปี

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินจากมาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็น LED

อายุโครงการ 10 ปี		
ค่าใช้จ่ายรวมติดตั้งหลอดLED	400	บาท/หลอด
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	2,739,200	บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	8,147,419	บาท
อัตราผลตอบแทนคิดลด (IRR)	52.4 %	
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	2.3	ปี

หมายเหตุ: อัตราคิดลด 8 % และ อัตราเงินเฟ้อ 5% (ตารางคำนวณดังตารางที่ ก-1 ภาคผนวก ก)

4.2 การจัดการพลังงานในระบบปรับอากาศ

4.2.1 มาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เครื่องสูบน้ำเย็น 1 ตัว

ความเป็นมาการใช้งาน

การทำงานปัจจุบันมีเครื่องสูบน้ำเย็นที่สามารถใช้งานได้จำนวน 2 เครื่อง จึงวิเคราะห์ผลการใช้งานทำงานเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น เป็น 2 ลักษณะ คือ ประสิทธิภาพและอัตราการไหล

(1) ประสิทธิภาพ เมื่อการทำงานเครื่องสูบน้ำเย็น แปรผันตามการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1: 1 เครื่องสูบน้ำเย็น กับ 1 เครื่องทำน้ำเย็น

กรณีที่ 2: 1 เครื่องสูบน้ำเย็น กับ 2 เครื่องทำน้ำเย็น

ผลการคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่องกับเครื่องทำน้ำเย็นทำงาน 2 กรณี คือ เมื่อเครื่องทำน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่อง มีประสิทธิภาพ เครื่องสูบ 77.8 % ใช้กำลังงานกลเข้าเครื่องสูบ 34.28 kW เมื่อเครื่องทำน้ำเย็นทำงาน 2 เครื่อง มีประสิทธิภาพ เครื่องสูบ 61.6 % ใช้กำลังงานกลเข้าเครื่องสูบ 37.49 kW เห็นได้ว่าเมื่อเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง เครื่องสูบน้ำเย็น นอกจากจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า ยังมีความเร็ว(V)และการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย

(2) อัตราการไหล เมื่อการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น แปรผันตามการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี

กรณี 1 : เมื่อเครื่องสูบน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง (P 1 : CH 1)

กรณี 2 : เมื่อเครื่องสูบน้ำเย็นทำงาน 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง (P 1 : CH 2)

ผลการวิเคราะห์เมื่อใช้งานเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น มีอัตราส่วนการทำงานเป็น 1:2 จะทำให้เกิดอัตราไหลเกินกว่าความต้องการของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งถ้าอัตราการไหลเกินกว่าความต้องการจะทำให้เกิดการในปริมาณมากเกินทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

แนวคิดในการหามาตรการประหยัดพลังงาน

จากสมการ Affinity Law แสดงให้เห็นว่าแม้แต่อัตราการไหลที่ลดลงเพียงเล็กน้อยจะช่วยลดกำลังที่ต้องการลง พลังงานที่ใช้ก็ลดลงด้วย ดังนั้น จึงควรปรับอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องสูบน้ำเย็น โดยที่การปรับนี้ไม่กระทบกับการทำงานอื่นๆ หรือแรงดันในระบบ โดยใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมการใช้งาน เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน คือ อินเวอร์เตอร์ ที่มีคุณสมบัติสามารถปรับอัตราการไหลของน้ำ หรือความเร็วรอบเครื่องสูบ เพื่อปรับลดความถี่ของไฟฟ้าที่เข้ามอเตอร์ขับเครื่องสูบน้ำ จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำการวิเคราะห์หาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ทำงานต่างกันออกเป็น 2 กรณี เพื่อหาผลการประหยัดไฟฟ้า คือ

กรณีที่ 1 เมื่อต้องการปรับความเร็วรอบให้ลดลงสำหรับการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่อง กับเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง หรืออัตราส่วนการทำงาน เป็น P1 : CH1

