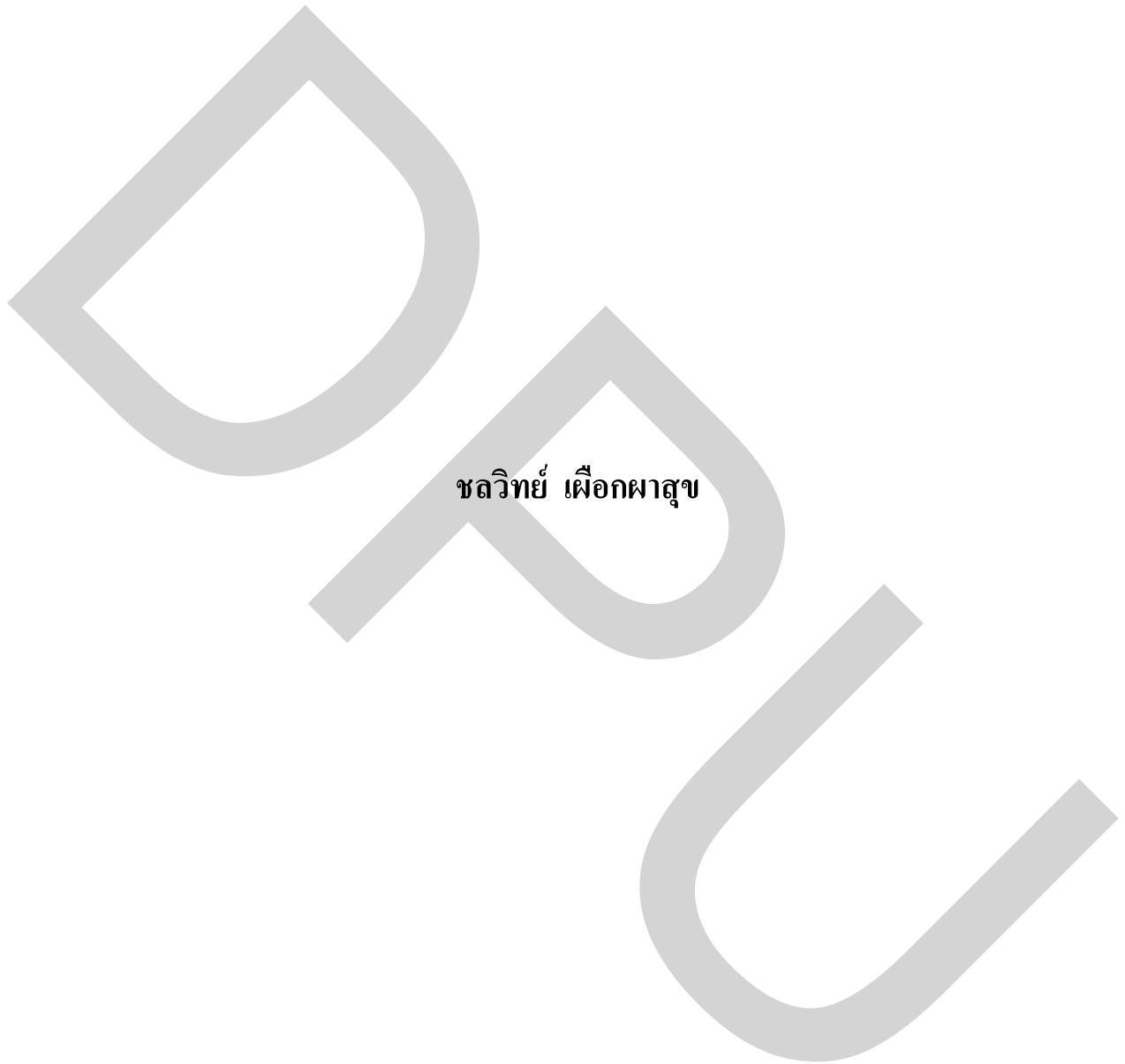


การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ :
กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล



ชลวิทย์ เพ็อกผาสูข

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

**A Sustainable Electricity Management for building :
Study of Department of Consular Affairs**



Chonlavit Puekpasuk

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Building Technology Management

Graduate School , Dhurakij Pundit University

2011

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนตรวจสอบต้นฉบับสารนิพนธ์

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบสารนิพนธ์และคณาจารย์ สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคร ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและให้วิชาความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียบเรียงสารนิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จนเป็นผลให้สารนิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณกำลังใจจากบุคคลในครอบครัวและเพื่อนร่วมชั้นเรียน ผู้เขียนขอขอบคุณประโยชน์ของสารนิพนธ์ฉบับนี้ให้แก่ บุพการี ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชลวิทย์ เผือกผาสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญรูป.....	๘
รายการสัญลักษณ์.....	๙
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ประโยชน์ของการศึกษา.....	3
1.5 แผนการศึกษา.....	4
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535.....	5
2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	10
2.3 ตัวแปรทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.4 อัตราค่าไฟฟ้า.....	12
2.5 ฐานข้อมูลสารสนเทศด้านพลังงาน.....	13
2.6 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ.....	14
2.7 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง.....	22
2.8 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์.....	31
2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31
3. ระเบียบวิธีการวิจัย.....	35
3.1 ข้อมูลทั่วไป.....	35
3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	37
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	39
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
4. ผลการศึกษา.....	48
4.1 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	48
4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	49
4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังที่ผ่านมา.....	49
4.4 การวิเคราะห์แนวทางในการจัดการพลังงานไฟฟ้า.....	50
5. สรุปผลการศึกษา.....	62
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป.....	63
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	68
ภาคผนวก ก รายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และ.....	69
ชั่วโมงการทำงานของระบบปรับอากาศ	
ภาคผนวก ข รายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และ.....	76
ชั่วโมงการทำงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	
ภาคผนวก ค การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	83
ภาคผนวก ง การคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าและความสามารถ.....	86
ในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น	
ภาคผนวก จ การคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าของค่ากำลัง.....	92
ไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร	
ภาคผนวก ฉ การคำนวณมาตรการอนุรักษ์พลังงาน.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการศึกษา.....	4
2.1 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ แบ่งตามระบบต่างๆ.....	10
2.2 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรในอาคารสำนักงาน.....	11
2.3 อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ.....	13
2.4 ชนิดของหลอดที่ให้อุณหภูมิ และสีของแสงต่างๆ.....	23
2.5 แสดงหลอดไฟฟ้ากลุ่มต่างๆ กับประสิทธิภาพทางแสงของการส่องสว่าง.....	23
3.1 ลักษณะการใช้พื้นที่ในอาคารกรมการกงสุล.....	35
3.2 แสดงการใช้ไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล ระหว่าง ม.ค. 52-ธ.ค. 52.....	37
3.3 รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ.....	40
3.4 ตารางเก็บข้อมูลในการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ.....	41
3.5 รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง.....	42
3.6 ตารางเก็บข้อมูลในการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง.....	43
3.7 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	44
3.8 มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารควบคุมประเภทต่างๆ.....	46
4.1 รวมผลการศึกษารจัดการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละมาตรการ.....	60

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน.....	9
2.2 วัฏจักรการทำความเย็นโดยการกดดันไอ.....	15
2.3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ.....	18
2.4 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	19
2.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamps).....	25
2.6 หลอดไอปรอทความดันสูง (High-pressure Mercury Vapour Lamps).....	26
2.7 โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบสะท้อนแสง.....	27
2.8 บัลลาสต์ชนิดต่างๆ.....	29
3.1 อาคารกรมการกงสุล.....	36
3.2 คลิปแอมป์ (Clip Amp).....	37
3.3 ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ (Digital Thermometer).....	38
3.4 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter).....	38
4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร.....	49
4.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระหว่าง พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2553.....	50
4.3 ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น.....	51
4.4 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น.....	51
4.5 การประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงค่าสมรรถนะ การทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น.....	52
4.6 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น.....	53
4.7 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงาน ของปั๊มน้ำในระบบปรับอากาศ และหอผึ่งน้ำ.....	55
4.8 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น.....	56
4.9 เปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 กับ T5.....	57
4.10 การประหยัดพลังงานโดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 กับ T5.....	58
4.11 หลอดโซเดียมความดันสูง (High-pressure Sodium Vapour Lamps).....	58
4.12 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายใน.....	59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การประหยัดพลังงานโดยการเปลี่ยนหลอดโซเดียม.....	59
ความดันสูง เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
AHU	เครื่องส่งลมเย็นแบบตั้งพื้น (Air Handling Unit)	
BTU	หน่วยของความสามารถในการทำความเย็น	BTU
°C	อุณหภูมิในหน่วยเซลเซียส (Celsius)	C
CDP	ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump)	
CH	เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	
CHP	ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump)	
ChP	ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ	kW/Tr
CT	หอคอยน้ำ (Cooling Tower)	
E	พลังงานไฟฟ้า (Watt-hour)	Wh
E _L	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบปี	kWh/year
FCU	เครื่องส่งลมเย็นแบบแขวนเพดาน (Fan Coil Unit)	
I	กระแสไฟฟ้า (Ampere)	A
K	อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (Kelvin)	K
kV	หน่วยของแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1,000 โวลต์	kV
kVA	หน่วยของพลังไฟฟ้าปรากฏเท่ากับ 1,000 โวลต์-แอมป์	kVA
kW	หน่วยของกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1,000 วัตต์	kW
kWh	หน่วยของพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,000 วัตต์-ชั่วโมง	kWh
lux	หน่วยปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่	lux
l/m	มาตรวัดปริมาณการเคลื่อนที่ (ลิตรต่อนาที)	l/m
l/s	มาตรวัดปริมาณการเคลื่อนที่ (ลิตรต่อวินาที)	l/s
MWP	ปั๊มเติมน้ำหอคอยน้ำ (Make up Water Pump)	
m ²	หน่วยของพื้นที่ (ตารางเมตร)	m ²
m ³	หน่วยของปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)	m ³
P	กำลังไฟฟ้า (Power)	W
PF	ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor)	
T	ระยะเวลาที่ใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	h
TOD	อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day)	

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
TOU	อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use)	
Tr	หน่วยของความสามารถในการทำความเย็น เท่ากับ 12,000 BTU	Tr
V	แรงดันไฟฟ้า (Voltage)	V

หัวข้อสารนิพนธ์	การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ :
	กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล
ชื่อผู้เขียน	ชลวิทย์ เผือกผาสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต๊ะ บุนนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา	พ.ศ. 2554

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล ซึ่งมีเวลาทำการของอาคาร ตั้งแต่วันจันทร์- วันศุกร์ เวลา 08.00-17.00 น. การศึกษามุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งานของเครื่องจักรเพื่อเป็นฐานข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ด้วยการวิเคราะห์หามาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน ในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง และวิเคราะห์หาระยะเวลาดำเนินงานในแต่ละมาตรการที่ได้กำหนด

ผลการศึกษาใน ปี พ.ศ. 2553 พบว่าอาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,337,000 kWh/year คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 10,953,858.06 บาทต่อปี มีสัดส่วนการใช้พลังงานหลักอยู่ที่ระบบปรับอากาศ ร้อยละ 51.63 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ร้อยละ 11.92 และระบบอื่นๆ ร้อยละ 36.44 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ทั้งนี้ ได้กำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานรวม 6 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำในระบบปรับอากาศ และ หอผึ่งน้ำ มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด T8 เป็น T5 และมาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าทุกมาตรการเท่ากับ 659,097.88 kWh/year คิดเป็นเงิน 2,161,841.05 บาทต่อปี

Thematic Paper Title A Sustainable Electricity Management for building :
 study of Department of Consular Affairs

Author Chonlavit Puekpasuk

Thematic Paper Advisor Asst. Prof. Dr. Tika Bunnag

Department Building Technology Management

Academic Year 2011

ABSTRACT

This study aims to present the energy consumption in air conditioning system and lighting system at Department of Consular Affairs Building operating from 8.00 a.m.-5.00 p.m. Monday – Friday. The study begins with collecting data of machine type, size and working hours in each floor to be used as a starting point in determining efficient energy consumption measures and analyzer possible energy conservation measures in the air conditioning system and lighting system by comparing the data of energy consumption before and after implementing each measure as well as assessing financial impact in terms of payback period.

In 2010, The Department of Consular Affairs Building consumed electrical energy totaling 3,337,000 kWh/year equivalent to 10,953,858.06 baht/year and the energy consumption proportions are air conditioning system 51.63 %, lighting system 11.92 % and other system 36.44 % respectively. In this paper, there are 6 electrical energy conservation measures as follows ; improvement coefficient of performance value of water chiller, reduction of water chiller's working hours, reduction of pumps and cooling tower's working hours, reduction of air handling unit's working hours, replacement of fluorescent lamp from T8 to T5 and replacement of high-pressure sodium vapour lamp with compact fluorescent lamp. These 6 electrical energy conservation measures will results in electricity saving of approximately 659,097.88 kWh/year which is equivalent to 2,161,841.05 baht/year.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

มนุษย์เริ่มรู้จักพลังงานตั้งแต่ยุคดึกดำบรรพ์ เช่น ลม แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ นอกจากนี้มนุษย์ยังค้นพบถ่านหิน และปิโตรเลียม ซึ่งเป็นพลังงานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งและใช้ประโยชน์จากพลังงานดังกล่าวทั้งหมดในการดำรงชีวิต และสร้างความเจริญให้กับโลกสืบมา โดยเฉพาะในช่วง 400 ปี หลังจากมนุษย์มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น จึงได้นำความรู้มาพัฒนาวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรต่างๆ เพื่อช่วยให้การดำรงชีวิตสุขสบายขึ้น และพัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จากการที่มนุษย์ใช้พลังงานสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรก คือ พลังงานสิ้นเปลือง ซึ่งหมายถึงพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่มาจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ส่วนที่สอง คือ พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานทดแทน ซึ่งหมายถึงพลังงานทางเลือกที่สามารถสร้างขึ้นเพื่อชดเชยส่วนที่นำไป หรือเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

ความต้องการใช้พลังงานของโลก จะเพิ่มขึ้นตามผลผลิตมวลรวมของโลก และจำนวนประชากรของโลก ทำให้ต้องผลิตพลังงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้ปริมาณหรือแหล่งสำรองน้ำมันลดน้อยลง โดยน้ำมันที่สำรวจพบแล้ว ถึงปี พ.ศ. 2546 มีปริมาณเหลืออยู่เพียง 0.9-1.0 ล้านล้านบาร์เรล โดยความต้องการใช้น้ำมันของโลกอยู่ระหว่าง 36,000-40,000 ล้านบาร์เรลต่อปี หากความต้องการใช้พลังงานของโลกดังกล่าวอยู่ในระดับทรงตัว ไม่เพิ่มขึ้น เราจะมีน้ำมันใช้อีกไม่เกิน 40 ปี ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับราคาน้ำมันเชื้อเพลิงทรงตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง

ทั้งนี้ ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีขีดความสามารถในการผลิต ผลิตจากผลผลิตมวลรวมได้ปีละประมาณ 35,000 ล้านล้านบาท โดยมีอัตราการขยายตัวที่ระดับร้อยละ 5-6 และมีประชากรประมาณ 63 ล้านคน มีความต้องการการใช้พลังงานปีละกว่า 900,000 ล้านบาท โดยในความต้องการใช้พลังงานนี้เป็นพลังงานไฟฟ้ากว่า 1,800 kWh/คน มีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 6-8 และจะต้องนำเข้าพลังงานปีละประมาณ 500,000-600,000 ล้านบาท นอกจากนี้ ยังมีอัตราการขยายตัวของความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 14 โดยมีผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถส่งออกได้เพียงปีละประมาณ 300,000-350,000 ล้านบาท นอกจากนี้ ประเทศไทยยังต้องพึ่งพาพลังงานจาก

ต่างประเทศสูงถึงกว่าร้อยละ 70 และสำรวจไม่พบแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพมากพอในการผลิตพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการใช้พลังงานของประเทศได้ โดยก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานที่พบในประเทศมากที่สุด มีปริมาณสำรองที่สำรวจพบแล้วเพียง 2,188 ล้านบาร์เรล ในขณะที่คนไทยมีความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติถึงปีละ 147 ล้านบาร์เรล ซึ่งจะสามารถใช้ก๊าซธรรมชาติได้อีกไม่ถึง 15 ปี ส่งผลให้ประเทศเข้าสู่วิกฤตด้านพลังงาน ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่คนไทยจะต้องตระหนักและมีสติในการใช้พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยเริ่มต้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 เนื่องจากทั่วโลกเกิดวิกฤตพลังงาน โดยรัฐบาลในขณะนั้นได้กำหนดมาตรการต่างๆ เพื่อลดการใช้พลังงาน เช่น การปิดบริการปั้มน้ำมันในเวลากลางคืน ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในทางสาธารณะลงร้อยละ 50 เป็นต้น หลังวิกฤตพลังงานผ่านพ้น มาตรการเหล่านี้ได้ถูกยกเลิกไป และในปี พ.ศ. 2522 ได้เกิดวิกฤตพลังงานของโลกเป็นครั้งที่ 2 จึงเกิดแนวคิดที่จะต้องออกกฎหมายเพื่อการอนุรักษ์พลังงานใช้บังคับอย่างจริงจัง ต่อมาได้มีการเริ่มต้นร่างและจัดทำพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้นจนเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2535 ก็ได้ผ่านการพิจารณาจากสภานิติบัญญัติแห่งชาติและได้มีพระบรมราชโองการฯ ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2535 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2535 นอกจากนี้ยังได้มีการออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ขึ้นมา โดยมีผลบังคับใช้กับอาคารควบคุมทั่วประเทศตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2538 พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 มีผลบังคับใช้กับโรงงานควบคุมตั้งแต่วันที่ 17 กรกฎาคม 2540

แต่เนื่องจาก พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน ฝ่ายนิติบัญญัติจึงเห็นสมควรแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติดังกล่าวเพื่อให้สามารถกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงานการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพและสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยี กำหนดมาตรฐานด้านประสิทธิภาพของการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ การเก็บรักษาเงินและทรัพย์สินของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตลอดจนการมอบหมายให้บุคคลหรือนิติบุคคลตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และคุณภาพวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแทนพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม จึงได้ตรา พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ขึ้นบังคับใช้โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2550 และให้มีผลใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 180 วันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา ซึ่งมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2551 เป็นต้นไป

ดังนั้น ในฐานะอาคารกรมการกงสุล จัดเป็นอาคารควบคุม ตามที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 และตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ต้องดำเนินการจัดการพลังงานในอาคารควบคุมตามตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนด มาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. จัดทำข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าของอาคารกรมการกงสุล
2. เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าของอาคารกรมการกงสุล เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
3. เพื่อกำหนดแนวทางการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารกรมการกงสุล

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษานี้จัดทำเฉพาะอาคารกรมการกงสุล ถนนแจ้งวัฒนะ เท่านั้น
2. รวบรวมข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน เฉพาะส่วนของระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
3. วิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน ในแต่ละมาตรการที่ได้กำหนด

1.4 ประโยชน์ของการศึกษา

1. ได้ฐานข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล
2. ได้แนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า และการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคารของรัฐ
3. ปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

1.5 แผนการศึกษา

ตารางที่ 1.1 แผนการศึกษา

กิจกรรม		ระยะเวลา (เดือน)															
		1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	ตรวจสอบการใช้พลังงานที่ผ่านมา	●															
2.	สำรวจการใช้พลังงานเบื้องต้น		●	●	●												
3.	ตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด					●	●	●	●								
4.	กำหนดแนวทางในการลดการใช้พลังงาน									●	●	●	●				
5.	เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง													●	●		
6.	วิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน															●	
7.	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ																●

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตมนุษย์ แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีจำกัด ดังนั้นมนุษย์จึงต้องเรียนรู้วิธีการใช้อย่างประหยัดเพื่อให้มีเวลาเพียงพอสำหรับการวางแผนในอนาคต และพัฒนาแหล่งพลังงานอย่างอื่นมาใช้ทดแทนก่อนที่แหล่งพลังงานในปัจจุบันจะถูกใช้หมดไป

2.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ดังนี้

- 1) เพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ผู้ที่ต้องการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายมีการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด
- 2) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นใช้ในประเทศ และให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย
- 3) เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยการจัดตั้ง “กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน” เพื่อใช้เป็นกลไกในการให้ความช่วยเหลือทางการเงินแก่ผู้ที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

2.1.1 ขอบเขตการบังคับใช้พระราชบัญญัติฯ

โดยที่พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนให้ “โรงงานควบคุม” และ “อาคารควบคุม” ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด และเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งส่งเสริมการใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานขึ้นในประเทศและให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย ฉะนั้น กลุ่มเป้าหมายที่รัฐมุ่งเข้าไปกำกับดูแล ส่งเสริม และสนับสนุนเพื่อให้เกิดการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัตินี้จึงประกอบด้วย 3 กลุ่มดังนี้

- 1) โรงงานควบคุม
- 2) อาคารควบคุม
- 3) ผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ด้วยเหตุนี้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) จึงบังคับใช้กับกลุ่มเป้าหมายเพียง 3 กลุ่มที่กล่าวมาข้างต้นเท่านั้น

ในส่วนของกลุ่มโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่อยู่ภายใต้ของพระราชบัญญัตินี้จะมุ่งเน้น โรงงานและอาคารที่มีการใช้พลังงานในปริมาณมากและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันที ทั้งนี้ โรงงานหรืออาคารใดเข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมหรือไม่ย่อมเป็นไปตามที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 และพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ได้กำหนดไว้ ในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานนั้นจะได้รับสิทธิอุดหนุนช่วยเหลือทางการเงินเพื่อให้มีการผลิตหรือจำหน่ายเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุเหล่านี้จำหน่ายให้แก่ประชาชนอย่างแพร่หลายและมีราคาถูก ซึ่งช่วยให้ประชาชนทั่วไปลดการใช้พลังงานลงได้ ทั้งนี้ การกำหนดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามประเภท ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างใด เป็นเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่อยู่ภายใต้บังคับของพระราชบัญญัตินี้ย่อมเป็นไปตามกฎกระทรวงซึ่งได้กำหนดเป็นเรื่องๆ ไป เช่น กฎกระทรวงกำหนดเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 กฎกระทรวงกำหนดตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 หรือกฎกระทรวงกำหนดหม้อหุงข้าวไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 เป็นต้น และเช่นเดียวกัน การกำหนดวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามประเภทคุณภาพและมาตรฐานอย่างใดเป็นวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานที่อยู่ภายใต้บังคับของพระราชบัญญัตินี้ย่อมเป็นไปตามกฎกระทรวงซึ่งได้กำหนดเป็นเรื่องๆ ไป เช่น กฎกระทรวงกำหนดกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม

ผู้ที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) นั้นจะถูกเรียกว่า “โรงงานควบคุม” หรือ “อาคารควบคุม” แล้วแต่กรณีโดยจะเน้นไปที่ โรงงานและอาคารที่มีการใช้พลังงานในปริมาณมากและมีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ทันที ทั้งนี้ ลักษณะของโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม

ย่อมเป็นไปตามที่พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540 และพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ได้กำหนดไว้ ดังนี้

โรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุม หมายถึง โรงงานหรืออาคารที่มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ซึ่งโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุมหรืออาคารควบคุมนั้นจะต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างหนึ่งอย่างใดดังต่อไปนี้

1) เป็นโรงงานหรืออาคารที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้าหรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 kW หรือ 1,175 kVA ขึ้นไป หรือ

2) เป็นโรงงานหรืออาคารที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงาน หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเองอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูล ขึ้นไป

อย่างไรก็ตาม สำหรับอาคารบางประเภทแม้มีลักษณะการใช้พลังงานเข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมตามที่กล่าวมาข้างต้น แต่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ก็ได้กำหนดยกเว้นไว้ไม่ให้อาคารดังต่อไปนี้เป็นอาคารควบคุม ซึ่งได้แก่ อาคารที่ใช้เป็นพระที่นั่งหรือพระราชวัง อาคารที่ทำการสถานทูตหรือสถานกงสุลต่างประเทศ อาคารที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศหรือที่ทำการของหน่วยงานที่ตั้งขึ้นตามความตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลต่างประเทศ โบราณสถาน วัดวาอารามหรืออาคารต่างๆ ที่ใช้เพื่อการศาสนา ซึ่งมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างไว้แล้วโดยเฉพาะ

2.1.3 หน้าที่ของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม

ในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ได้กำหนดให้ผู้ที่เป็นเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานดังต่อไปนี้

1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีคุณสมบัติและจำนวนตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ภายในเวลาที่กำหนด

2) ต้องดำเนินการจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานที่กำหนดในกฎกระทรวง

3) ส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้ พพ. ภายในเดือน มีนาคมของทุกปี โดยต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองจากผู้ตรวจสอบพลังงานที่ได้รับ ใบอนุญาตจาก พพ.

2.1.4 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) ได้ กำหนดการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมตามมาตรา 17 ได้แก่ การดำเนินการ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้

- 1) การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร
- 2) การปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ ในระดับที่เหมาะสม
- 3) การใช้วัสดุก่อสร้างอาคารที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานตลอดจนการแสดงคุณภาพของ วัสดุก่อสร้างนั้นๆ
- 4) การใช้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ
- 5) การใช้ และการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุที่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ในอาคาร
- 6) การใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
- 7) การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

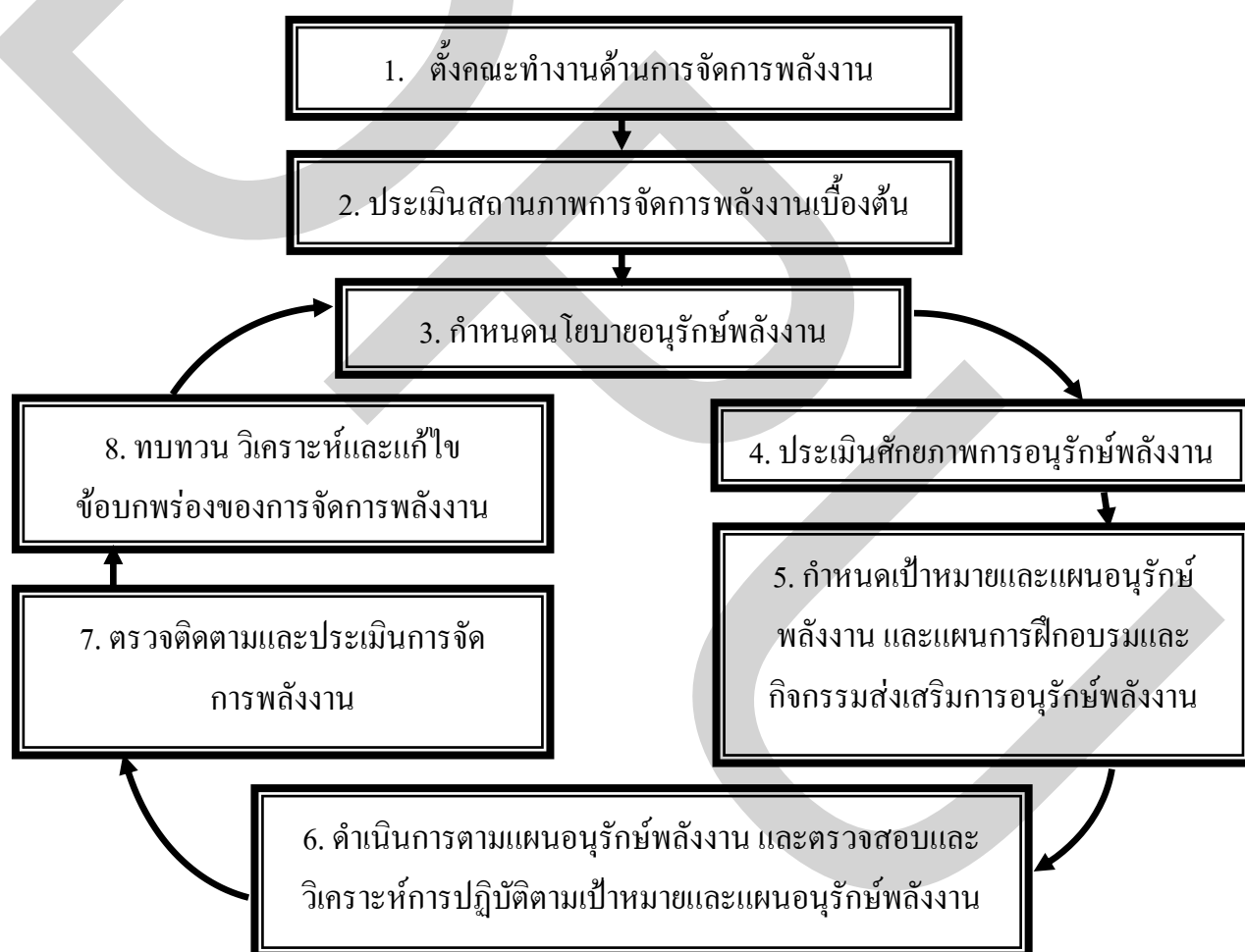
นอกจากนี้ เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม มาตรา 21 วรรคหนึ่ง กำหนดให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติมีอำนาจออก กฎกระทรวงในเรื่อง ดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงาน ให้เจ้าของอาคารควบคุม ต้องปฏิบัติ
- 2) กำหนดให้เจ้าของอาคารควบคุม ต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ประจำใน อาคารควบคุมแต่ละแห่ง ตลอดจนกำหนดคุณสมบัติและหน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

อนึ่ง ในกรณีที่มีเหตุอันสมควรให้อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ พลังงานมีอำนาจออกคำสั่งให้เจ้าของอาคารควบคุมรายใดแจ้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เพื่อตรวจสอบให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นไปตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดใน กฎกระทรวงที่ออกโดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน และให้เจ้าของอาคารควบคุมรายนั้น ปฏิบัติตามภายใน 30 วันนับแต่วันที่ได้รับคำสั่งนั้นตามมาตรา 21 ประกอบมาตรา 10

2.1.5 แนวทางการจัดการพลังงาน

จากข้อกำหนดตามกฎหมายกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ซึ่งกำหนดให้โรงงานควบคุมและอาคารควบคุมจำเป็นต้องเริ่มให้มีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยวิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนดำเนินการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายของการจัดการพลังงาน การดำเนินการสามารถแบ่งได้ออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

ที่มา: เอกสารประกอบการอบรม โครงการพัฒนาบุคลากรด้านการบริหารจัดการพลังงานในเขตภาคกลาง และ กทม, 2552

- 1) ตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
- 2) การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
- 3) นโยบายอนุรักษ์พลังงาน
- 4) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
- 5) การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมและกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- 6) การดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
- 7) การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน
- 8) การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

2.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

การใช้พลังงานในอาคารจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ หลายอย่าง เช่น

- 1) ประเภทของอาคาร
- 2) ความต้องการของผู้ใช้อาคาร
- 3) ตำแหน่งที่ตั้ง
- 4) ลักษณะการออกแบบ
- 5) ชั่วโมงการใช้งาน

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ แบ่งตามระบบต่างๆ

ประเภทของอาคาร	ระบบปรับอากาศ (%)	ระบบแสงสว่าง (%)	ระบบอื่นๆ (%)
โรงแรม	60-70	15-20	10-25
สำนักงาน	50-60	20-30	10-20
ศูนย์การค้า	60-65	20-25	10-20
โรงพยาบาล	50-60	20-30	10-30
สถานศึกษา	30-45	30-50	5-40

ดังนั้น ปริมาณพลังงานที่ใช้ในอาคารจึงแตกต่างกันไปได้มาก อาคารบางชนิดใช้แต่ไฟฟ้า ในขณะที่อาคารบางชนิดใช้พลังงานความร้อนด้วย จากการสำรวจอาคารต่างๆ จะพบว่า

ใช้ไฟฟ้าในกิจกรรมหลักๆ 3 ส่วน คือ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และใช้ในทางอื่นๆ ซึ่งอาคารแต่ละประเภทก็ใช้ไฟฟ้าแตกต่างกัน สัดส่วนการใช้พลังงานของระบบต่างๆ นั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องจักร ในอาคารสำนักงาน ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องจักร ในอาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงาน 100 %				
ระบบปรับอากาศ 50-60 %		ระบบแสงสว่าง 20-30 %		ระบบอื่นๆ 10-20 %
ชนิดแยกส่วน	ชนิดรวมศูนย์	ชนิดเป็นชุด	หลอดไฟชนิดต่างๆ	ปั๊มน้ำใช้สอย
	เครื่องทำน้ำเย็น	ปั๊มน้ำหล่อเย็น	บัลลาสต์	พัดลมระบายอากาศ
	ปั๊มน้ำเย็น	หอผึ่งน้ำ		ลิฟท์และบันไดเลื่อน
	ปั๊มน้ำหล่อเย็น			ระบบบำบัดน้ำเสีย
	หอผึ่งน้ำ			อุปกรณ์สำนักงาน
	เครื่องส่งลมเย็น			เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ

2.3 ตัวแปรทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบค่าตัวแปรทางไฟฟ้าที่ใช้หลักๆ ได้แก่

1) แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt) สัญลักษณ์ V ในนี้จะกล่าวถึงแรงดันไฟฟ้าแรงต่ำที่ใช้งานในอาคารทั่วไป โดยมีค่าแรงดันไฟฟ้า 220 V สำหรับระบบไฟฟ้า 1-เฟส กับ 380 V สำหรับระบบ 3-เฟส

2) กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere) สัญลักษณ์ A กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ใช้กำลังไฟฟ้าเท่าไร

3) กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) สัญลักษณ์ W คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ต้องการใช้ไปในการทำให้เกิดเป็นพลังงานรูปต่างๆ เช่น พลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน พลังงานกล เป็นต้น ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{ระบบไฟฟ้า 1-เฟส} \quad P = VI \cos \theta \quad \dots\dots\dots 2.1$$

$$\text{ระบบไฟฟ้า 3-เฟส} \quad P = \sqrt{3} VI \cos \theta \quad \dots\dots\dots 2.2$$

เมื่อ	P	หมายถึง	กำลังไฟฟ้า (W)
	V	หมายถึง	แรงดันไฟฟ้า (V)
	I	หมายถึง	กระแสไฟฟ้า (A)
	$\text{Cos } \theta$	หมายถึง	ค่า Power Factor

4) พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง (Watt-hour) สัญลักษณ์ Wh คือ ค่าของพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ในการทำงานในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งหาได้จากสมการ

$$E = PT \dots\dots\dots 2.3$$

หรือ ระบบไฟฟ้า 1-เฟส $E = VI \text{Cos } \theta \times T \dots\dots\dots 2.4$

ระบบไฟฟ้า 3-เฟส $E = \sqrt{3} VI \text{Cos } \theta \times T \dots\dots\dots 2.5$

เมื่อ E หมายถึง พลังงานไฟฟ้า (Wh)

T หมายถึง ระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (hour)

5) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ หรือค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor : PF) คือ อัตราส่วนของพลังไฟฟ้าจริงกับพลังไฟฟ้าปรากฏ มีค่าจาก 0 - 1 โดยทั่วไปจะควบคุมอยู่ระหว่าง 0.85 - 1.00

2.4 อัตราค่าไฟฟ้า

ในการคิดอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าได้จำแนกผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร โดยมีการแบ่งประเภทของอัตราค่าไฟฟ้ามี 3 ประเภทคือ อัตราปกติ อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use, TOU) และอัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day, TOD)

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าสำหรับอาคารของราชการ จะถูกกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร สำหรับการใช้ไฟฟ้าของราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว ซึ่งรายละเอียดอัตราค่าไฟฟ้าได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ

ประเภท	ระดับแรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
6.1.1	แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	1.9712	228.17
6.1.2	แรงดัน 12-24 kV	2.1412	228.17
6.1.3	แรงดันต่ำกว่า 12 kV 10 หน่วยแรก(หน่วยที่ 1-10) เกินกว่า 10 หน่วย(หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	1.3576 2.4482	20.00

2.5 ฐานข้อมูลสารสนเทศด้านพลังงาน

ระบบสารสนเทศด้านพลังงานกำหนดขึ้นตามระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และการรายงานข้อมูลซึ่งเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานทางด้านพลังงานที่สนับสนุนการจัดการด้านพลังงาน ระบบสารสนเทศด้านพลังงานอาจเป็นระบบเดี่ยว (Stand-Alone) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบรวม (Integrated System) หรืออาจเป็นการผสมผสานกันของสองถึงสามระบบที่แตกต่างกัน ระบบสารสนเทศทางด้านพลังงานไม่ได้มีองค์ประกอบเพียงแต่มาตรวัดและเครื่องคอมพิวเตอร์ เพราะในความเป็นจริงแล้วระบบสารสนเทศประกอบด้วยกระบวนการและวิธีการทั้งหมดขององค์กรที่ทำให้ระบบสารสนเทศนั้นดำเนินการได้ ระบบสารสนเทศทางด้านพลังงานอาจจะเป็นแบบการผสมผสานแหล่งข้อมูลทั้งจากภายนอกและภายใน

หน้าที่หลักของระบบสารสนเทศคือ การสนับสนุนการจัดการด้านพลังงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์โดยรวมขององค์กร ข้อมูลการจัดการด้านพลังงานสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทหลักๆ คือ

1) ปริมาณการใช้พลังงาน (Consumption) คือ ปริมาณการใช้พลังงานเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่สุดสำหรับการจัดการด้านพลังงาน ซึ่งพลังงานไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติมีแหล่งข้อมูลหลักคือ มาตรวัด

2) ต้นทุนคือ การควบคุมต้นทุนเป็นเหตุผลหลักสำหรับองค์กรส่วนใหญ่เพื่อปฏิบัติงานด้านการจัดการด้านพลังงาน ทั้งนี้ต้นทุนเป็นเรื่องที่ใช้สื่อสารได้ง่ายกับทุกๆ ด้านของการทำงาน สำหรับแหล่งข้อมูลหลักของต้นทุนคือ ผู้จัดจำหน่ายพลังงาน ไม่ว่าจะจากฟิสิกส์อัตราค่าธรรมเนียมหรือใบเสร็จการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริง

3) ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงาน (Drivers) เป็นปัจจัยใดๆที่มีผลต่อการใช้พลังงาน ซึ่งบรรยากาศการทำงานจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ

- ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานที่มาจากกิจกรรมการทำงาน (Activity Drivers) เป็นลักษณะกิจกรรมที่มีผลต่อการใช้พลังงาน เช่น จำนวนชั่วโมงการใช้งาน ระดับของการผลิต จำนวนลูกค้าและชั่วโมงการทำงาน

- ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานที่มาจากสภาวะการทำงาน (Conditional Drivers) คือ ปัจจัยที่ไม่อยู่ในรูปของกิจกรรมแต่จะเป็นเงื่อนไขกำหนด เช่น บรรยากาศ สภาพแวดล้อมและ ชั่วโมงที่ไม่มีแสงสว่าง (Darkness)

2.6 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

การใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยสามารถแยกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภทคือ ในภาคพาณิชย์กรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย การใช้ไฟฟ้าในภาคพาณิชย์กรรมได้แก่ การใช้ในอาคารพาณิชย์ต่างๆ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการใช้ในส่วนนี้ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะที่ผ่านมา จากการสำรวจการใช้อาคารพบว่า อาคารพาณิชย์เหล่านี้จะใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด ดังนั้นระบบปรับอากาศในอาคารพาณิชย์จึงเป็นจุดที่ใช้พลังงานมาก และมีศักยภาพที่จะทำการประหยัดพลังงานได้มากเช่นกัน