ถ้าปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ(50Hz) จำนวน 1 เครื่อง ที่ทำงานกับเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง โดยหาการติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับอัตราการไหลที่ออกแบบไว้(840gpm)เทียบกับค่าอัตราไหลจริง(1,532gpm) โดยใช้สมการ Affinity Law และสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องสูบหลังการปรับลดความเร็วรอบได้ดังนี้

เมื่อ $$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{RPM_2}{RPM_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

ดังนั้น $$f_2 = \frac{50Hz \text{ x } 840 \text{ gpm}}{1{,}532 \text{ gpm}}$$

$$f_2 = 27 \text{ Hz}$$

จะได้ ความเร็บรอบที่ 27 Hz สำหรับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ จำนวน 1 เครื่อง จากนั้นนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่เข้าเครื่องสูบหลัง (เดิมใช้ 32kW) จากการปรับความเร็วรอบแล้ว(27Hz)

เมื่อ $$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3$$

$$BHP_2 = 32kW \text{ x } \left(\frac{27Hz}{50 \text{ Hz}}\right)^3 = 5 \text{ kW}$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่เข้าเครื่องสูบน้ำหลังการปรับความลดความเร็วรอบ เป็น 27 Hz เมื่ออินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง ทำงานกับเครื่องสูบน้ำ 1 เครื่องเครื่องทำน้ำเย็น 1 เครื่อง จะได้กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง คือ 32-5 = 27kW

โดยการใช้งานเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น แบบอัตราส่วนทำงาน P1 : CH1 เครื่อง จะใช้งานเฉพาะช่วงฤดูร้อนระยะเวลา 4 เดือน หรือ 88 วันทำการ (704 ชั่วโมง)

กรณีที่ 2 เมื่อต้องการปรับความเร็วรอบให้ลดลงสำหรับการทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่อง กับเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง หรืออัตราส่วนการทำงาน เป็น P1 : CH2 เทียบกับที่ออกแบบ

ถ้าปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ(50Hz) จำนวน 1 เครื่อง และเมื่อติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับอัตราการไหลเครื่องทำน้ำเย็นทำงาน 2 เครื่อง(1,973 gpm) เทียบกับอัตราการไหลที่ออกแบบไว้ของเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง (840ppm x 2 = 1,680 gpm) โดยใช้สมการ Affinity Law และสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องสูบหลังการปรับลดความเร็วรอบได้ดังนี้

เมื่อ $$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{RPM_2}{RPM_1} = \frac{f_2}{f_1}$$

ดังนั้น $$f_2 = \frac{50\text{Hz x } 1{,}680 \text{ gpm}}{1{,}973 \text{ gpm}}$$

$$f_2 = 43 \text{ Hz}$$

จะได้ ความเร็บรอบที่ 43 Hz สำหรับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่องที่ใช้งานกับเครื่องทำน้ำเย็นจำนวน 2 เครื่อง จากนั้นนำไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่เข้าเครื่องสูบหลัง (เดิมใช้ 35kW) จากการปรับความเร็วรอบแล้ว

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^2$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\frac{BHP_2}{BHP_1} = \left(\frac{RPM_2}{RPM_1}\right)^3$$

$$BHP_2 = 35 \text{ kW x } \left(\frac{43 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}}\right)^3 = 22 \text{ kW}$$

ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่เข้าเครื่องสูบน้ำหลังการปรับความลดความเร็วรอบ เป็น 43 Hz เมื่ออินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง ทำงานกับเครื่องสูบน้ำ 1 เครื่องต่อเครื่องทำน้ำเย็น 2 เครื่อง จะได้กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง คือ 35-22 = 13 kW

โดยการใช้งานเครื่องสูบน้ำเย็นกับเครื่องทำน้ำเย็น ในอัตราส่วนทำงาน P1 : CH2 จะใช้งานเฉพาะระยะเวลา 8 เดือน(ยกเว้นฤดูร้อน 4 เดือน) หรือ 176 วันทำการ (1,408 ชั่วโมง)

ผลการประหยัดพลังงานจากมาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง เพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็นให้ลดลง

เมื่อคิดผลการประหยัดพลังงานรวมทั้งปี จากทั้ง 2 กรณี จะได้การประหยัดพลังงานรวมดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการประหยัดพลังงานรวมทั้งปี สำหรับการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ทุกกรณี

การทำงานของเครื่องสูบน้ำเย็น ที่ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 1 เครื่องกับเครื่องทำน้ำเย็นที่ต่างกัน	P1:CH1	P1:CH2	หน่วย
อินเวอร์เตอร์ : ความเร็วรอบที่ปรับลดลง	27	43	Hz
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	32	35	kW
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังหลังปรับปรุง	5	22	kW
ผลการประหยัด	704	1,408	ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	27	13	kW
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	4.38		บาท/kWh
พลังงานที่ประหยัด	19,008	18,304	kWh/ปี
พลังงานที่ประหยัดรวม	37,312		
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	83,255	80,172	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม	163,427		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินจากมาตรการมาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง เพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็นให้ลดลง

อายุโครงการ 10 ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	110,300	บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,293,984	บาท
อัตราผลตอบแทนคิดลด (IRR)	160.6 %	
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	0.7	ปี

หมายเหตุ: อัตราคิดลด 8 % และ อัตราเงินเฟ้อ 5% และอินเวอร์เตอร์ Factomart รุ่น SKU1024-0068 M200-074-00770 ขนาด 37/45 kW, 50/60hp ราคา 110,300 บาท

4.2.2 มาตการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่อง

ความเป็นมาการใช้งาน

อาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ มีการใช้งานเครื่องทำความเย็นนาน 16 ปี ตลอด 2,112 ชั่วโมงต่อปี ใช้กำลังไฟฟ้าถึง 435 kW และมีประสิทธิภาพการให้ความเย็นของเครื่องทำความเย็น 1.31 kW/TR ซึ่งเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ จากประกาศกระทรวงพลังงาน กำหนด และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในการทำความเย็น (COP) คือ 2.7 kW/kW ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ฯกำหนด โดยอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ฯ เคยมีการซ่อมบำรุงเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่องเป็นครั้งแรก ตั้งแต่ใช้งานมา 16 ปี เมื่อปี 2558 ซึ่งมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ 1.04 kW/TR และใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 364 kW

แนวคิดในการหามาตรการประหยัดพลังงาน

เครื่องทำน้ำเย็นปัจจุบันมีอายุใช้งานยาวนาน ทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและมีภาระทำความเย็นที่แปรเปลี่ยน ซึ่งเครื่องใหม่มีประสิทธิภาพที่สูงกว่า จึงสามารถประหยัดพลังงานได้ และเมื่อเทียบค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ตรวจวัด คือ 1.31 kW/TR กับค่าที่อาคารฯ เคยเปลี่ยนเครื่องใหม่คือ 1.04 kW/TR จึงเห็นว่าควรมีมาตรการใช้ หรือเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น มีค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นลดลง ใช้กำลังไฟฟ้าลดลง ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ นอกจากนี้ สำรวจพบว่าการบำรุงรักษาในปัจจุบันไม่ดีพอ Condenser มีสภาพเก่าและมีฝุ่นเกาะหนา ทำให้การทำงานของเครื่องชำรุดได้ง่ายจึงควรเปลี่ยนเครื่องใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประหยัดจากมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำความเย็นเครื่องใหม่ 1 เครื่อง

เครื่องทำความเย็น ขนาด 350 ตัน 1 เครื่อง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	435	kW
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังหลังปรับปรุง	364	kW
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	71	kW
พลังงานที่ประหยัด	149,952	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	4.38	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	656,790	บาท

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินจากมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำความเย็นเครื่องใหม่