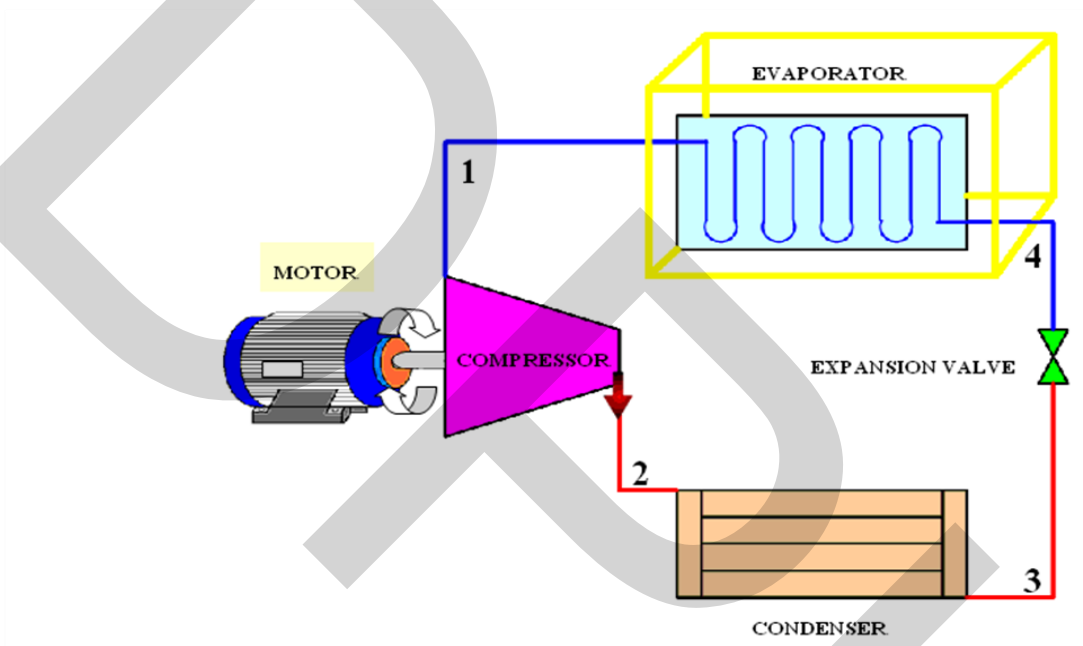
การปรับอากาศในอาคารมีจุดประสงค์ที่สำคัญ ดังนี้

- 1) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของอากาศให้มีค่าคงที่ตามที่ต้องการตลอดเวลา
- 2) เพื่อควบคุมความชื้นของอากาศไม่ให้ชื้นหรือแห้งเกินไป
- 3) เพื่อควบคุมการไหลเวียนของอากาศให้มีความเร็วลมตามต้องการ
- 4) เพื่อควบคุมคุณภาพและความสะอาดของอากาศ
- 5) เพื่อควบคุมระดับเสียงในพื้นที่ปรับอากาศ

2.6.1 หลักการทำความเย็น

วัฏจักรการทำความเย็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบปรับอากาศ คือ วัฏจักรการทำความเย็นโดยการกดดันไอ อุปกรณ์พื้นฐานในการทำความเย็น ประกอบด้วย

- 1) เครื่องอัด (Compressor)
- 2) เครื่องควบแน่น (Condenser)
- 3) วาล์วขยายตัว (Expansion Valve)
- 4) เครื่องระเหย (Evaporator)



รูปที่ 2.2 วัฏจักรการทำความเย็นโดยการกดดันไอ

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

จากรูปที่ 2.2 เมื่อสารทำความเย็นออกจากเครื่องระเหยที่จุด 1 สารทำความเย็นจะมีสถานะเป็นไออิ่มตัว (Saturated Vapor) มีความดันต่ำ สารทำความเย็นมีสถานะไออิ่มตัวจะถูกอัดด้วยเครื่องอัด จนมีสถานะที่จุด 2 เป็นไอร้อนยิ่งยวด (Superheated Vapor) มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง สารทำความเย็นจะผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่นเพื่อถ่ายเทความร้อนออก โดยที่สารทำความเย็นจะเริ่มเปลี่ยนสภาพกลายเป็นของเหลวที่มีความดันคงที่ จุด 3 สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น จะมีสถานะเป็นของเหลวอิ่มตัวที่มีความดันสูงเมื่อสารทำความเย็นผ่านวาล์วขยายตัวแล้ว จุด 4 สารทำความเย็นจะมีความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ และเริ่มกลายสภาพเป็นไอและผ่านเข้าไปในเครื่องระเหย ที่เครื่องระเหยสารทำความเย็นจะรับความร้อน และกลายสภาพเป็นไออิ่มตัว

ที่จุด 1 วัฏจักรการทำความเย็นจะดำเนินเช่นนี้ซ้ำต่อไป

2.6.2 ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทย สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

2.6.2.1 เครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น (Chilled Water System)

เครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็น (Chilled Water System) เป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้น้ำเย็นเป็นตัวกลาง ในการถ่ายเทความร้อนอีกทอดหนึ่ง ในระบบจะต้องมีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อทำน้ำเย็นก่อน แล้วจึงใช้เครื่องสูบน้ำจ่ายน้ำเย็นหมุนเวียนในระบบ เพื่อทำความเย็นให้แก่ส่วนต่างๆ ภายในอาคาร เครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นยังแบ่งออกได้เป็น

1) เครื่องปรับอากาศส่วนกลาง (Central Air Conditioner) ประกอบไปด้วย พัดลม มอเตอร์ ขดท่อทำความเย็น และแผ่นกรองอากาศอยู่ในเปลือกเดียวกัน เครื่องปรับอากาศส่วนกลางที่ประกอบสำเร็จจากโรงงานเรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) ส่วนประกอบต่างๆ จะประกอบเข้าด้วยกันในเปลือกหุ้ม รวมถึงการหุ้มฉนวนและทาสีให้เรียบร้อยในโรงงาน เครื่องส่งลมเย็นมีขนาดที่สามารถจ่ายลมเย็นได้ตั้งแต่ 550 ถึง 27,800 l/s และแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบตั้งและแบบนอน

2) เครื่องขดท่อและพัดลม (Fan Coil Unit) เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เครื่องประกอบด้วย พัดลม มอเตอร์ ขดทำความเย็น และแผ่นกรองอากาศ เครื่องมีทั้งแบบตั้งพื้นและแบบแขวนเพดาน ขนาดของการจ่ายลมมักไม่เกิน $0.55 \text{ m}^3/\text{s}$ พัดลมอาจเป็นแบบหลายใบพัด Multi Blade หรือแบบ Cross Flow และสามารถควบคุมความเร็วของลมได้เป็น 3 ระดับ การจ่ายลมเย็นอาจใช้ท่อลมหรือจ่ายผ่านหน้ากากของเครื่องได้โดยตรง

2.6.2.2 ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว (Unitary Air Conditioning System)

ระบบปรับอากาศแบบนี้ ใช้เครื่องแบบ Direct Expansion ประกอบด้วย เครื่องทำความเย็น พัดลม และขดท่อทำความเย็น อยู่ในเปลือกหุ้มเดียวกัน ระบบเครื่องปรับอากาศแบบนี้แบ่งได้เป็น 4 ประเภท

- 1) เครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ
- 2) เครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยอากาศ
- 3) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง

เครื่องทำความเย็นที่ประกอบในเครื่อง อาจเป็นแบบเครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำ หรือเครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยอากาศ ในระบบแยกส่วน (Split Type System) เครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยอากาศจะอยู่แยกจากเครื่องปรับอากาศ โดยมีท่อต่อระหว่างกัน ในเครื่องปรับอากาศแบบชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ จำเป็นต้องมีเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นและหอผึ่งน้ำ เพื่อระบายความร้อนจากเครื่องควบแน่น และหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้อีก อาคารที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบชุดจำนวนมากมักจะมีระบบน้ำหล่อเย็นส่วนกลาง เพื่อระบายความร้อนจากเครื่องควบแน่นร่วมกัน

2.6.3 เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็น สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.6.3.1 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้จะใช้อากาศเป็นตัวกลาง เพื่อถ่ายเทความร้อนทิ้งจากเครื่องควบแน่น ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้เหมาะที่จะใช้กับบริเวณที่สามารถหาน้ำที่มีคุณภาพดีได้ยาก หรืออาคารที่ไม่มีที่สำหรับหอผึ่งน้ำในระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศจะประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1) เครื่องทำความเย็นประกอบด้วยเครื่องอัด ซึ่งมักจะเป็นเครื่องแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) เครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ พัดลมระบายความร้อนจากเครื่องควบแน่นพร้อมมอเตอร์ อุปกรณ์ลดความดันและอุปกรณ์ทำน้ำเย็น (Water Cooler) ซึ่งมักเป็นแบบถังและท่อ (Shell and Tube)

2) เครื่องส่งลมเย็นแบบใช้น้ำเย็น (Chilled Water Air Handling Unit or Fan Coil Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อปรับสภาวะอากาศให้ได้ตามต้องการในการปรับอากาศมักจะต้องใช้เทอร์โมสแตท ทำงานควบคุมกับอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าในท่อทำความเย็น เพื่อให้ได้สภาวะอากาศในพื้นที่ปรับอากาศตามต้องการ

3) เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ใช้ในการหมุนเวียนน้ำเย็นภายในระบบโดยการจ่ายน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็นในพื้นที่ปรับอากาศ เพื่อรับการถ่ายเทความร้อนจากอากาศที่ต้องปรับสภาวะในแต่ละพื้นที่ น้ำเย็นที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะถูกส่งกลับเข้าไปในเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ และหมุนเวียนเช่นนี้ต่อไป



รูปที่ 2.3 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ มักมีขนาดตั้งแต่ 50 ถึง 500 Tr และใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.4-1.6 kW/Tr โดยมีอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว ดังนี้

- เครื่องอัดใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 80-85
- เครื่องสูบน้ำเย็นใช้ประมาณร้อยละ 3-6
- พัดลมระบายความร้อนจากเครื่องควบแน่นประมาณร้อยละ 4-8
- เครื่องส่งลมเย็นประมาณร้อยละ 5-10

2.6.3.2 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller)

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลาง เพื่อถ่ายเทความร้อนทิ้งจากเครื่องควบแน่น ระบบปรับอากาศแบบนี้จะใช้พลังงานโดยรวมต่ำกว่าแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ แต่มีค่าลงทุนที่สูงกว่า และต้องมีน้ำเพียงพอ และมีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอผึ่งน้ำ ในระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น แบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1) เครื่องทำความเย็นประกอบด้วยเครื่องอัด ซึ่งมักจะเป็นเครื่องแบบลูกสูบหรือแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) เครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Shell and Tube Condenser) อุปกรณ์ลดความดันและอุปกรณ์ทำน้ำเย็น (Shell and Tube Water Cooler)

2) เครื่องส่งลมเย็นแบบใช้น้ำเย็น เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.6.3.1

3) เครื่องสูบน้ำเย็น เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.6.3.1

4) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ใช้ในการหมุนเวียนน้ำหล่อเย็นในระบบ โดยการส่งน้ำหล่อเย็นที่รับความร้อนจากเครื่องควบแน่น เพื่อไประบายความร้อนทิ้งที่หอผึ่งน้ำ น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำลงพอเหมาะที่จะนำกลับมาใช้งานได้อีก จะถูกส่งผ่านเข้าไปในเครื่องควบแน่นใหม่ และหมุนเวียนเช่นนี้ต่อไป

5) หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนจากน้ำหล่อเย็นทิ้งไปในบรรยากาศ เนื่องจากน้ำที่ใช้ในระบบหล่อเย็นต้องใช้เป็นปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องใช้ระบบน้ำหมุนเวียน และใช้หอผึ่งน้ำเพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำให้ต่ำลง เพื่อสามารถนำกลับไปใช้ได้ อีก ปริมาณน้ำจะสูญเสียไปประมาณร้อยละ 4-6 ของปริมาณน้ำหมุนเวียน ซึ่งแบ่งเป็นน้ำร้อยละ 2-3 กระเด็นสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ และอีกร้อยละ 2-3 จะระเหยไป การระเหยของน้ำจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศยิ่งต่ำเท่าใด เราจะได้ น้ำหล่อเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.4 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ มักมีขนาดตั้งแต่ 100 ถึง 10,000 Tr โดยใช้เครื่องอัดแบบลูกสูบสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นขนาดเล็ก และใช้เครื่องอัดแบบหอยโข่งสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประมาณ 0.8 ถึง 1.0 kW/Tr โดยมีอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัว ดังนี้

- เครื่องอัดใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 75-80
- เครื่องสูบน้ำเย็นใช้ประมาณร้อยละ 3-6
- เครื่องสูบน้ำหล่อเย็นใช้ประมาณร้อยละ 3-6
- เครื่องส่งลมเย็นประมาณร้อยละ 6-10
- พัดลมของหอผึ่งน้ำประมาณร้อยละ 2-3

2.6.4 ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น

การแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น สามารถแสดงได้โดย

1) สัมประสิทธิ์ในการทำงาน (Coefficient of Performance : COP) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัฏจักรการทำความเย็นคือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่เครื่องสามารถทำความเย็นได้ต่อพลังงานที่ต้องใช้(พลังงานไฟฟ้า) โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ความร้อนจะมีค่าน้อยกว่า 1 แต่สำหรับวัฏจักรการทำงานความเย็นต่างจากเครื่องยนต์ความร้อน เพราะเครื่องทำความเย็นนั้นทำหน้าที่เป็นปั๊มสำหรับถ่ายเทความร้อน ฉะนั้นเปรียบเทียบกับงานที่ทำในเครื่องอัดกับความสามารถในการทำความเย็นแล้ว ความสามารถในการทำความเย็นจะมีมากกว่า

2) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์ในการทำงาน เพียงแต่พลังงานความเย็นที่ใช้มีหน่วยเป็น BTU/hr แต่พลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็น W เพราะฉะนั้น ประสิทธิภาพ EER มีหน่วยเป็น BTU/hr/W

2.6.5 การประหยัดพลังงานที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในระบบทำความเย็น ดังนั้นจึงควรพยายามหาวิธีการลดพลังงานในส่วนนี้ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดได้เป็นปริมาณมาก วิธีการมาตรฐานที่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นมี 4 วิธี ดังนี้

1) การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น จะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ในบางอาคารที่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นไว้ต่ำเกินไป

สามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้นได้ โดยไม่กระทบต่อสภาพของห้องต่างๆ ในอาคารมากนัก การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้พลังงานที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นลดลงร้อยละ 1.5-2

2) การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจาก Cooling Tower ที่เข้าสู่ Condenser สามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ร้อยละ 1.5-2 สำหรับทุกๆ 1 องศาฟาเรนไฮต์ ของอุณหภูมิ น้ำหล่อเย็นที่ลดต่ำลงโดยที่อากาศในประเทศไทยค่อนข้างชื้น การทำน้ำหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำ มากๆ ต้องลงทุนด้วยการซื้อ Cooling Tower ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือมีละอุนก็เดิน Cooling Tower ชุดสำรองในขณะที่ความร้อนภายในอาคารเกิดขึ้นสูงสุด

3) การควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Electric Demand) ของเครื่องทำน้ำเย็นมีให้ สูงเกินไปได้ 2 วิธี

- ทำการหยุดเครื่องเป่าลมเย็นที่ใช้ทำความเย็นแก่บริเวณที่มีความสำคัญน้อย ชั่วขณะในช่วงเวลาที่ความต้องการไฟฟ้ามีแนวโน้มจะสูงเกินค่าที่ตั้งไว้ วิธีการนี้ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อ การควบคุมอุณหภูมิในบริเวณสำคัญของอาคาร แต่พลังงานที่ประหยัดได้ค่อนข้างน้อย

- ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น โดยการบังคับมิให้ Inlet Vanes ของเครื่อง Centrifugal ทำน้ำเย็น เปิดกว้างเกินไป วิธีการนี้ประหยัดพลังงานได้มาก แต่ อุณหภูมิของอากาศในบริเวณสำคัญของอาคารจะสูงขึ้น จึงควรใช้เฉพาะเมื่อจำเป็น หรือเมื่อเริ่ม เดินเครื่องทำน้ำเย็น หลังจากหยุดระบบปรับอากาศไปเป็นเวลานานหลายวันแล้วเท่านั้น

4) การจัดตารางเดินเครื่องให้เหมาะสมกับภาระ พยายามจัดลำดับการเดินเครื่องให้ สอดคล้องกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารอยู่เสมอ โดยที่ความร้อนภายในอาคารมัก ไม่คงที่ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เวลาในแต่ละวัน และกิจกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้น หาก เดินเครื่องทำน้ำเย็นให้น้อยชุดและให้ทำความเย็นเต็มที่ตามสมรรถนะของแต่ละชุดแล้ว ประสิทธิภาพการทำความเย็นจะสูงสุด และช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก ข้อสำคัญคือ ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานต่ำกว่าร้อยละ 40 ของสมรรถนะเต็มที่ของเครื่องโดย เต็มขนาด

2.7 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของอารยธรรมจนกระทั่งปัจจุบันนี้มนุษย์จะได้แสงสว่างมาจากไฟ ถึงแม้ว่าไฟจะเป็นแหล่งของความร้อนมากกว่าแหล่งของแสงสว่าง ในศตวรรษที่ 21 เรายังคงใช้หลักการเดิมในการผลิตแสงและความร้อนผ่านทางหลอดไฟฟ้าแบบมีไส้ มีเพียงในช่วงทศวรรษหลังๆ นี้เท่านั้นที่ผลิตภัณฑ์แสงส่องสว่างได้กลายเป็นสิ่งที่มีความซับซ้อนและหลากหลายมากขึ้น ได้มีการประมาณไว้ว่า การใช้พลังงานโดยแสงส่องสว่างนั้น มีมากถึงร้อยละ 20-45 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารพาณิชย์ และเป็นปริมาณร้อยละ 3-10 ของการใช้พลังงานทั้งหมดของโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและการพาณิชย์ต่างก็ตระหนักถึงการประหยัดพลังงานของระบบแสงสว่าง

2.7.1 การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะให้แสงสว่าง

- 1) ปริมาณแสง (Luminous Flux) เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นลูเมน (lm)
- 2) ความส่องสว่าง (Illuminance) เป็นปริมาณแสง (lm) ที่ตกกระทบพื้นผิวต่อพื้นที่ 1 m^2 อาจเรียกว่าระดับความสว่าง (lighting level) เป็นตัวที่บอกว่าแสงที่ได้เพียงพอหรือไม่ มีหน่วยเป็น lm/m^2 หรือลักซ์ (lux)
- 3) ความเข้มแสง (Luminous Intensity) เป็นความเข้มของแสงที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดในทิศทางหนึ่ง โดยทั่วไปจะวัดเป็นจำนวนเท่าของความเข้มที่ได้จากเทียนไข 1 เล่ม จึงมีหน่วยเป็นแคนเดลา (cd)
- 4) ความสว่าง (Luminance) เป็นตัวที่บอกปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวใดๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งบางครั้งจึงเรียกว่าความจ้า (Brightness) ความสว่างมีหน่วยเป็น cd/m^2
- 5) ประสิทธิภาพแสง (Light Efficiency) หลอดที่มีค่าประสิทธิภาพแสงสูง หมายถึง หลอดที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาก เพราะกินไฟเท่ากันแต่ให้ปริมาณแสงมากกว่า ประสิทธิภาพแสงมีหน่วยเป็น lm/W
- 6) อุณหภูมิสีของแสง (Color Temperature) อุณหภูมิสีของแสงมีหน่วยเป็นเคลวิน (K) อุณหภูมิสีเป็นตัวบอกว่าแสงที่ได้มีความขาวมากน้อยแค่ไหน ถ้ามีอุณหภูมิต่ำแสงที่ได้จะออกมาในโทนเหลืองหรือแดง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นแสงก็จะยิ่งขาวขึ้น

ตารางที่ 2.4 ชนิดของหลอดที่ให้อุณหภูมิสี และสีของแสงต่างๆ กัน

อุณหภูมิสี (K)	สีของแสง	ตัวอย่าง
น้อยกว่า 3,000 K	วอร์มไวต์ (Warm White)	หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์
3,000-4,000 K	ไวท์/คูลไวท์ (White/Cool White)	หลอดฮาโลเจน หลอดฟลูออเรสเซนต์
มากกว่า 4,000 K	เดย์ไลท์ (Daylight)	แสงจากดวงอาทิตย์ หลอดฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 2.5 แสดงหลอดไฟฟ้ากลุ่มต่างๆ กับประสิทธิภาพทางแสงของการส่องสว่าง

ประเภทหลอด	ลูเมนต่อวัตต์	อุณหภูมิสี (K)	ดัชนีการเปล่งสี	อายุการใช้งาน (ชม.)
หลอดไส้ทั้งสแตน ฮาโลเจน	6-23	2,400-3,100	98-100	750-8,000
ฟลูออเรสเซนต์	25-84	2,700-6,500	55-95	5,000-20,000
หลอดไอปรอท ความดันสูง	30-63	3,300-5,900	22-52	16,000-24,000
เมทัลฮาไลด์	68-125	3,000-5,000	65-90	1,500-15,000
โซเดียมความดันสูง	77-140	2,000-2,100	20	18,000-24,000
โซเดียมความดันต่ำ	137-183	1,780	0	18,000

7) ความถูกต้องของสี (Index Colour Rendering Ra หรือ CRI) เป็นค่าที่ใช้บอกว่าหลอดไฟประเภทต่างๆ จะทำให้สีของวัตถุที่อยู่ใต้แสงจากหลอดนั้นผิดเพี้ยนจากความเป็นจริงมากน้อยเพียงใด ค่า Ra ไม่มีหน่วย แต่มีค่าตั้งแต่ 0-100 (100 = ดีเยี่ยม) แสงอาทิตย์ มีค่า Ra เท่ากับ 100 เพราะแสงอาทิตย์ให้สเปกตรัมครบทุกสีหรืออาจกล่าวได้ว่าหลอดไส้ทุกประเภทที่ให้กำเนิดแสงด้วยวิธี Incandescence จะมีค่า Ra เท่ากับ 100 เนื่องจากให้แสงที่มีสเปกตรัมครบทุกสีเช่นกัน ซึ่งหมายความว่าสีของวัตถุที่อยู่ภายใต้แสงนั้นจะไม่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง หลอดก๊าซดิสชาร์จที่ให้กำเนิดแสงด้วยวิธีลูมิเนสเซนซ์ ซึ่งให้สเปกตรัมไม่ครบทุกสีทำให้ค่า Ra น้อยกว่า 100 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าถ้าหลอดประเภทใดให้แสงไม่ครบทุกเจดสีแล้วหลอดนั้นจะทำให้สีของวัตถุที่เรามองเห็นผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง แต่จะทำให้สีผิดเพี้ยนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอะตอมของก๊าซที่บรรจุภายในหลอด

2.7.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต่างๆ อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์หลักในระบบแสงสว่างประกอบด้วย

2.7.2.1 หลอดไฟ (Lamp) เราสามารถแบ่งหลอดไฟชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1) หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamps)

- หลอดอินแคนเดสเซนต์ธรรมดา (Standard Incandescent Lamp) หรือที่เราเรียกกันทั่วไปว่า “หลอดไส้” เป็นหลอดไฟประเภทเดียวกันกับที่ถูกลบเมื่อ 100 ปีที่แล้ว แต่มีการพัฒนาให้ดีขึ้น อาศัยหลักการการผ่านของพลังงานไฟฟ้าเข้าไปยังหลอดที่ทำด้วยทังสแตน (หรือคาร์บอนสำหรับหลอดคุณภาพต่ำ) ซึ่งภายในหลอดบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อย ในโตรเจน หรืออาร์กอน (หรือเป็นสุญญากาศในหลอดคุณภาพต่ำ)

- หลอดทังสแตน-ฮาโลเจน (Tungsten-Halogen Lamps) ก็คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์อีกประเภทหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาขึ้น โดยใช้โลหะทังสแตนเป็นวัสดุในการทำไส้หลอด หลอดแก้วส่วนใหญ่จะทำด้วยแก้วควอตซ์ ภายในหลอดบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อย คริปทอน หรือ ซีนอน ผสมกับก๊าซฮาโลเจน (ปกติใช้โบรมไนด์ หรือไอโอดีน) เพื่อช่วยทำให้อายุการใช้งานของไส้หลอดยาวนานขึ้น

2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamps) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “หลอดคายประจุความดันต่ำ” (Low pressure Discharge Lamps)

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดตรงหรือชนิดหลอดวงกลม (Tubular or Circular Fluorescent Lamps) เป็นหลอดไฟที่มีหลักการแตกต่างจากหลอดไส้ กล่าวคือ

การเกิดขึ้นของแสง ไม่ได้ใช้การเผาไหม้หลอดให้ร้อนด้วยไฟฟ้า แต่ใช้แรงดันไฟฟ้า (ความต่างศักย์) ตกคร่อมที่ปลายขั้วของหลอดทั้งสองข้าง เพื่อกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่ขั้วอิเล็กโทรมุดออก และวิ่งข้ามจากขั้วที่มีความต่างศักย์สูงไปขั้วที่มีความต่างศักย์ต่ำ โดยในขณะที่ทำการจุดติดหลอดครั้งแรกจะใช้สตาร์ทเตอร์และบัลลาสต์ ช่วยในการทำให้ความต่างศักย์ที่ขั้วทั้งสองมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมปกติ ในขณะที่อิเล็กตรอนวิ่งข้ามจากอีกขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง อิเล็กตรอนจะชนเข้ากับอะตอมของก๊าซปรอท และกระตุ้นให้อะตอมของก๊าซปรอทคายเอาพลังงานออกมา และพลังงานดังกล่าวก็คือ พลังงานในรูปแสงยูวี (UV) ซึ่งจะวิ่งผ่านออกไปจากผนังในทิศทางผ่านสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบอยู่ด้านในของผนังหลอดที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแสงยูวีไปเป็นแสงในระดับที่สายตามนุษย์มองเห็น และเมื่อหลอดไฟติดแล้ว บัลลาสต์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปที่หลอดให้มีค่าสม่ำเสมอและเหมาะสมต่อการทำงานของหลอดไฟ



รูปที่ 2.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamps)

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

- คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) คือหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเล็กและกระทัดรัดกว่า ซึ่งเรารู้จักกันกับคำเรียกว่า “หลอดตะเกียบ” โดยที่หลักการให้กำเนิดแสงยังคงเหมือนเดิม จุดประสงค์หลักในการออกแบบหลอดชนิดนี้ก็เพื่อนำมาใช้แทนหลอดไส้

3) หลอดคายประจุความดันสูงหรือหลอดคายประจุความเข้มสูง (High-pressure Discharge Lamps or High Intensity Discharge Lamps, HID Lamps) หลอดไฟประเภทนี้มีหลักการการกำเนิดแสงคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดคายประจุความดันต่ำ) แต่มีข้อแตกต่างในรายละเอียดคือ ภายในหลอดเผาไหม้ในขณะที่ใช้งานหลอดจะมีความดันภายในที่สูงซึ่งทำให้แสงที่เปล่งออกมามีพลังงานแสงที่หนาแน่นและให้แสงสว่างที่เจิดจ้า หลอดประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไป ได้แก่

- หลอดไอปรอทความดันสูง (High-pressure Mercury Vapour Lamps) เป็นหลอดกลุ่มแรกในหลอดตระกูล HID และมักรู้จักกันในชื่อของ “หลอดแสงจันทร์” หลอดกลุ่มนี้จะให้แสงออกมาในรูปแบบพลังงานแสงที่มองเห็นได้ และแสงยูวี ดังนั้น หลอดประเภทนี้จึงต้องการหลอดแก้วชนิดพิเศษที่ทำขึ้นมาเพื่อป้องกันและกรองแสงยูวีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และส่วนใหญ่จะมีการเคลือบด้วยสารฟอสเฟอร์ภายในผนังแก้วด้านใน เพื่อทำให้เกิดความเหมือนจริงของสีและคุณภาพแสงที่ดีขึ้น



รูปที่ 2.6 หลอดไอปรอทความดันสูง (High-pressure Mercury Vapour Lamps)

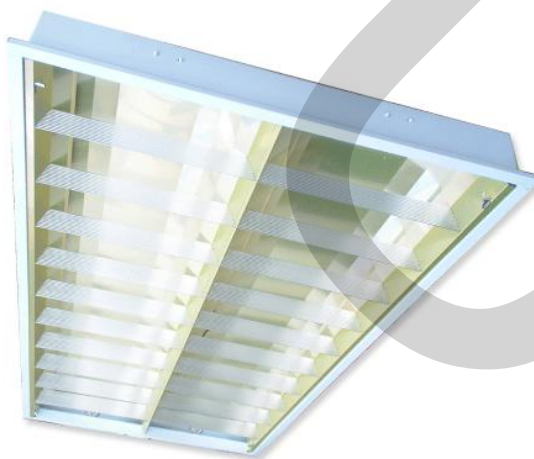
ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

- หลอดโซเดียมความดันสูง (High-pressure Sodium Vapour Lamps) เป็นหลอดที่พัฒนามาจากหลอดแสงจันทร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสง หรือฟลักซ์การส่องสว่างให้มากที่สุดด้วยการใส่สารโซเดียมเข้าไปในหลอด

- หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide Lamps) เป็นหลอดที่พัฒนามาจากหลอดแสงจันทร์เช่นเดียวกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้หลอดที่มีความเหมือนจริงของสีที่ดี ภายในหลอดเผาไหม้จะถูกบรรจุไว้ด้วยสารโลหะผสมในตระกูลฮาไลด์และที่หลอดแก้วชั้นนอกที่ผนังด้านในของหลอดบางรุ่นอาจจะถูกเคลือบไว้ด้วยสารฟอสเฟอร์เพื่อช่วยทำให้ค่าดัชนีความเหมือนสีดีขึ้น

4) Induction Lamp เป็นหลอดไฟที่ไม่มีไส้หลอดเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานเหมือนหลอดชนิดอื่น โดยจะทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า (Induction Lighting) ในการให้แสงสว่าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์จะหน้าที่ในการส่งกระแสไฟฟ้าความถี่สูงเข้าไปในแกนส่งพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงรอบบริเวณแกนดังกล่าวเป็นผลให้กลุ่มก๊าซภายในกระเปาะแก้ว (ก๊าซเมคิวรี) เกิดการแตกตัวและเปล่งแสงอุลตราไวโอเลตให้เป็นแสงสว่างที่เราเห็นได้

5) Sulfur Lamps เป็นหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการปริมาณแสงสว่างมากกว่า 140,000 lm เช่น ในสนามกีฬา ศูนย์แสดงสินค้า เป็นต้น การทำงานของหลอดไฟชนิดนี้จะให้แหล่งกำเนิดสัญญาณไมโครเวฟ (Microwave Generator) สร้างสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อน ทำให้ Sulfur ซึ่งอยู่ในกระเปาะกลายเป็นไอ ซึ่งไอนี้จะถูกกระตุ้นโดยใช้ไมโครเวฟให้เกิดแสงสว่าง



รูปที่ 2.7 โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบสะท้อนแสง

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

2.7.2.2 โคมไฟ (Luminaire) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของการส่องสว่างให้เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดความไม่สบายในการมองเห็น โคมไฟที่ใช้อย่างแพร่หลายจะได้แก่โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีการพัฒนาให้ผิวด้านในมีประสิทธิภาพ ในการสะท้อนแสงจากหลอดไฟและเพิ่มประสิทธิภาพความสว่างให้มากขึ้น โคมประสิทธิภาพสูงนี้จะไม่ดูดกลืนหรือกักแสงไว้แต่จะช่วยสะท้อนแสงสว่างให้กลับลงมายังพื้นที่ใช้งานได้เกือบเท่าตัว

2.7.2.3 บัลลาสต์ (Ballast) เป็นอุปกรณ์จำเป็นที่ต้องใช้ ต้องมีอยู่ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์ และประเภทหลอดคายประจุความดันสูง โดยมีหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปที่หลอดไฟมีค่าเหมาะสม สม่่าเสมอตามแต่ละประเภทหลอดแต่ละชนิด แต่ละรุ่น แต่ละขนาด โดยขณะที่หลอดไฟผ่านขบวนการจุดติดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) หรือค่าความต้านทานการไหลของไฟฟ้าของหลอดนั้นจะมีค่าติดลบนั้นหมายถึง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวหลอดในปริมาณที่มากเพราะไม่มีตัวต้านทานไว้ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นก็คือ กำลังงานที่หลอดไฟได้รับจะมีมากเกินไปที่ออกแบบไว้ (Overload) ใ้หลอดก็จะเสียหายและขาดในที่สุด ดังนั้นจึงทำให้ต้องนำบัลลาสต์มาต่ออนุกรมในวงจร และบัลลาสต์นี้เองทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ในวงจรแทนหลอดไฟ

1) บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnatic Ballast) ด้วยหลักการที่กล่าวไปแล้ว บัลลาสต์ประเภทนี้จึงถูกออกแบบผลิตได้เป็น 3 ประเภทได้แก่ ประเภทอินดักทีฟ (Inductive) คาปาซิทีฟ (Capacitive) และรีซิสทีฟ (Resistive) ซึ่งมีหลักการต่างกัน แต่ให้ผลในเชิงต้านทานการไหลทางไฟฟ้าเหมือนกัน แต่เราพบ และใช้งานกันมากที่สุดจะเป็นประเภทอินดักทีฟ ซึ่งจะประกอบด้วยวัสดุหลักๆ คือแกนเหล็กที่ประกอบขึ้นมาจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกันและพัน โดยรอบด้วยขดลวดทองแดง

อย่างไรก็ตาม บัลลาสต์แกนเหล็กชนิดนี้จะมีการสูญเสียพลังงานในตัวมันเองสูงถึงประมาณร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับพลังงานที่จ่ายให้กับระบบแสงสว่าง พลังงานที่สูญเสียนี้จะเปลี่ยนแปลงปรากฏออกมาเป็นรูปความร้อน โดยปกติบัลลาสต์แกนเหล็กจะมีการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วง 9-13 W แล้วแต่คุณภาพของวัสดุแกนเหล็ก ขดลวดที่นำมาใช้ และขนาดกำลังวัตต์ของบัลลาสต์ มีอุณหภูมิขณะใช้งานในช่วงระหว่าง 55-70 °C

2) บัลลาสต์โลส (Low-loss Ballast) หรือบัลลาสต์ประหยัดไฟ เป็นแกนเหล็กเช่นเดียวกับประเภทแรก แต่ได้รับการผลิตโดยเลือกใช้วัสดุแกนเหล็กและขดลวดที่มีคุณภาพดีขึ้นมีผลให้จำนวนรอบของขดลวดที่พันมีน้อยลง โดยไม่ทำให้ความสามารถในการใช้งานลดลง

แต่ประการใด บัลลาสต์ชนิดนี้จะมีค่าพลังงานที่สูญเสียในตัวประมาณร้อยละ 6-6.8 W แล้วแต่คุณภาพและขนาดกำลังวัตต์ของบัลลาสต์ ส่วนอุณหภูมิขณะใช้งานระหว่าง 35-50 °C

3) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) หน้าที่หลักของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะไม่แตกต่างกับบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก แต่แทนที่จะใช้แผ่นแกนเหล็กพันขดลวดเพื่อก่อให้เกิดผลทางไฟฟ้า ก็เปลี่ยนมาใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์สร้างความถี่ซึ่งจะสร้างความถี่ในช่วง 20,000 เฮิร์ต ถึง 30,000 เฮิร์ต การสูญเสียในบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในหลอดไฟนี้มีเพียงประมาณ 1 W



รูปที่ 2.8 บัลลาสต์ชนิดต่างๆ

ที่มา: คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า, 2549

2.7.3 การใช้เทคนิคควบคุมแสงสว่าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงสว่างประกอบด้วยตัว Sensor ชุดควบคุม (Light Controller) และอุปกรณ์แสงสว่าง หลักการทำงานคือ ชุดควบคุมรับสัญญาณจากตัว Sensor เช่น Timer ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหว (Presence Detector) และ Photocell เป็นต้น แล้วนำมาประมวลผล และส่งสัญญาณสั่งการไป เปิด-ปิด หรือหรี่แสงอุปกรณ์แสงสว่าง เทคนิคการควบคุมแสงสว่างสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) การลดความสว่างที่เกินความจำเป็น (Overlight Compensation) วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดความสว่าง คือ การปลดหลอดไฟ (Delamping) เช่น ในจุดที่มีแสงสว่างมากเกินความจำเป็น

ก็สามารถลดหลอดไฟ 2 หลอดจากโคมไฟที่มี 4 หลอด ซึ่งจะช่วยลดพลังงานได้ร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงคุณภาพของแสง และผลกระทบทางจิตวิทยาต่อคนทำงานในบริเวณที่มีการลดหลอดไฟ เนื่องจากการลดความสว่างทันทีที่หรี่ร้อยละ 50 จะมีผลกระทบต่อการปรับสายตา สุขภาพตา และความรู้สึก ดังนั้นวิธีการลดความสว่างส่วนเกินที่เหมาะสม คือ ใช้อุปกรณ์หรี่แสง (Dimmer) โดยค่อยๆ ลดเป็นระดับการควบคุม

2) การควบคุมความสว่างจากส่วนชดเชย Light Loss Factor : LLF (LLF Compensation) โดยทั่วไปหลอดไฟใหม่จะมีความสว่างสูงเกินความจำเป็น เพื่อชดเชยแสงที่ลดลงเนื่องจากการเสื่อมเมื่อใช้ไปนานๆ ดังนั้น จากคุณสมบัติดังกล่าวเราสามารถประหยัดพลังงานโดยการหรี่แสงให้มีความสว่างในระดับที่พอเหมาะในช่วงเริ่มต้นใช้งาน โดยพลังงานที่ประหยัดได้จะลดลงเมื่ออายุการใช้งานหลอดนานขึ้น ในกรณีนี้สามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณร้อยละ 20

3) การใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อ เปิด-ปิด แสงสว่าง (Room Utilization) เทคนิคนี้ช่วยประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างเมื่อจำเป็นเท่านั้น โดยตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวชนิดอัลตราโซนิก หรือพาสซีฟอินฟราเรด จะส่งสัญญาณให้ตัวควบคุมไปสั่งให้เปิดไฟโดยอัตโนมัติ เมื่อมีการเคลื่อนไหว และถ้าตรวจจับได้ว่าไม่มีการเคลื่อนไหว แสงสว่างภายในบริเวณนั้นก็ดับ เทคนิคนี้เหมาะสมกับบริเวณที่ไม่ค่อยมีคนใช้งานหรือใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่น ห้องประชุม ห้องผู้บริหาร และห้องเรียน

4) การใช้แสงธรรมชาติ (Daylight Utilization) หน้าต่างบริเวณกรอบอาคาร (Perimeter Zone) และ (Skylight) บริเวณภายในอาคาร (Interior Zone) ถูกออกแบบมาเพื่อให้ธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร เพื่อลดความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟในช่วงกลางวัน หลักการทำงานคือ Photo Sensor จะตรวจวัดระดับแสงสว่างในบริเวณใช้งาน ถ้ามีแสงสว่างธรรมชาติมาก ชุดควบคุมก็จะส่งสัญญาณควบคุมหรี่แสงจากฟลูออเรสเซนต์ให้ลดลงจนกระทั่งได้ความสว่างที่กำหนดไว้ซึ่งการควบคุมต้องใช้ควบคู่กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ พลังงานที่จะประหยัดได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งทิศทางของอาคาร พื้นที่หน้าต่าง ชนิดกระจก และระยะห่างของพื้นที่ทำงานจากหน้าต่าง ในการออกแบบยังต้องพิจารณาถึงความร้อนที่ผ่านเข้ามาด้วย ซึ่งถ้าแสงธรรมชาติมากเกินไปจะทำให้ความร้อนมาก จะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศทำงานหนักมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้สมดุลย์

2.8 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

การเลือกระบบทางวิศวกรรม ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทางเศรษฐศาสตร์ช่วยในการตัดสินใจโดยพิจารณาว่าระบบใดเมื่อลงทุนแล้วจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่า โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด นอกจากนี้การหาสภาพที่เหมาะสมในการทำงานของระบบมักจะเลือกสภาพการทำงานหรือระบบที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายของระบบดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด การวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์มีวิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมากคือ คิกระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ใช้คำนวณจำนวนปีที่คุ้มทุน ของ โครงการที่กำลังพิจารณา ซึ่ง โครงการที่ใช้ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นที่สุดจะเป็น โครงการที่ควรจะนำมาใช้ ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{รายได้สุทธิเฉลี่ยตลอดปี}} \dots\dots\dots 2.6$$