อายุโครงการ 20 ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	7,950,000	บาท
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,936,618	บาท
อัตราผลตอบแทนคิดลด (IRR)	10.59 %	
ระยะเวลาคืนทุน (PB)	15.1	ปี

หมายเหตุ:

1. อัตราคิดลด 8% และ อัตราเงินเฟ้อ 5%
2. สำรวจข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็นยี่ห้อ Carrier รุ่น30XA1252 มี Cooling Capacity 359.4 Tons, Total Compressor Power 374.1 kW จะได้ค่า CHP=1.04 kW/TR เมื่อนำมาเทียบกับเครื่องที่ใช้ปัจจุบันที่ขนาด 350 ตัน จะใช้กำลังไฟฟ้าเพียง 364 kW (จากเดิม 435 kW)
3. อ้างอิงราคาจากการติดตั้งปี 2558 จำนวน 1 เครื่อง ราคา 7,950,000 บาท

4.3 การเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและความคุ้มค่าทางการลงทุนทุกมาตรการ

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและหาความคุ้มค่าการลงทุน โดยวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ มูลค่าสุทธิปัจจุบัน (Net Present value: NPV), อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal Rate of Return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน โดยใช้อัตราคิดลด 8% และอัตราเงินเฟ้อ 5% ในแต่ละมาตรการที่กำหนด 3 มาตรการ นำมาเปรียบเทียบเพื่อเป็นการตัดสินใจการวางแผนการจัดการพลังงานในอาคารเรียนให้มีประสิทธิภาพ ดังตาราง 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบความคุ้มค่าทางการลงทุนและผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

มาตรการ	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)	ผลการประหยัด	
				พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	จำนวนเงิน (บาท)
1) มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED	8,147,419	52.40%	2.3	289,260	1,266,957
2) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่อง	1,936,618	10.59%	15.1	149,952	656,790
3) มาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็นให้ลดลง	1,293,984	160.6%	0.7	37,312	163,427
รวม			**0.7 - 15.1**	**476,524**	**2,087,174**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปีพ.ศ. 2559 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 7,152,840 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และดัชนีการใช้พลังงานของพื้นที่ทั้ งหมด คือ 322 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 31,336,591 บาทต่อปี มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ประกอบด้วย ระบบปรับอากาศ 68 เปอร์เซ็นต์ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 30 เปอร์เซ็นต์ และระบบอื่นๆ 2 เปอร์เซ็นต์

จากการตรวจวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง นำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพและศักยภาพในการทำงานด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 3 มาตรการ พร้อมทั้งวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน ดังข้อสรุปต่อไปนี้

1) มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซ็นต์เป็นหลอด LED เพราะหลอด LED มีกำลังไฟฟ้าน้อยกว่าและมีอายุใช้งานนานกว่าหลอดฟลูออเรสเซ็นต์ ให้ความสว่างใกล้เคียงกัน และมีประสิทธิภาพการส่องสว่างเพิ่มขึ้นจาก 67.25 lm/W เพิ่มเป็น 125 lm/W และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 289,260 kWh/ปี ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 1,266,957 บาทต่อปี เมื่อลงทุนเป็นเงิน 2,739,200 บาท อายุโครงการ 10 ปีจะใช้ระยะเวลาคืนทุน 2.3 ปี

2) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำความเย็น 1 เครื่องทดแทนเครื่องที่เสียนั้นให้ทำงานทดแทนกันได้ เมื่อวิเคราะห์และประเมินผลตามมาตรการกำหนด จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 149,952 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 656,790 บาทต่อปี เมื่อลงทุนเป็นเงิน 7,950,000 บาท อายุโครงการ 20 ปี จะใช้ระยะเวลาคืนทุน 15.1 ปี

3) มาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบที่เครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่อง เพราะมีอัตราการไหลเกินกว่าความต้องการทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อวิเคราะห์และประเมินผลตามมาตรการ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 37,312 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 163,427 บาทต่อปี เมื่อลงทุนเป็นเงิน 110,300 บาท ในอายุโครงการ 10 ปี จะใช้ระยะเวลาคืนทุน 0.7 ปี