2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษากิจการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้
 สุรินทร์ จันทสุริยวิช (2546) ได้ศึกษากิจการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยอาคารตัวอย่าง 4 อาคาร คือ อาคารสุจิติน โณ อาคารบุญสม-มาร์ติน อาคารศรีพัฒน์ และอาคารศัลยกรรม โดยการตรวจวัดหาค่าและช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้งานจริงของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ใน ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เพื่อนำไปวิเคราะห์และวางแผนการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้านั้น พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมมีลักษณะที่สม่ำเสมอ โดยมีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 1,521 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 9.1×10^6 kWh/year คิดเป็นร้อยละของการใช้พลังงานไฟฟ้าในคณะแพทยศาสตร์ทั้งหมด เท่ากับ 36.88 และ 44.34 ตามลำดับ ช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 1 วัน คือระหว่างเวลา 9.00-16.00 น. ซึ่งการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่กว้างนี้ ควรใช้วิธีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง และลดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น ได้แก่ การใช้บัลลาสต์สูญเสียพลังงานน้อย การใช้โคมไฟสะท้อนแสง การลดการใช้หลอดไฟในห้องที่มีกำลังไฟส่องสว่างเกินจำเป็น การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ จากการคำนวณ พบว่าในระบบแสงสว่าง การจัดการร่วมทุกแนวทางสามารถลดความต้องการพลังไฟฟ้าได้ 226.96 kW และประหยัดพลังงานไฟฟ้า 891,143 kWh/year คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 2,232,000 บาทต่อปี โดยมีเงินลงทุน 7,180,000 บาท มีระยะเวลาการ

คืนทุน 3.22 ปี และในระบบปรับอากาศ สามารถลดพลังไฟฟ้าได้ 0.41 kW ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้รวม 46,770 kWh/year คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้เท่ากับ 119,900 บาทต่อปี โดยมีเงินลงทุน 63,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.52 ปี

ปรีชา ศรีประภาคาร (2546) ได้ศึกษาการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งหมด 23 หน่วยงาน ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ ได้พิจารณาตามช่วงเวลาของ TOU Rate พบว่าเปอร์เซ็นต์ การใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยมีส่วนในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ เป็น 19.07 เปอร์เซ็นต์ 20.88 เปอร์เซ็นต์ และ 60.05 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ของพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่า 18.47 เปอร์เซ็นต์ 45.13 เปอร์เซ็นต์ และ 36.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นเวลา 14.00-15.00 น. จากค่าเปอร์เซ็นต์ดังกล่าว พบว่าในระบบแสงสว่างสามารถประหยัดได้ 936,388.51 kWh/year ของค่าพลังงานไฟฟ้า และ 161.74 kW/month ของค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด ในระบบปรับอากาศสามารถประหยัดได้ 37,915.98 kWh/year ของค่าพลังงานไฟฟ้า และ 22.18 kW/month ของค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด และในระบบอื่นๆ สามารถประหยัดได้ 8,925 kWh/year ของค่าพลังไฟฟ้า และ 30.09 kW/month ของค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด การประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปีมีค่า 983,229.49 kWh และค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด 214.01 kW/month คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ต่อปี 2,835,722.67 บาท โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 17,240,810 บาท คิดเป็นระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 6.08 ปี

เสกสันต์ พันธุ์บุญมี (2549) ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าและแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงพยาบาลเลิดสิน ซึ่งการศึกษาอาคารตัวอย่าง 2 อาคาร คือ อาคารอำนวยการและอาคาร 33 ปี โดยได้ทำการสำรวจ ตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า อาคารอำนวยการและอาคาร 33 ปี มีการใช้มิเตอร์ไฟฟ้าร่วมกัน มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 3,891,000 kWh/year ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 12,684,660 บาทต่อปี อาคารอำนวยการมีส่วนการใช้พลังงานหลักอยู่ที่ระบบปรับอากาศ คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ ระบบแสงสว่าง 13 เปอร์เซ็นต์ และระบบอื่นๆ 17 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด อาคาร 33 ปีมีส่วนการใช้พลังงานหลักอยู่ที่ระบบปรับอากาศ คิดเป็น 59 เปอร์เซ็นต์ ระบบแสงสว่าง 16 เปอร์เซ็นต์ และระบบอื่นๆ 25 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด จากการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคาร พบว่า มาตรการในการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารตัวอย่างทั้ง 2 อาคาร ได้แก่ การปรับระดับแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงให้เหมาะสม การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ การเปลี่ยนโคมไฟประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ การเปลี่ยนบัลลาสต์ Low

Watt Loss เป็นต้น ซึ่งอาคารตัวอย่างทั้ง 2 อาคารมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 10.1 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2548

ชัชชัย จันทะสีลา (2549) ได้ศึกษาการใช้พลังงาน และหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า ในอาคารสิรินธร โรงพยาบาลขอนแก่น พบว่า จะมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกัน คือเป็นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยม ใช้คอนกรีตเป็นวัสดุหลักในการก่อสร้าง การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้ใน ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ สาเหตุของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุที่อุปกรณ์ไฟฟ้าขาดการบำรุงรักษา การติดตั้งโคมไฟฟ้ามกเกินความจำเป็น ค่าความส่องสว่างในพื้นที่มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด การใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีระยะเวลาในการทำงานมากเกินความจำเป็น ดังนั้น จึงได้เสนอมาตรการดังนี้ ปลอดภัยไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออก จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 96,540.8 kWh/year คิดเป็นเงินที่ประหยัด 178,600.48 บาทต่อปี การประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการทำความสะอาดและบำรุงรักษาอุปกรณ์ โดยวิธีการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 38,525.10 kWh/year และคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 71,271.44 บาทต่อปี การประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยใช้อุปกรณ์ชนิดประหยัดพลังงาน คือการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 88,280.30 kWh/year และคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 163,318.5 บาทต่อปี ส่วนการใช้เทอร์โมสแตทอิเล็กทรอนิกส์แทนเทอร์โมสแตทแบบธรรมดาจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 35,345 kWh/year และคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 8,500.45 บาทต่อปี และเสนอแนะให้ใช้มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้ Timer Switch ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 9,768.35 kWh/year และคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ 18,071.45 บาทต่อปี

วัชร จ่าปาดิษฐ์ (2550) ได้พัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานในอาคารโรงแรมโดยใช้วิธีแผนที่พลังงาน จากการดำเนินการในอาคารกรณีศึกษาพบว่า เครื่องซีลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูงที่สุดในระบบปรับอากาศ โดยมีสัดส่วนสูงถึง 53.41 % ของพลังงานรวมในระบบปรับอากาศ สำหรับการี่ใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างพบว่า พื้นที่ส่วนหน้ามีการใช้พลังงานสูงถึง 83.30 % ของพลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง โดยสิ่งที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานคือ จำนวนของอุปกรณ์พลังงาน กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ และชั่วโมงการใช้งานต่อวันของอุปกรณ์ แผนที่พลังงานประกอบด้วยโครงสร้างของอุปกรณ์ ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์พลังงานและการประมวลผลพลังงานทั้งหมด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่ออนุรักษ์พลังงานประหยัดเวลา

ในขั้นตอนของการประมวลผล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายการของอุปกรณ์ที่อาจเกิดขึ้นภายในอาคาร

ศิวเดช แก้วช่วย (2552) ได้ศึกษาการจัดการใช้พลังงานในอาคารหอสมุดสุรัตน์ โธณานุเคราะห์ ที่มหาวิทยาลัยกรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต ซึ่งเป็นอาคารสถานศึกษา โดยเป็นหอสมุดกลางของมหาวิทยาลัย เปิดใช้งานในปี พ.ศ. 2545 เป็นอาคารสูง 5 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยรวม 22,700 m² มีจำนวนผู้ใช้อาคารประมาณ 1,551 คน เวลาทำการของอาคาร วันจันทร์-เสาร์ เวลา 07.30-17.00 น. การศึกษามุ่งเน้นที่ระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ต่อปี โดยใช้มาตรการต่างๆ ในการจัดการพลังงาน พบว่าในระบบปรับอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 392,631 kWh/year คิดเป็นเงิน 1,505,345 บาทต่อปี ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 93,993 kWh/year คิดเป็นเงิน 281,979 บาทต่อปี รวมผลในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น เป็นพลังงานไฟฟ้า 486,624 kWh/year คิดเป็นเงิน 1,787,324 บาทต่อปี

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

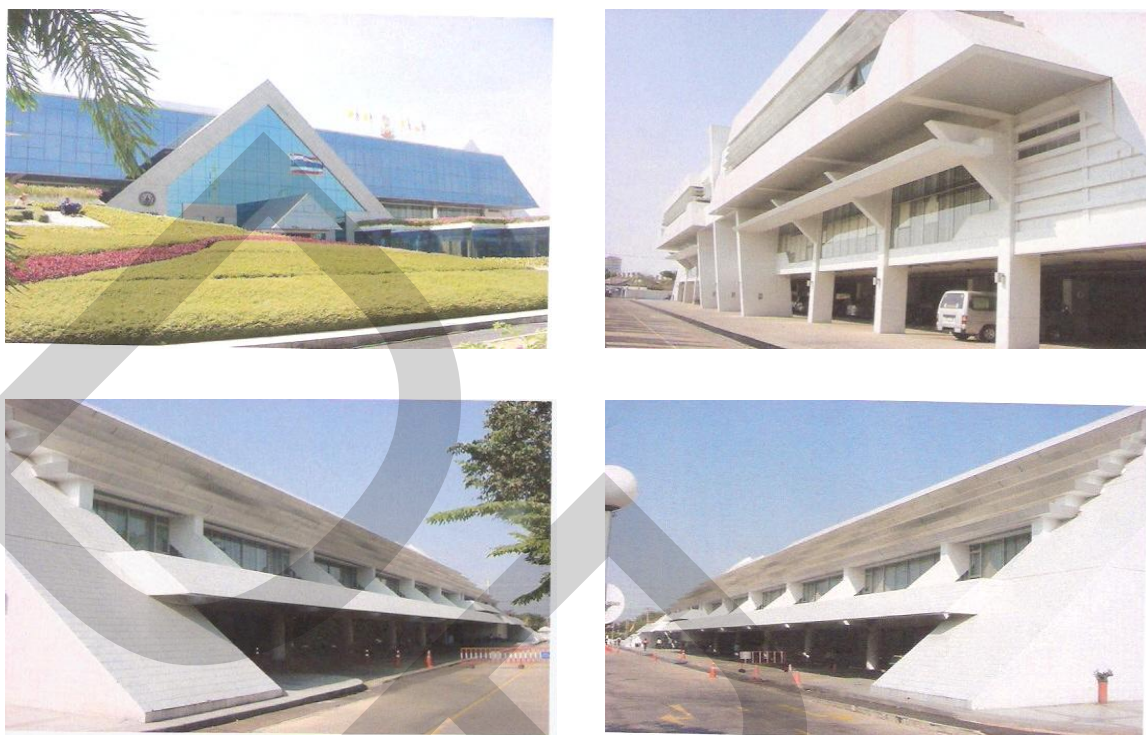
การศึกษาการใช้พลังงานของอาคารกรมการกงสุล โดยการจัดเก็บข้อมูล และวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องจักรโดยละเอียด มุ่งเน้นเฉพาะส่วนของระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง พร้อมทั้งประเมินศักยภาพถึงความเป็นไปได้ของมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในอาคารกรมการกงสุล โดยมีวิธีการดำเนินการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษา ดังนี้

3.1 ข้อมูลทั่วไป

อาคารกรมการกงสุล ตั้งอยู่เลขที่ 123 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02-9817171 เป็นอาคารประเภทสำนักงาน ความสูง 3 ชั้น เปิดใช้งานปี พ.ศ. 2541 เวลาทำการของอาคาร ตั้งแต่วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 08.00-17.00 น. คิดเป็น 9 ชั่วโมงต่อวัน 241 วันต่อปี มีพื้นที่ใช้สอยรวม 17,412 m² แบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 13,359.50 m² พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 4,052.50 m² และพื้นที่จอดรถในตัวอาคาร 5,014 m² รวมพื้นที่ทั้งหมด 22,426 m²

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้พื้นที่ในอาคารกรมการกงสุล

ชั้น	ลักษณะการใช้พื้นที่
ดาดฟ้า	ห้องเครื่องลิฟต์ เครื่องจักรหอผึ่งน้ำ
3	ห้องประชุม ห้องสำนักงาน
2	ห้องสำนักงาน
1	ห้องอาหาร ห้องพยาบาล ห้องสำนักงาน ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้อง- เครื่องทำน้ำเย็น ห้องเครื่องปั้มน้ำดับเพลิง ลานจอดรถในอาคาร



รูปที่ 3.1 อาคารกรมการกงสุล

3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

พลังงานที่อาคารนำมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง หมายเลขเครื่องวัด อ-084257 เป็นมิเตอร์ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.1.2 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร โดยคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ ระดับแรงดัน 12-24 kV จ่ายผ่านหม้อแปลงของอาคารขนาด 1,250 kVA จำนวน 2 ชุด ในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,250,000 kWh/year คิดเป็นจำนวนเงิน 10,667,378.96 บาทต่อปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.28 บาท/kWh โดยมีดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 612.65 kWh/m²/year ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการใช้ไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล ระหว่าง ม.ค. 52-ธ.ค. 52

เดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าปรับปรุงต้นทุน Ft. (สตางค์/kWh)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)
ม.ค. 2552	238,000	781,209.96	92.52	3.28
ก.พ. 2552	262,000	859,962.82	92.52	3.28
มี.ค. 2552	292,000	958,403.89	92.52	3.28
เม.ย. 2552	264,000	866,525.56	92.52	3.28
พ.ค. 2552	272,000	892,776.51	92.52	3.28
มิ.ย. 2552	284,000	932,152.94	92.52	3.28
ก.ค. 2552	262,000	859,962.82	92.52	3.28
ส.ค. 2552	272,000	892,776.51	92.52	3.28
ก.ย. 2552	272,000	892,776.51	92.52	3.28
ต.ค. 2552	314,000	1030,594.01	92.52	3.28
พ.ย. 2552	252,000	827,149.13	92.52	3.28
ธ.ค. 2552	266,000	873,088.3	92.52	3.28
รวม	3,250,000	10,667,378.96	-	-
เฉลี่ย/เดือน	270,833	888,948.25	92.52	3.28

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1) คลิปแอมป์ (Clip Amp) ผลิตภัณฑ์ ฟลุค รุ่น 332 มีความลาดเคลื่อน $\pm 1.8\%$ ใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า ของอุปกรณ์เครื่องจักรที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.2 คลิปแอมป์ (Clip Amp)

2) ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ (Digital Thermometer) ผลิตภัณฑ์ ฟลุค รุ่น 971 ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในเครื่องเดียวกัน การวัดอุณหภูมิที่ 0° ถึง 45°C มีความลาดเคลื่อน $\pm 0.5\%$ การวัดความชื้นสัมพัทธ์ที่ 10% ถึง 90% ที่ 23°C มีความลาดเคลื่อน $\pm 2.5\%$



รูปที่ 3.3 ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ (Digital Thermometer)

3) ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) ผลิตภัณฑ์ ดิจิคอน รุ่น LX-70 มีความลาดเคลื่อน $\pm 2\%$ ใช้สำหรับวัดค่าความสว่างของแสงในพื้นที่ที่ทำการศึกษา



รูปที่ 3.4 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลอุปกรณ์เครื่องจักร มีวิธีการโดย

1) ใช้ข้อมูลจากเอกสารการซ่อมบำรุงเครื่องจักร หรือ จากแบบแปลนแผนผังอาคารงานระบบวิศวกรรม เพื่อหารายละเอียด เช่น สถานที่ติดตั้ง จำนวนอุปกรณ์เครื่องจักร และค่าพลังงานไฟฟ้าตามพิกัดจากผู้ผลิต

2) ใช้ค่าเฉลี่ยจากการจดบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าประจำวัน ของเครื่องจักร เช่น เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) สามารถแสดงข้อมูลของกระแส แรงดัน และเปอร์เซ็นต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์ ที่หน้าจอแสดงผลของเครื่อง ได้ตามช่วงเวลาต่างๆ

3) ใช้ข้อมูลจากหน้างานจริง โดยการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอุปกรณ์เครื่องจักรขณะใช้งาน หรือตรวจนับจำนวนของอุปกรณ์เครื่องจักร

เพื่อให้การจัดทำฐานข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับการศึกษาเป็นไปอย่างมีระบบ เข้าใจได้ง่าย โดยมีแนวทางในการกำหนดรูปแบบตารางที่บันทึกข้อมูล เป็นการจัดทำโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้สะดวก และรวดเร็วในการวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.1 ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประกอบด้วยเครื่องจักร

- เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller : CH)
- ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump : CHP)
- ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump : CDP)
- หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower : CT)
- ปั๊มเติมน้ำหอผึ่งน้ำ (Make up Water Pump : MWP)
- เครื่องส่งลมเย็นแบบตั้งพื้น (Air Handling Unit : AHU)
- เครื่องส่งลมเย็นแบบแขวนเพดาน (Fan Coil Unit : FCU)

ในการกำหนดรูปแบบตาราง ประกอบด้วยช่องบันทึกข้อมูลต่างๆ ของเครื่องจักร ระบบปรับอากาศในแต่ละพื้นที่ของอาคาร โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

ช่องที่	รายการ	รายละเอียด
1	ชั้น	ตำแหน่งชั้นที่เครื่องจักรติดตั้งอยู่
2	สถานที่	ตำแหน่งสถานที่ที่เครื่องจักรติดตั้งอยู่
3	รายการอุปกรณ์	บันทึกชื่อของเครื่องจักรที่กำหนดขึ้นตามแบบแปลนอาคาร
4	Tr	บันทึกพิคัดความเย็นของเครื่องจักร
5	kW	บันทึกพิคัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องจักร
6	Phase	บันทึกระบบไฟฟ้าจำนวนเฟสของเครื่องจักร
7	แรงดัน (V)	บันทึกพิคัดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องจักร เช่น ระบบไฟฟ้า 1-เฟส ใช้แรงดัน 220 V ระบบไฟฟ้า 3-เฟส ใช้แรงดัน 380 V
8	กระแส (A)	บันทึกกระแสไฟฟ้าของเครื่องจักร จากการตรวจวัดการใช้งานจริง
9	PF	เป็นการบันทึกค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้า ในที่นี้กำหนดค่าไว้ที่ 0.85
10	ชั่วโมงใช้งาน (hour/day)	บันทึกจำนวนชั่วโมงการเปิดใช้งานของเครื่องจักรต่อวัน
11	พลังงานไฟฟ้า/วัน (kWh/day)	เป็นช่องที่แสดงการใช้พลังงานของเครื่องจักร โดยนำผลคูณของข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักรในช่องที่ 7,8,9 และ 10 หมายเหตุ - ระบบไฟฟ้า 1-เฟส ค่าที่ได้เป็นผลคูณของข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักรในช่องที่ 7,8,9 และ 10 - ระบบไฟฟ้า 3-เฟส ค่าที่ได้เป็นผลคูณของข้อมูลจำเพาะของเครื่องจักรในช่องที่ 7,8,9,10 และ ค่าคงที่คือ 1.732

3.4.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หลอดไฟที่ใช้ในประเภทอาคารสำนักงานส่วนใหญ่เป็นชนิด หลอดฟลูออเรสเซนต์ ประกอบกับโคมไฟโครงโลหะสำเร็จรูป แบบฝาครอบตะแกรงมีแผ่น สะท้อนแสง ติดตั้งฝ้าเพดาน ในการกำหนดรูปแบบตาราง ประกอบด้วยช่องบันทึกข้อมูลต่างๆ ของอุปกรณ์ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ช่องที่	รายการ	รายละเอียด
1	ชั้น	ตำแหน่งชั้นที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่
2	สถานที่	ตำแหน่งสถานที่ที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่
3	รายการอุปกรณ์	บันทึกชื่อลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นตามแบบ แปลนอาคาร
4	จำนวน (หลอด : โคม)	บันทึกจำนวนหลอดไฟที่ติดตั้งในโคมเดียวกัน
5	จำนวนโคม	บันทึกจำนวนโคมไฟในพื้นที่นั้นๆ
6	จำนวนหลอด	บันทึกจำนวนหลอดไฟในพื้นที่นั้นๆ
7	พิกัดกำลังไฟฟ้า (W)	บันทึกพิกัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง (หลอดไฟกับบัลลาสต์)
8	กำลังไฟฟ้ารวม (kW)	บันทึกกำลังไฟฟ้ารวมของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง โดย นำผลคูณของข้อมูล (ในช่องที่ 6,7) หารด้วย 1,000
9	ชั่วโมงใช้งาน (hour/day)	บันทึกจำนวนชั่วโมงการเปิดใช้งานของอุปกรณ์ต่อวัน
10	พลังงานไฟฟ้า/วัน (kWh/day)	เป็นช่องที่แสดงการใช้พลังงานของอุปกรณ์ โดยนำผล คูณของข้อมูล ช่องที่ 8 และ 9

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และตรวจวัด การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรทั้งหมดในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกรมการกงสุล เพื่อเป็นฐานข้อมูลแสดงจำนวน สถานที่ติดตั้ง ค่ากำลังไฟฟ้า จำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อวัน การประเมินพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องจักรในรอบ 1 ปี สามารถหาได้จากการคำนวณเปรียบเทียบพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุงในแต่ละมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน

3.5.1 ระบบปรับอากาศ

1) การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า kW/Tr ของเครื่องทำน้ำเย็น กับค่ามาตรฐานที่กฎกระทรวงกำหนดตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ตารางที่ 3.7 ค่าประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำน้ำเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(kW/Tr)	
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง(centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาดเกินกว่า 250 ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
ข. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ(reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด(package unit)	0.88	1.06
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู(screw chiller)	0.70	0.84

ที่มา: กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร, 2538

การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ สามารถหาได้จากการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{ChP} = \frac{\text{kW}}{\text{Tr}} \dots\dots\dots 3.1$$

เมื่อ	ChP	หมายถึง	ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น
	Tr	หมายถึง	ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด มีหน่วยเป็นตันความเย็น ซึ่งหาได้จาก $\text{Tr} = (\text{F} \times \Delta\text{T}) / 50.40$
	F	หมายถึง	ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านส่วนทำน้ำเย็น มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที
	ΔT	หมายถึง	อุณหภูมิแตกต่างของน้ำเย็นที่ไหลเข้า และออกจากส่วนทำน้ำเย็น มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
	kW	หมายถึง	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของส่วนทำน้ำเย็น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์

2) การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในรอบ 1 ปี สามารถหาได้จากการคำนวณค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องจักร ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{ระบบไฟฟ้า 1-เฟส} \quad E_L = VI \cos \theta \times 10^{-3} \times h \times d \dots\dots\dots 3.2$$

$$\text{ระบบไฟฟ้า 3-เฟส} \quad E_L = \sqrt{3} \times VI \cos \theta \times 10^{-3} \times h \times d \dots\dots\dots 3.3$$

เมื่อ	E_L	หมายถึง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบปี (kWh/year)
	V	หมายถึง	ค่าพิกัดแรงดันไฟฟ้า (V)
	I	หมายถึง	ค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ยจากการตรวจวัด (A)
	$\cos \theta$	หมายถึง	Power Factor กำหนดค่าไว้ที่ 0.85
	h	หมายถึง	จำนวนชั่วโมงที่เปิดใช้งานต่อวัน
	d	หมายถึง	จำนวนวันทำการในรอบปี

3.5.2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1) การเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด W/m^2 กับค่ามาตรฐานที่กฎกระทรวงกำหนดตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

ตารางที่ 3.8 มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารควบคุมประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (W/ m ²)
สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล สถานที่พักผ่อน	16
ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ต หรือศูนย์การค้า	23

ที่มา: กฎกระทรวงกำหนดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ, 2538

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ สามารถคำนวณได้จากสมการนี้

$$PD = \frac{LW + BW}{GR} \dots\dots\dots 3.4$$

เมื่อ	PD	หมายถึง	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่อาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m ²)
	LW	หมายถึง	ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดส่องสว่างทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	BW	หมายถึง	ผลรวมของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	GR	หมายถึง	พื้นที่ใช้งานรวมในอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m ²)

2) การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในรอบ 1 ปี สามารถหาได้จาก การคำนวณผลรวมการใช้พลังงานของโคมไฟฟ้าแต่ละโคม ซึ่งหาได้จากสมการ

$$E_L = n \times W \times 10^{-3} \times h \times d \dots\dots\dots 3.5$$

เมื่อ	E_L	หมายถึง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบปี (kWh/year)
	n	หมายถึง	จำนวนหลอดไฟ
	W	หมายถึง	ค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ (หลอดไฟกับบัลลาสต์)
	h	หมายถึง	จำนวนชั่วโมงที่เปิดใช้งานต่อวัน
	d	หมายถึง	จำนวนวันทำการในรอบปี

การวิเคราะห์แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า จะพิจารณาเลือกวิธีการประหยัดไฟฟ้าในจุดที่มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ประกอบการพิจารณาเลือกวิธีการหรือมาตรการในการประหยัดพลังงาน ในการพิจารณามาตรการที่ไม่มีการลงทุนเป็นลำดับแรกและมาตรการที่มีการลงทุนจะพิจารณาโดยใช้หลักเศรษฐศาสตร์ที่มีระยะเวลาดำเนินการน้อยที่สุดเป็นลำดับต่อไป เพื่อประเมินความคุ้มค่าในแต่ละมาตรการ

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษากิจการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ กรณีศึกษาอาคาร
กรมการกงสุลได้เก็บข้อมูลของเครื่องจักรอุปกรณ์ ด้วยวิธีการสำรวจจากแบบแปลนแผนผังของ
อาคาร และการสำรวจหน้างานจริง ประกอบกับการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดนั้น สรุปได้
ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

อาคารกรมการกงสุล เป็นอาคารประเภทสำนักงาน การใช้พลังงานไฟฟ้าพื้นที่ภายใน
อาคารส่วนใหญ่มีลักษณะเพื่อให้บริการและอำนวยความสะดวกกับประชาชนที่มาติดต่องาน
ราชการในการจัดทำหนังสือเดินทาง ให้ได้รับความพึงพอใจ

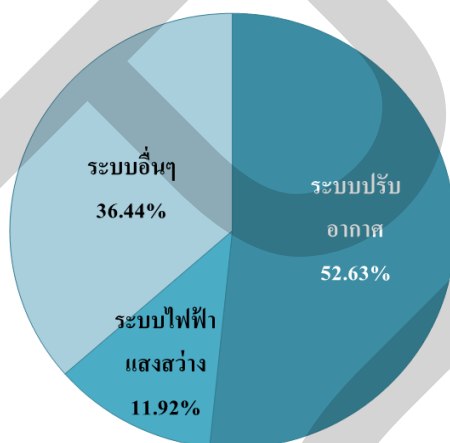
1) ระบบปรับอากาศ อาคารติดตั้งระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประกอบด้วยเครื่องทำน้ำ-
เย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ปั๊มน้ำหล่อเย็น
(Condenser Water Pump) ปั๊มเติมน้ำห่อหุ้มน้ำ (Make up Water Pump) ชนิด Horizontal Split Case
ห่อหุ้มน้ำ (Cooling Tower) แบบระบบเปิด ชนิด Cross Flow และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling
Unit and Fan Coil Unit) แบบจ่ายปริมาณลมคงที่กับแบบปรับปริมาณลมได้ 3 ระดับ โดย
รายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งาน ของระบบปรับอากาศ แสดง
ในภาคผนวก ก.

2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประเภทของหลอดที่มีการติดตั้งใช้งานในอาคารส่วนใหญ่
เป็นหลอด Fluorescent ขนาด 36 W กับ 18 W ประกอบกับโคมไฟโครงโลหะสำเร็จรูป แบบฝา
ครอบตะแกรงมีแผ่นสะท้อนแสง และหลอด Compact Fluorescent ขนาด 18 W กับ 9 W แบบโคม
Down light โดยรายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งาน ของระบบไฟฟ้า
แสงสว่าง แสดงในภาคผนวก ข.

4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 3,337,000 kWh/year (ข้อมูลปี พ.ศ. 2553) คิดเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 10,953,858.06 บาทต่อปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.28 บาท/kWh โดยแบ่งเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบต่างๆ ดังนี้

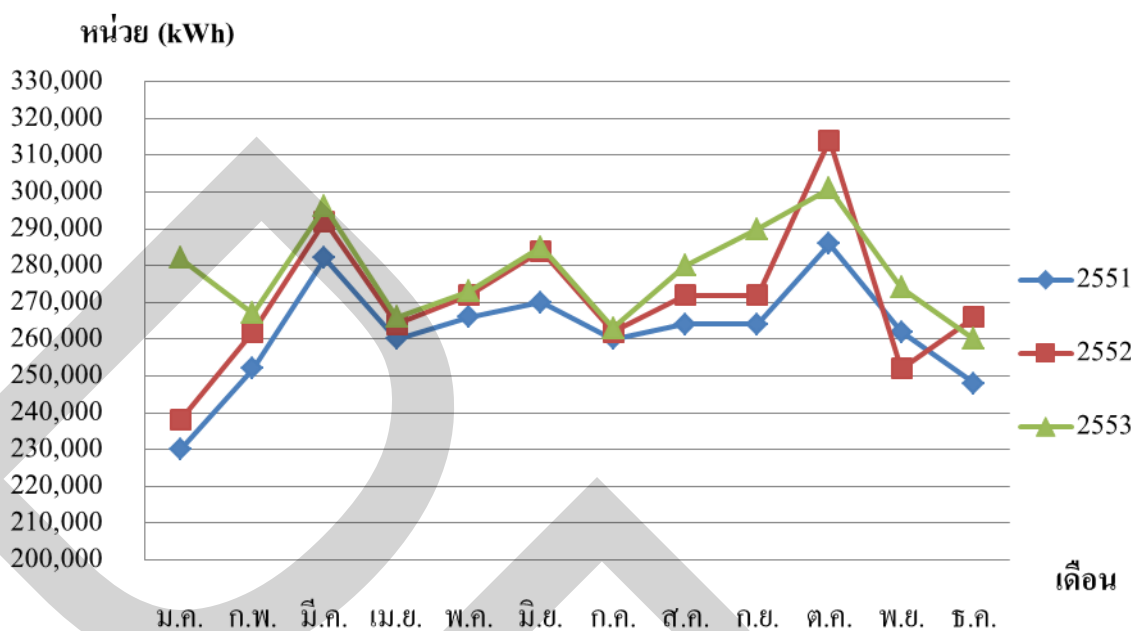
- 1) ระบบปรับอากาศ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 7,148.99 kWh/day และมีค่า 1,722,906.59 kWh/year คิดเป็น 51.63 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- 2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,650.68 kWh/day และมีค่า 397,813.88 kWh/year คิดเป็น 11.92 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- 3) ระบบอื่นๆ มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,216,279.53 kWh/year คิดเป็น 36.44 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร (รายละเอียดในการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)



รูปที่ 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังที่ผ่านมา

ในปี พ.ศ. 2551 พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 3,144,000 กับ 3,250,000 และ 3,337,000 kWh/year คิดเป็นจำนวนเงิน 9,523,090.77 กับ 10,667,378.96 และ 10,952,858.06 บาทต่อปี ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณเพิ่มขึ้น ร้อยละ 2.68 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา และการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.37 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีจำนวนผู้มาติดต่อใช้บริการเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระหว่าง พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2553

4.4 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้า

การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อหาแนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าให้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

4.4.1 การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

1) มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

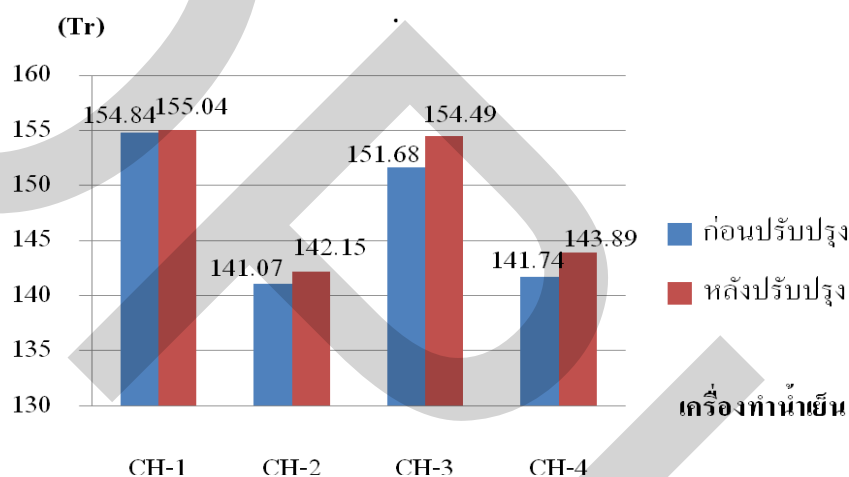
- ก่อนปรับปรุง จากการสำรวจอาคารมีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมีเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 230 Tr จำนวน 4 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 3 เครื่องต่อวัน มีการเปิด-ปิด ตามเวลาดังนี้

เครื่อง CH-1 เปิดเวลา 05.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

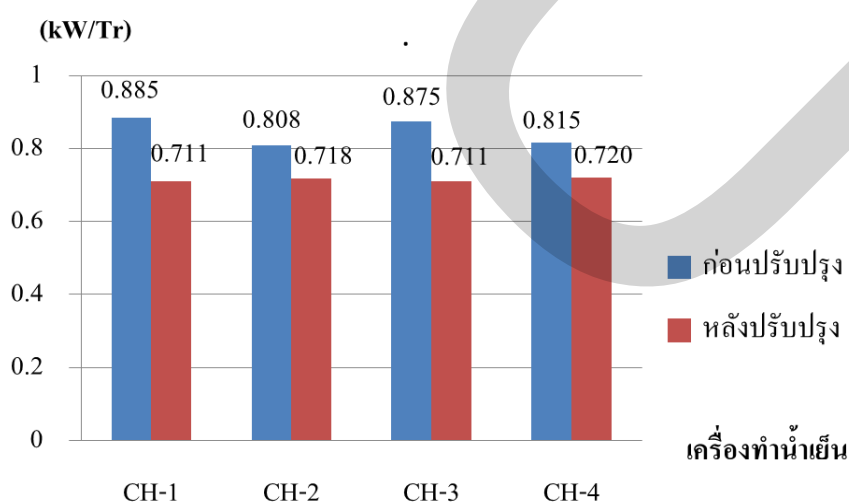
เครื่อง CH-2 CH-3 เปิดเวลา 05.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 4,332.02 kWh/day เท่ากับ 1,044,016.82 kWh/year คิดเป็นเงิน 3,424,375.17 บาทต่อปี ทั้งนี้ ได้ทำการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่อง CH-1 CH-2 CH-3 และ CH-4 มีค่าสมรรถนะการทำความเย็นเท่ากับ 0.885 0.808 0.875 และ 0.815 kW/Tr ตามลำดับ (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง.)

- ในมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ทำได้โดยการทำความสะอาดท่อค้ำน้ำหล่อเย็นภายในเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่ดีระหว่างสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์กับค้ำน้ำหล่อเย็น เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นมีค่าสมรรถนะการทำความเย็นสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง ของเครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาดไม่เกิน 250 Tr สำหรับอาคารใหม่ คือไม่เกิน 0.75 kW/Tr หลังจากดำเนินการแล้วทำการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นเครื่อง CH-1 CH-2 CH-3 และ CH-4 พบว่ามีค่าสมรรถนะการทำความเย็นเท่ากับ 0.711 0.718 0.711 และ 0.720 kW/Tr ตามลำดับ ซึ่งมีค่าลดลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ง.)



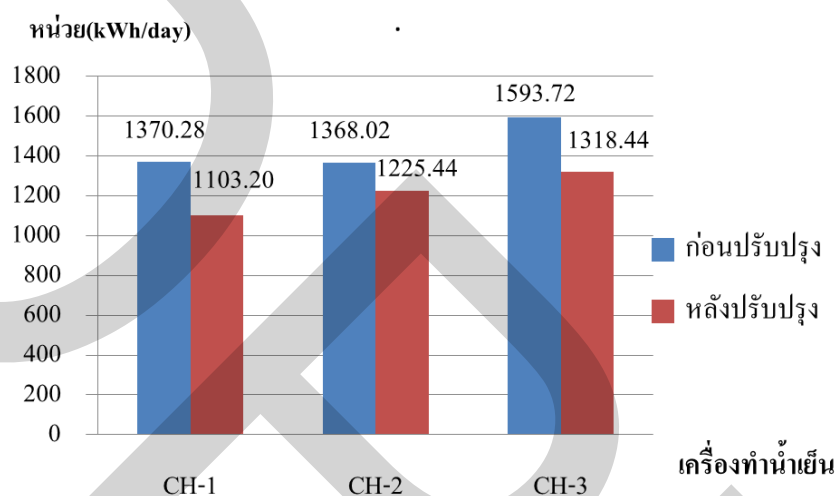
รูปที่ 4.3 ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 4.4 ค่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น

สามารถการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 684.94 kWh/day เท่ากับ 165,070.54 kWh/year คิดเป็นเงิน 541,431.37 บาทต่อปี

- การลงทุน ในการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น โดย การทำความสะอาดท่อด้านน้ำหล่อเย็นภายในเครื่องทำน้ำเย็น เป็นจำนวนเงิน 25,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.04 ปี (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก.)



รูปที่ 4.5 การประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

2) มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

- ก่อนปรับปรุง จากการสำรวจอาคารมีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมีเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 230 Tr จำนวน 4 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 3 เครื่องต่อวัน มีการเปิด-ปิด ตามเวลาดังนี้

เครื่อง CH-1 เปิดเวลา 05.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CH-2 และ CH-3 เปิดเวลา 05.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 4,332.02 kWh/day เท่ากับ 1,044,016.82 kWh/year คิดเป็นเงิน 3,424,375.17 บาทต่อปี

- หลังปรับปรุง เนื่องจากอาคารเปิดทำการเวลา 08.00-17.00 น. ในเวลาเริ่มทำการ 08.00 น. และหยุดทำการ 17.00 น. จะมีประชาชนที่มาคิดต่อราชการจำนวนน้อย จึงสามารถปรับ เวลาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็น โดยเปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ และปิดก่อนเวลาหยุดทำการ 30 นาที ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ตามเวลาใหม่ดังนี้

เครื่อง CH-1 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

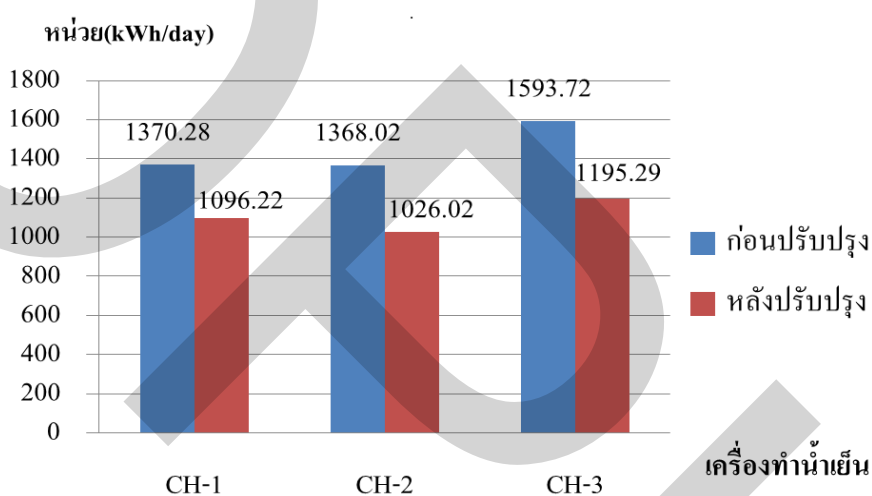
(ลดลง 2 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CH-2 และ CH-3 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 3 ชั่วโมงต่อวัน)

จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 1,014.49 kWh/day เท่ากับ 244,492.09 kWh/year คิดเป็นเงิน 801,934.06 บาทต่อปี

- การลงทุน ในการปรับเวลาการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็น สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่ต้องใช้เงินในการลงทุน (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.)