รวมผลการจัดการการใช้พลังงานในอาคารเรียนรวมสังคมศาสตร์ทุกมาตรการ สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ 476,524 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี เป็นเงินที่ประหยัดได้ 2,087,174 บาทต่อปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาการจัดการพลังงานด้านกรอบอาคาร การออกแบบ พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า จิตสำนึกต่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงการมีส่วนร่วมจากผู้ใช้งาน เช่นนักศึกษา เจ้าหน้าที่ รวมถึงผู้บริหารมหาวิทยาลัยด้วย เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวทั้งหมด มีส่วนที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

ควรทำการศึกษาการใช้พลังงานในอาคารเรียนจากหลายหน่วยงานเพื่อทำการเปรียบเทียบในพื้นที่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Producer). (2550, มีนาคม 23). การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงิน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from http://www2.dede.go.th/webpage/frame.htm

กระทรวงพลังงาน. (2552). ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from http://www.2e-building.com/images/userfiles/files/LawBEC3.pdf

กระทรวงพลังงาน. (2553). สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคลด้านพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทนแทนและอนุรักษ์พลังงาน. Retrieved from http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html

กระทรวงพลังงาน (Producer). (2557). กรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน Retrieved from http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=134

เคแอลซีไบร์ท, บ. (Producer). (2561). หลอดไฟ LED. บริษัท เคแอลซีไบร์ท Retrieved from https://www.klcbright.com/ledlampcompareothers.php

จินดาวณิค, ธ. (2546, มีนาคม 3). พลังงานและสิ่งแวดล้อม. การประหยัดพลังงานในอาคาร.

บริษัทกรุนด์ฟอส (Producer). (2560). Laws of affinity บริษัทกรุนด์ฟอส Retrieved from https://th.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/laws-of-affinity.html

พินัยนิติศาสตร์, พ. (Producer). (2554). สถาบันส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ. Retrieved from http://dspace.bu.ac.th/handle/123456789/745

ยงเจริญ, ว. (2560). โครงการจัดตั้งศูนย์เผยแพร่แนวทางอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม. In ระบบทำน้ำเย็นในภาคอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนเศรษฐ, อ. (Producer). (2558). เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. Retrieved from http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-02-01.html

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร. สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. Retrieved from http://www.tieathai.org/images/intro_1479229183/final.Guidelines_BW.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุไรรัตน์, ว. (Producer). (2558). สำนักงานวิทยทรัพยากร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50632

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางการคำนวณความคุ้มค่าทางการเงิน

ตารางที่ ก- 1 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED

Method	High Efficiend Airconditioner										
Cooling Capacity,Btuh	12000		Depreciation Cost,Baht/year				1200				
Project Life,year	10		Old Unit Life,yr				10				
Interest Rate(discount),%	8	8	Inflation rate,%				5				
	IRR&PV Cal	For PB and NPV Cal									
List	Year										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investment Cost, Baht	2739200										
Benefit,Baht	1266956.698	1330305	1396819.759	1466661	1539994	1616993	1697843	1782735	1871872	1965466	2063739
Sunk							0				
Other Cost,Baht											
Expense,Baht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maintenance ,Baht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Replace Equipment,Baht							0				
Other Cost,Baht											
Ben-Exp-Other,Baht	1266956.698	1330305	1396819.759	1466661	1539994	1616993	1697843	1782735	1871872	1965466	2063739
Yearly PV	0	1231763	1197547.804	1164283	1131941	1100499	1069929	1040209	1011314	983222.2	955910.4
Accumulate PV		1231763	2429311.26	3593594	4725535	5826034	6895963	7936172	8947486	9930708	10886619
Cash Flow,Baht	-2739200	-1507437	-309888.7396	854394	1986335	3086834	4156763	5196972	6208286	7191508	8147419
GPV ,Baht	10886618.81										
NPV ,Baht	8147418.805										
Pay Back ,yr	2.263423765										
IRR,%	0.523945212										
		FALSE	FALSE	2.26616	2.245196	2.19506	2.11492	2.003915	1.86117	1.685775	1.476797
		FALSE	FALSE	3	4	5	6	7	8	9	10
					PB Approximation						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ก- 2 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ 1 เครื่อง

Method	High Efficiend Airconditioner																					
Cooling Capacity,Btu/	12000		Depreciation Cost,Baht/year			600																
Project Life,year	15		Old Unit Life,yr			20																
Interest Rate(discoun	8		Inflation rate,%			5																
	7	For PB and NPV Cal																				
												List										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Investment Cost, Baht	7950000																					
Benefit,Baht	656790	689629.5	724111	760316.5	798332.3	838249	880161.4	924169.5	970378	1018897	1069842	1123334	1179500	1238476	1300399	1365419	1433690	1505375	1580643	1659676	1742659	
Sunk	0						0									0	0	0	0	0	0	
Other Cost,Baht																						
Expense,Baht	1000	1050	1102.5	1157.625	1215.506	1276.282	1340.096	1407.1	1477.455	1551.328	1628.895	1710.339	1795.856	1885.649	1979.932	2078.928	2182.875	2292.018	2406.619	2526.95	2653.298	
Maintenance ,Baht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Replace Equipment,B							0															
Other Cost,Baht																						
Ben-Exp-Other,Baht	655790	688579.5	723008.5	759158.9	797116.8	836972.7	878821.3	922762.4	968900.5	1017346	1068213	1121623	1177705	1236590	1298419	1363340	1431507	1503083	1578237	1657149	1740006	
Yearly PV	0	637573.6	619863.2	602644.8	585904.7	569629.5	553806.5	538423	523466.8	508926.1	494789.2	481045.1	467682.7	454691.5	442061.2	429781.7	417843.3	406236.6	394952.2	383981.3	373315.2	
Accumulate PV		637573.6	1257437	1860082	2445986	3015616	3569422	4107845	4631312	5140238	5635027	6116073	6583755	7038447	7480508	7910290	8328133	8734370	9129322	9513303	9886618	
Cash Flow,Baht	-7950000	-7312426	-6692563	-6089918	-5504014	-4934384	-4380578	-3842155	-3318688	-2809762	-2314973	-1833927	-1366245	-911553	-469492	-39710.3	378133	784369.6	1179322	1563303	1936618	
GPV ,Baht	9886618																					
NPV, Baht	1936618	3435.889	3245.006	3064.728	2894.465	2733.662	2581.792	2438.359	2302.894	2174.956	2054.125											
Pay Back ,yr	15.09383																					
IRR,%	0.105944																					
		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	15.09504	15.06918	15.01401	14.9287	14.81238	
		FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	16	17	18	19	20	
					PB Approximation																	

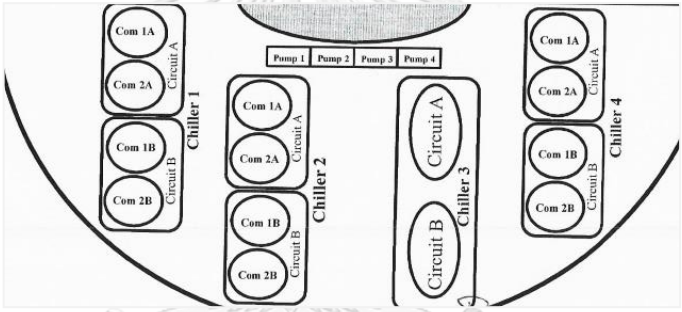
ตารางที่ ก- 3 ผลการคำนวณทางการเงินมาตรการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำเย็นให้ลดลง

Method	High Efficiend Airconditioner										
Cooling Capacity,Btuh	12000		Depreciation Cost,Baht/year				1200				
Project Life,year	10		Old Unit Life,yr				10				
Interest Rate(discount),%	8	8	Inflation rate,%				5				
	For IRR&PV Cal	For PB and NPV Cal									
List						Year					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investment Cost, Baht	110,300										
Benefit,Baht	163,427	171598	180178	189187	198647	208579	219008	229958	241456	253529	266205
Sunk							0				
Other Cost,Baht											
Expense,Baht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maintenance ,Baht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Replace Equipment,Baht							0				
Other Cost,Baht											
Ben-Exp-Other,Baht	163427	171598	180178	189187	198647	208579	219008	229958	241456	253529	266205
Yearly PV	0	158887	154474	150183	146011	141955	138012	134178	130451	126828	123305
Accumulate PV		158887	313361	463544	609555	751510	889523	1023701	1154152	1280980	1404284
Cash Flow,Baht	-110300	48587	203061	353244	499255	641210	779223	913401	1043852	1170680	1293984
GPV ,Baht	1,404,284										
NPV ,Baht	1,293,984										
Pay Back ,yr	0.7										
IRR,%	160.6%										
		0.7	0.7	0.6	0.58	0.48	0.35	0.19	0.00	-0.23	-0.49
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					PB Approximation						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข รูปเครื่องจักร อุปกรณ์ และวิธีตรวจวัด

รูปภาพที่ ข- 1 เครื่องทำน้ำเย็นที่ทำการตรวจวัด



รูปภาพที่ ข- 2 ตำแหน่งเครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องสูบน้ำเย็น

รูปภาพที่ ข- 3 ตรวจวัดความดันด้านดูด-ด้านจ่ายของเครื่องทำน้ำเย็น

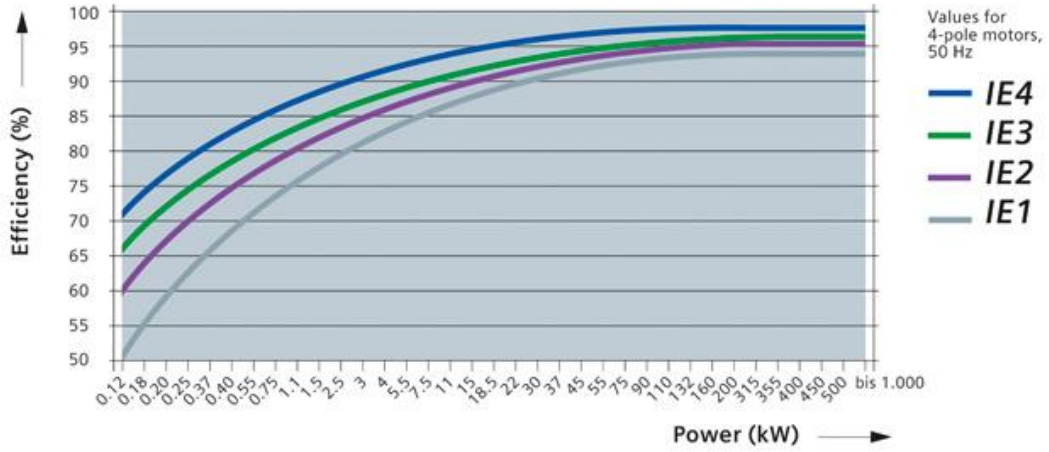
รูปภาพที่ ข- 4 ตรวจวัดความดันด้านดูด-ด้านจ่ายของเครื่องสูบน้ำเย็น

รูปภาพที่ ข- 5 ห้องที่ทำการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าภายในห้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปภาพที่ ข- 6 โถงทางเดินด้านหน้าภายในอาคารเรียนมรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต

รูปภาพที่ ข- 7 โถงทางเดินภายในอาคารเรียนมรวมสังคมศาสตร์ มธ.ศูนย์รังสิต



รูปภาพที่ ข- 8 ประสิทธิภาพมอเตอร์ คือ 0.91 หาได้จาก IEC 1 Motor Efficiency Curve ที่ 37kW

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University