รูปที่ 4.6 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

3) มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั้มน้ำในระบบปรับอากาศ และห้องผึ่งน้ำ

- ก่อนปรับปรุง จากการดำเนินการสำรวจอาคารซึ่งมีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมีปั้มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ขนาด 30 kW จำนวน 4 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 3 เครื่องต่อวัน มีปั้มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ขนาด 18.5 kW จำนวน 4 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 3 เครื่องต่อวัน มีปั้มน้ำเติมห้องผึ่งน้ำ (Make up Water Pump) ขนาด 1.5 kW จำนวน 2 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 1 เครื่องต่อวัน และมีห้องผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ขนาด 7.5 kW จำนวน 4 เครื่อง ปกติเปิดใช้งาน 3 เครื่องต่อวัน มีเวลาการเปิด-ปิดตามลำดับ ดังนี้

เครื่อง CHP-1 เปิดเวลา 05.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CHP-2 และ CHP-3 เปิดเวลา 05.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CDP-1 เปิดเวลา 05.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CDP-2 และ CDP-3 เปิดเวลา 05.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง MWP-1 เปิดเวลา 04.30 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12.5 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CT-1 เปิดเวลา 05.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 10 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่อง CT-2 และ CT-3 เปิดเวลา 05.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,558.21 kWh/day เท่ากับ 375,528.61 kWh/year คิดเป็นเงิน 1,231,733.84 บาทต่อปี

- หลังปรับปรุง เนื่องจากอาคารเปิดทำการเวลา 08.00-17.00 น. ในเวลาเริ่มทำการ 08.00 น. และหยุดทำการ 17.00 น. จะมีประชาชนที่มาติดต่อราชการจำนวนน้อย จึงสามารถปรับเวลาการเปิด-ปิด บัมพ์น้ำในระบบปรับอากาศ และห้องเย็นน้ำ โดยเปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ และปิดก่อนเวลาหยุดทำการ 30 นาที ตามการปรับเวลาเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ตามเวลาใหม่ดังนี้

เครื่อง CHP-1 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 2 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CHP-2 และ CHP-3 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 3 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CDP-1 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 2 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CDP-2 และ CDP-3 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 3 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง MWP-1 เปิดเวลา 07.00 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9.5 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 3.5 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CT-1 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 15.30 น. ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

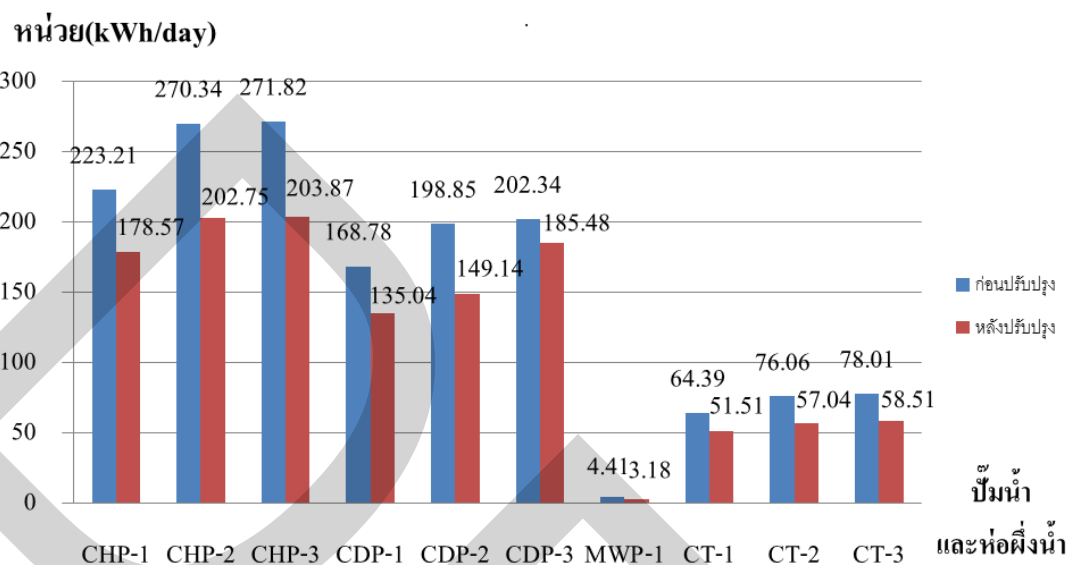
(ลดลง 2 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่อง CT-2 และ CT-3 เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน

(ลดลง 3 ชั่วโมงต่อวัน)

จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 366.84 kWh/day เท่ากับ 88,408.44 kWh/year คิดเป็นเงิน 289,979.68 บาทต่อปี

- การลงทุน ในการปรับเวลาการเปิด-ปิด บัมพ์น้ำในระบบปรับอากาศ และห้องเย็นน้ำ สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่ต้องใช้เงินในการลงทุน (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ฉ.)



รูปที่ 4.7 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำในระบบปรับอากาศและห่อฝังน้ำ

4) มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น

- ก่อนปรับปรุง จากการสำรวจอาคารมีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยมีเครื่องส่งลมเย็นจำนวน 50 เครื่อง แบ่งเป็นเครื่องส่งลมเย็นแบบตั้งพื้น (Air Handling Unit) จำนวน 25 เครื่อง และเครื่องส่งลมเย็นแบบแขวนเพดาน (Fan Coil Unit) จำนวน 25 เครื่อง โดยปกติอาคารมีเวลาการเปิด-ปิด เครื่องส่งลมเย็นตามพื้นที่ใช้งาน ดังนี้

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 1 ใช้งานในพื้นที่สำนักงาน เปิดเวลา 08.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 2 ใช้งานในพื้นที่ส่วนกลาง เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 9.5 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 3 ใช้งานในพื้นที่ห้องอาหาร เปิดเวลา 06.00 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 11 ชั่วโมงต่อวัน

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 4 ใช้งานในพื้นที่สำนักงานมีประชาชนมาติดต่อ เปิดเวลา 05.45 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 11.25 ชั่วโมงต่อวัน

มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,258.77 kWh/day เท่ากับ 303,363.57 kWh/year คิดเป็นเงิน 995,032.51 บาทต่อปี

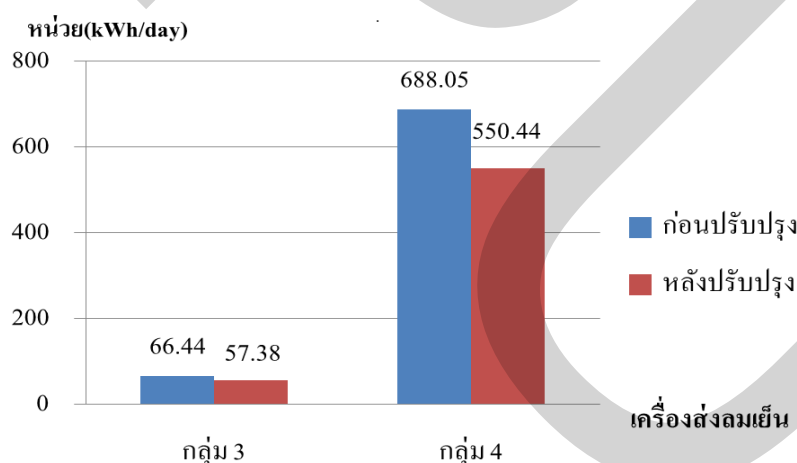
- หลังปรับปรุง เนื่องจากอาคารเปิดทำการเวลา 08.00-17.00 น. ในเวลาเริ่มทำการ 08.00 น. และหยุดทำการ 17.00 น. จะมีประชาชนที่มาติดต่อราชการจำนวนน้อย เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ไม่เปลี่ยนแปลงเวลาในการเปิด-ปิด ส่วนกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 สามารถเลื่อนเวลาการเปิดให้ช้าลง โดยเปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ 30 นาที ตามการปรับเวลาการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ ส่วนเวลาปิดยังคงเป็นเวลาเดิม เนื่องจากน้ำเย็นที่หมุนเวียนในระบบยังมีความเย็นเพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ตามเวลาใหม่ดังนี้

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 3 ใช้งานในพื้นที่ห้องอาหาร เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 17.00 น. ใช้งาน 9.5 ชั่วโมงต่อวัน (ลดลง 1.5 ชั่วโมงต่อวัน)

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 4 ใช้งานในพื้นที่สำนักงานมีประชาชนมาติดต่อ เปิดเวลา 07.30 น. ปิดเวลา 16.30 น. ใช้งาน 9 ชั่วโมงต่อวัน (ลดลง 2.25 ชั่วโมงต่อวัน)

จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 146.67 kWh/day เท่ากับ 35,347.47 kWh/year คิดเป็นเงิน 115,939.70 บาทต่อปี

- การลงทุน ในการปรับเวลาการเปิด-ปิด ชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่ต้องใช้เงินในการลงทุน (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.)



รูปที่ 4.8 การประหยัดพลังงานโดยการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น

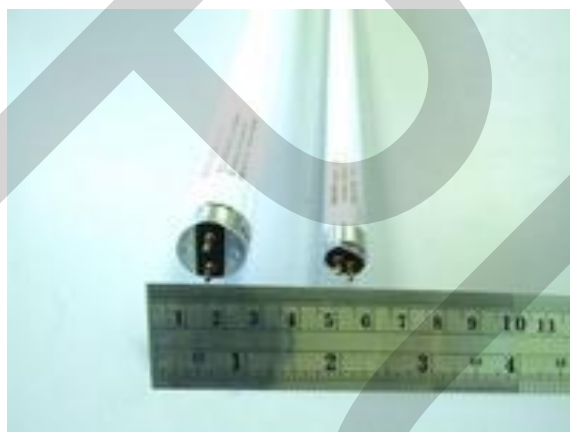
4.4.2 การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จากการสำรวจค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถเท่ากับ 9.524 W/m^2 โดยมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง คือ 16 W/m^2 (รายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก จ.)

1) มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5

ในมาตรการอนุรักษ์พลังงาน จากการประชุมคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2552 มีมติ ข้อ 3.1.2 ให้ผู้บริหารของอาคารควบคุมส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจทุกแห่ง ส่งเสริมการใช้หลอดประหยัดพลังงาน ให้ร่วมมือและสนับสนุนการดำเนินโครงการส่งเสริมการใช้หลอดคอมใหม่ เบอร์ 5 ร่วมกับ กฟผ. ในการจัดเตรียมข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการสำรวจข้อมูล และการเปลี่ยนหลอดประสิทธิภาพสูงแทนหลอดเดิม เช่น เปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น T5

- ก่อนปรับปรุง การสำรวจพบว่า อาคารมีการติดตั้งโคมไฟแสงสว่าง แบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 10 Wต่อตัว รวมทั้งหมดจำนวน 3,230 ชุด มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 1,267.85 kWh/day เท่ากับ 305,552.33 kWh/year คิดเป็นเงิน 1,002,211.65 บาทต่อปี

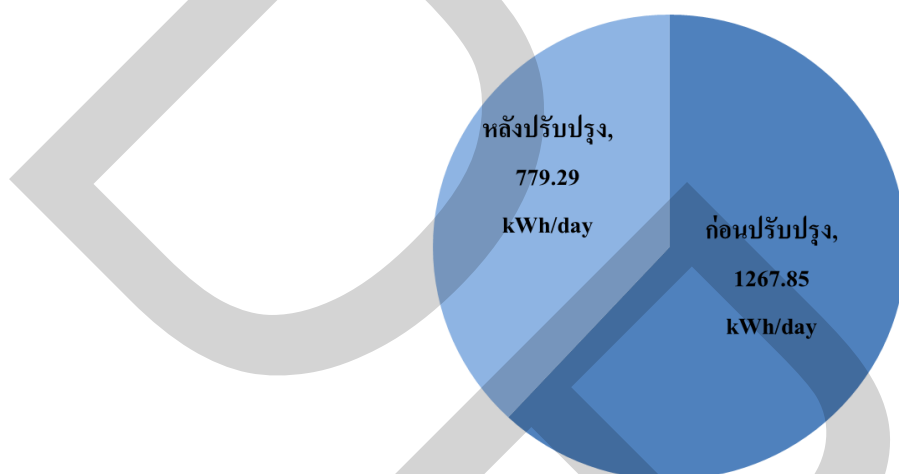


รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 กับ T5

- หลังปรับปรุง เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 28 W ชนิด T5 ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 1 Wต่อตัว รวมทั้งหมดจำนวน 3,230 ชุด จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 468.55 kWh/day เท่ากับ 112,921.51 kWh/year คิดเป็นเงิน 370,382.57 บาทต่อปี

- การลงทุน เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมของรัฐ ในการใช้หลอดคอมใหม่ เบอร์ 5 ร่วมกับ กฟผ. โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.)

หมายเหตุ : กรรมการสูงสุดได้ส่งข้อมูลจำนวนหลอดไฟที่เข้าร่วมโครงการให้กับทาง พพ. แล้ว ขณะนี้ทางกรรมการสูงสุดยังไม่ได้รับอุปกรณ์หลอดไฟที่จะนำมาเปลี่ยนใหม่ ซึ่งมาตรการนี้หากดำเนินการเองจะใช้เงินลงทุนในการซื้อวัสดุอุปกรณ์หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 28 W ชนิด T5 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และอะแดปเตอร์ สำหรับใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ชนิด T8 ในราคา 428 บาทต่อชุด โดยรวมเป็นเงินลงทุน 1,382,400 บาท ระยะเวลาคืนทุน 3.73 ปี



รูปที่ 4.10 การประหยัดพลังงานโดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5

2) มาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

- ก่อนปรับปรุง จากการสำรวจพบว่า อาคารมีการติดตั้งโซเดียมความดันสูง ขนาด 125 W ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 10 W ต่อตัว รวมทั้งหมดจำนวน 38 ชุด บริเวณลานจอดรถและถนนรอบอาคาร มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 61.56 kWh/day เท่ากับ 14,835.96 kWh/year คิดเป็นเงิน 48,661.95 บาทต่อปี



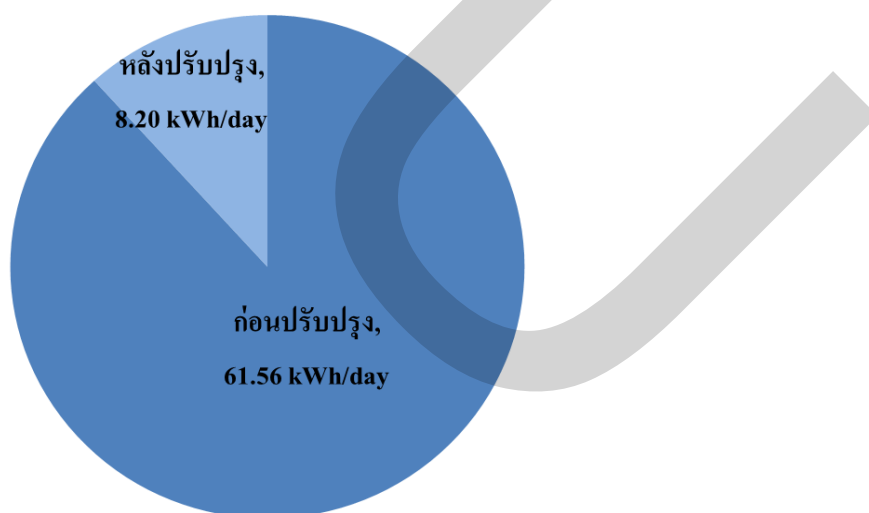
รูปที่ 4.11 หลอด โซเดียมความดันสูง (High-pressure Sodium Vapour Lamps)

- หลังปรับปรุง เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 W แบบมีบัลลาสต์ภายใน จำนวน 38 ชุด จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 53.35 kWh/day เท่ากับ 12,857.83 kWh/year คิดเป็นเงิน 42,173.69 บาทต่อปี



รูปที่ 4.12 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายใน

- การลงทุน เงินลงทุนในการซื้อวัสดุอุปกรณ์เป็นจำนวน 6,080 บาท มีระยะเวลาดำเนินงาน 1.45 ปี (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.)



รูปที่ 4.13 การประหยัดพลังงานโดยการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

ตารางที่ 4.1 รวมผลการศึกษาการจัดการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละมาตรการ

มาตรการ	ผลการประหยัด			เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลา คืนทุน(ปี)
	kWh/day	kWh/year	บาทต่อปี		
ระบบปรับอากาศ					
1. การปรับปรุงค่าสมรรถนะ การทำความเย็นของเครื่อง ทำน้ำเย็น	684.94	165,070.54	541,431.37	25,000	0.04
2. การลดชั่วโมงการทำงาน ของเครื่องทำน้ำเย็น	1,014.49	244,492.09	801,934.06	-	-
3. การลดชั่วโมงการทำงาน ของปั๊มน้ำในระบบปรับ อากาศ และท่อฝังน้ำ	336.84	88,408.44	289,979.68	-	-
4. มาตรการลดชั่วโมงการ ทำงานของเครื่องส่งลมเย็น	146.67	35,347.47	115,939.70	-	-
รวม	2,182.94	533,318.54	1,749,284.81	25,000	0.04
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง					
1. การเปลี่ยนหลอดฟลูออ- เรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5	468.55	112,921.51	370,382.57	ได้รับการ สนับสนุน จาก กฟผ.	-
2. การเปลี่ยนหลอดโซเดียม ความดันสูงเป็นหลอด คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	53.35	12,857.83	42,173.69	6,080	1.45
รวม	521.90	125,779.34	412,556.24	6,080	1.45
รวมทั้งสิ้น	2,704.84	659,097.88	2,161,841.05	31,080.00	0.05

จากมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้ง 6 มาตรการ (ตารางที่ 4.1) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 1) มาตรการที่ไม่ต้องลงทุน ได้แก่ มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำในระบบปรับอากาศ และท่อฝังน้ำ และมาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น โดยมาตรการเหล่านี้เป็นการจัดการพลังงานในลักษณะของ

การใช้งานเครื่องจักร (Operation) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้โดยไม่ต้องลงทุน และสามารถนำไปปฏิบัติได้ในทันที ส่วนในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือ มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5 โดยการสนับสนุนจาก กฟผ. 2) มาตรการที่มีการลงทุน พบว่าในระบบปรับอากาศ มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น สามารถคืนทุนได้เร็วภายใน 0.04 ปี หรือ 14.6 วัน ส่วนในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง คือ มาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ มีระยะเวลาคืนทุน 1.45 ปี

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการดำเนินการเก็บข้อมูล และจัดทำฐานข้อมูลเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกรมการกงสุล มีลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละพื้นที่ โดยมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งเกือบทั้งหมดในช่วงวันเวลาราชการ เมื่อดำเนินการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานโดยมีมาตรการต่างๆ ดังนี้

1) การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

- มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น โดยการทำความสะอาดท่อด้านน้ำหล่อเย็นภายในเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิที่ดีระหว่างสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์กับด้านน้ำหล่อเย็น โดยมีค่าวัสดุอุปกรณ์ 20,000 บาท ค่าดำเนินการ 5,000 บาท รวมเป็นจำนวนเงิน 25,000 บาท สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 165,070.54 kWh/year คิดเป็นเงิน 541,431.37 บาทต่อปี เงินลงทุน 25,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.04 ปี

- มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น โดยการปรับเวลาการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น ให้เปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ และปิดก่อนเวลาหยุดทำการ 30 นาที สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 244,492.09 kWh/year คิดเป็นเงิน 801,934.06 บาทต่อปี มาตรการนี้ไม่มีการลงทุน

- มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั้มน้ำในระบบปรับอากาศ และหอผึ่งน้ำ โดยการปรับเวลาการเปิด-ปิดปั้มน้ำในระบบปรับอากาศ และหอผึ่งน้ำ ให้เปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ และปิดก่อนเวลาหยุดทำการ 30 นาที ตามการปรับเวลาเปิด-ปิดของเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 88,408.44 kWh/year คิดเป็นเงิน 289,979.68 บาทต่อปี มาตรการนี้ไม่มีการลงทุน

- มาตรการลดชั่วโมงการทำงานขอเครื่องส่งลมเย็น โดยการแบ่งกลุ่มเครื่องส่งลมเย็นตามการใช้งานในแต่ละพื้นที่ออกเป็น 4 กลุ่ม ทั้งนี้ กลุ่มที่ 1 กับ กลุ่มที่ 2 ยังคงใช้เวลาเดิมในการเปิด-ปิด ส่วนกลุ่มที่ 3 กับ กลุ่มที่ 4 ทำการเลื่อนเวลาการเปิดให้ช้าลง โดยเปิดก่อนเวลาเริ่มทำการ 30 นาที ตามการปรับเวลาเปิดเครื่องทำน้ำเย็นใหม่ สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

35,347.47 kWh/year คิดเป็นเงิน 115,939.70 บาทต่อปี มาตรการนี้ไม่มีการลงทุน

รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ 533,318.54 kWh/year คิดเป็นเงิน 1,749,284.81 บาทต่อปี

2) การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

- มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5 โดยเข้าร่วมโครงการส่งเสริมการใช้หลอดคอมใหม่เบอร์ 5 ร่วมกับ กฟผ. เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W ชนิด T8 เป็นขนาด 28 W ชนิด T5 จำนวน 3,230 ชุด โดยทาง กฟผ. เป็นผู้จัดส่งอุปกรณ์หลอดไฟฟ้าให้ดำเนินการเปลี่ยน โดยเจ้าหน้าที่ช่างฝ่ายอาคาร สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 112,921.51 kWh/year คิดเป็นเงิน 370,382.57 บาทต่อปี มาตรการนี้ไม่มีการลงทุน (ในกรณีถ้าไม่ได้รับการสนับสนุน จะมีค่าอุปกรณ์ต่างๆ ราคา 428 บาทต่อชุด รวมเงินลงทุน 1,382,400 บาท ระยะเวลาคืนทุน 3.73 ปี)

- มาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ โดยการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงขนาด 125 W เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายในขนาด 18 W โดยมีค่าอุปกรณ์หลอดไฟราคา 160 บาทต่อหลอด ดำเนินการเปลี่ยนโดยเจ้าหน้าที่ช่างฝ่ายอาคาร สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 12,857.83 kWh/year คิดเป็นเงิน 42,173.69 บาทต่อปี เงินลงทุน 6,080 บาท ระยะเวลาคืนทุน 1.45 ปี

รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้ 125,779.34 kWh/year คิดเป็นเงิน 412,556.24 บาทต่อปี

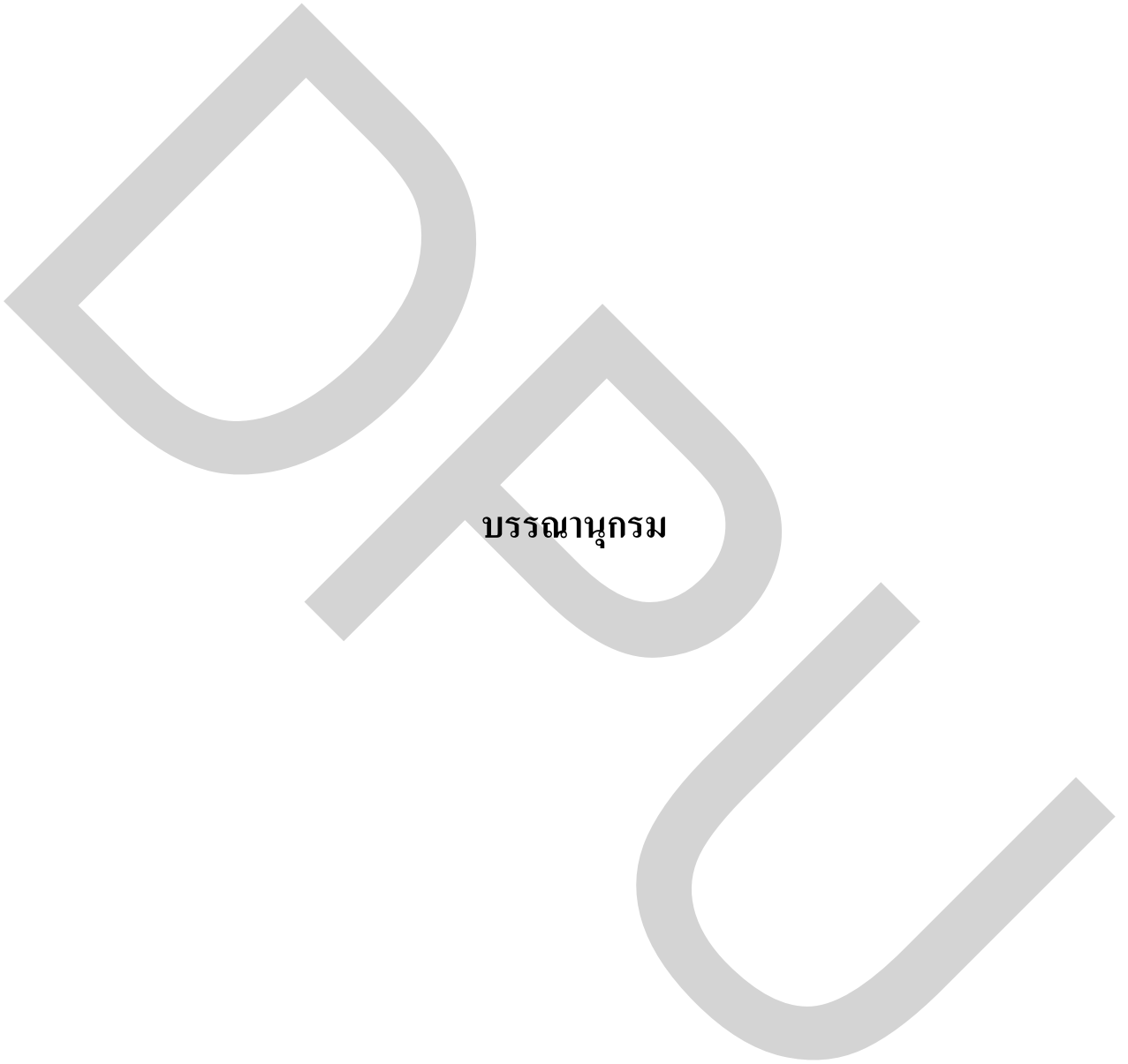
ทั้งนี้ รวมผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าทุกมาตรการเท่ากับ 659,097.88 kWh/year คิดเป็นเงิน 2,161,841.05 บาทต่อปี จากการดำเนินมาตรการแล้วสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 19.75 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2553

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

แนวทางการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล ตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นมาตรการพื้นฐานที่ใช้ดำเนินการกับอาคารทั่วไป ยังมีมาตรการอนุรักษ์พลังงานในแนวทางอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรมการกงสุล ได้แก่

- การศึกษาแนวทางการจัดการใช้หม้อแปลงอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การจัดการของหม้อแปลงให้สมดุลกันทุกเฟส เพื่อให้หม้อแปลงทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และช่วยลดปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลด้วย

- การศึกษาแนวทางการจัดการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง แทนมอเตอร์เก่าที่ชำรุด หรือมอเตอร์เก่าที่ใช้งานมานานเกิน 10 ปี ซึ่งมีค่าซ่อมบำรุงสูงกว่าร้อยละ 65 ของราคามอเตอร์ใหม่
- การศึกษาแนวทางการป้องกันความร้อนผ่านกรอบอาคาร เช่น การติดตั้งฉนวนใยแก้วที่เพดานชั้นบนสุด และการติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังอาคารบริเวณที่เป็นกระจก เพื่อลดภาระของระบบปรับอากาศ



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2546). ระบบสารสนเทศเบื้องต้นเพื่อการจัดการด้านพลังงาน. กรุงเทพฯ: ลายเส้น ครีเอชั่น.

_____. (2549). คู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรมการจัดการพลังงานไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

_____. (2552). คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

วิทยานิพนธ์

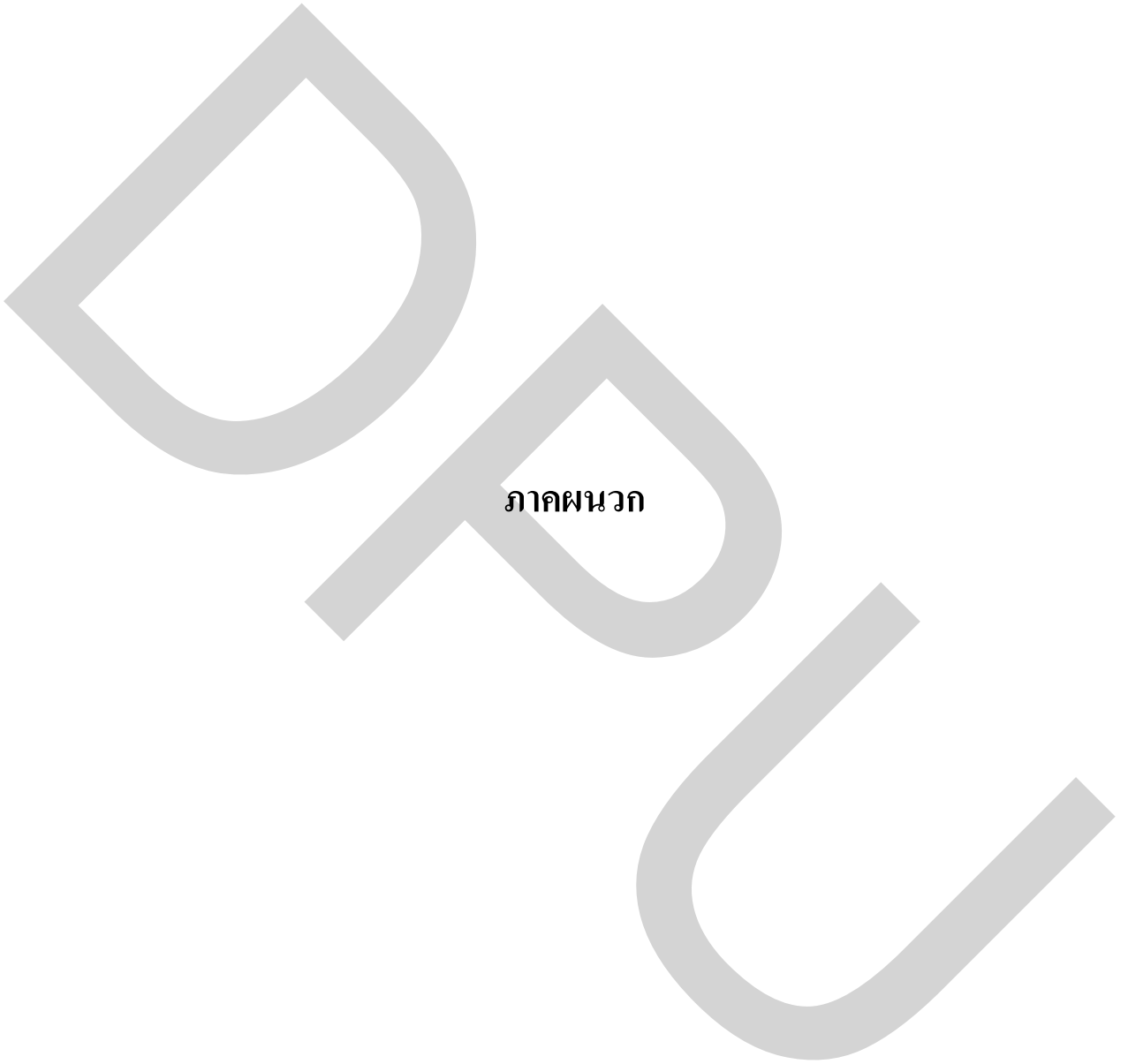
ซัชชัย จันทะลีลา. (2549). การศึกษาเพื่อหาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานพยาบาล กรณีศึกษาอาคารสิรินธร โรงพยาบาลขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปรีชา ศรีประภาคาร. (2546). การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วัชระ จำปาดิษฐ์. (2550). การพัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานในอาคารโรงแรมโดยวิธีแผนที่พลังงาน. สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีในอาคาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

สุรินทร์ จันทสุริยวิช. (2546). การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- สุวเดช แก้วช่วย. (2552). การจัดการพลังงานในอาคารหอสมุดสุรัตน์ โอสถานุเคราะห์ มหาวิทยาลัย
กรุงเทพ วิทยาเขตรังสิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการ
จัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- เสกสันต์ พันธุ์บุญมี. (2549). การจัดการพลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงพยาบาลเลิดสิน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
รายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งานของ
ระบบปรับอากาศ

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	พิกัด			แรงดัน (V)	กระแส (A)	PF. (0.85)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
			Tr	kW	Phase					
Chiller : CH										
1	ห้องเครื่องจักร	CH-1	230.00	159.00	3	380	244.94	0.85	10.00	1370.28
1	ห้องเครื่องจักร	CH-2	230.00	159.00	3	380	203.78	0.85	12.00	1368.02
1	ห้องเครื่องจักร	CH-3	230.00	159.00	3	380	237.40	0.85	12.00	1593.72
1	ห้องเครื่องจักร	CH-4	230.00	159.00	3	380	-	0.85	-	-
Chilled Water Pump : CHP										
1	ห้องเครื่องจักร	CHP-1	-	30.00	3	380	39.9	0.85	10.00	223.21
1	ห้องเครื่องจักร	CHP-2	-	30.00	3	380	40.27	0.85	12.00	270.34
1	ห้องเครื่องจักร	CHP-3	-	30.00	3	380	40.49	0.85	12.00	271.82
1	ห้องเครื่องจักร	CHP-4	-	30.00	3	380	-	0.85	-	-
Condenser Water Pump : CDP										
1	ห้องเครื่องจักร	CDP-1	-	18.50	3	380	30.17	0.85	10.00	168.78
1	ห้องเครื่องจักร	CDP-2	-	18.50	3	380	29.62	0.85	12.00	198.85
1	ห้องเครื่องจักร	CDP-3	-	18.50	3	380	30.14	0.85	12.00	202.34
1	ห้องเครื่องจักร	CDP-4	-	18.50	3	380	-	0.85	-	-

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ(ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	พิกัด		แรงดัน (V)	กระแส (A)	PF. (0.85)	ชั่วโมงใช้งาน (hour/day)	พลังงานไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
			Tr	kW					
Cooling Tower : CT									
Roof	ดาดฟ้า	CT-1	250.00	7.50	380	11.51	0.85	10.00	64.39
Roof	ดาดฟ้า	CT-2	250.00	7.50	380	11.33	0.85	12.00	76.06
Roof	ดาดฟ้า	CT-3	250.00	7.50	380	11.62	0.85	12.00	78.01
Roof	ดาดฟ้า	CT-4	250.00	7.50	380	-	0.85	-	-
Make Up Water Pump : MWP									
Roof	ดาดฟ้า	MWP-1	-	0.75	380	0.63	0.85	12.50	4.41
Roof	ดาดฟ้า	MWP-2	-	0.75	380	-	0.85	-	-
Air Handling Unit : AHU									
1	โถงพักคอย	AHU-G-01	22.23	4.10	380	7.42	0.85	9.50	39.43
1	ห้องอาหาร	AHU-G-02	56.00	11.20	380	10.80	0.85	11.00	66.46
1	โถงทางเข้า	AHU-G-03	6.14	1.10	380	2.18	0.85	9.50	11.59
2	โถงพักคอย	AHU-2-01	29.64	5.60	380	4.74	0.85	9.50	25.19
2	โถงพักคอย	AHU-2-02	41.19	7.50	380	7.56	0.85	9.50	40.18
2	หนังสือเดินทางบุคคลทั่วไป	AHU-2-03	47.75	11.20	380	11.12	0.85	11.25	69.99
2	หนังสือเดินทางชุดราชการ	AHU-2-04	33.60	5.60	380	5.59	0.85	11.25	35.18

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ(ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	พิกัด			แรงดัน (V)	กระแส (A)	PF. (0.85)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
			Tr	kW	Phase					
2	ส่วนบริการประชาชน	AHU-2-05	58.41	11.20	3	380	10.13	0.85	11.25	63.75
2	บริเวณเข็มนาฬิกา	AHU-2-06	46.47	11.20	3	380	9.79	0.85	11.25	61.61
2	ฝ่ายแก้ไขหนึ่งสี่เดินทาง	AHU-2-07	49.63	11.20	3	380	9.88	0.85	11.25	62.18
2	ฝ่ายจ่ายหนึ่งสี่เดินทาง	AHU-2-08	27.75	4.10	3	380	7.00	0.85	11.25	44.06
2	โถงพักคอย	AHU-2-09	47.75	11.20	3	380	13.08	0.85	9.50	69.52
2	โถงพักคอย	AHU-2-10	26.42	5.60	3	380	5.49	0.85	9.50	29.18
2	โถงพักคอย	AHU-2-11	39.36	7.50	3	380	8.56	0.85	9.50	45.49
2	โถงทางเข้า	AHU-2-12	25.11	5.60	3	380	5.63	0.85	9.50	29.92
3	ห้องศูนย์รวม	AHU-3-01	27.73	5.60	3	380	6.02	0.85	11.25	37.89
3	สำนักงานเลขานุการกรม	AHU-3-02	34.81	7.50	3	380	12.10	0.85	11.25	76.15
3	กองหนึ่งสี่เดินทาง	AHU-3-03	24.31	5.60	3	380	6.95	0.85	11.25	43.74
3	ฝ่ายอำนวยความสะดวก	AHU-3-04	29.54	5.60	3	380	5.59	0.85	11.25	35.18
3	กองตรวจลงตราฯ	AHU-3-05	34.72	7.50	3	380	9.40	0.85	11.25	59.16
3	ศูนย์ข้อมูล	AHU-3-06	22.29	5.60	3	380	6.76	0.85	11.25	42.55
3	ทางเดิน	AHU-3-07	23.49	5.60	3	380	7.02	0.85	9.50	37.31
3	ห้องสัมมนาการ	AHU-3-08	22.44	5.60	3	380	6.38	0.85	9.00	32.12

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ(ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	พิกัด			แรงดัน (V)	กระแส (A)	PF. (0.85)	ชั่วโมงใช้งาน (hour/day)	พลังงานไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
			Tr	kW	Phase					
3	กองบัญชาตติฯ/ศ.ป.ส.น.	AHU-3-09	36.33	7.50	3	380	9.00	11.25	56.64	
3	ส่วนบริการประชาชน	AHU-3-10	19.30	4.10	3	380	7.20	9.50	38.27	
Fan Coil Unit : FCU										
1	ห้องพักแม่บ้าน	FCU-G-01	3.22	0.37	1	220	2.34	9.00	3.94	
1	ห้องพักผ่อนงานขับรถ	FCU-G-02	2.64	0.37	1	220	2.40	9.00	4.04	
1	ห้องรับแขก	FCU-G-03	2.44	0.37	1	220	2.34	9.00	3.94	
1	ห้องรับแขก	FCU-G-04	1.70	0.25	1	220	1.96	9.00	3.30	
1	ห้องรับแขก	FCU-G-05	1.83	0.25	1	220	2.02	9.00	3.40	
1	ฝ่ายต่างประเทศฯ	FCU-G-06	4.30	2x0.25	1	220	2.87	9.00	4.83	
1	ห้องจัดตั้งหนังสือเดินทาง	FCU-G-07	1.58	0.25	1	220	1.96	9.00	3.30	
1	ฝ่ายอาคาร	FCU-G-08	2.46	0.25	1	220	2.02	9.00	3.40	
2	ฝ่ายตรวจสอบประวัติฯ	FCU-2-01	2.54	0.37	1	220	2.50	9.00	4.21	
2	ฝ่ายตรวจสอบประวัติฯ	FCU-2-02	4.00	2x0.25	1	220	2.87	9.00	4.83	
3	ห้องฝึกอบรม	FCU-3-01	7.63	0.55	1	220	3.03	9.00	5.10	
3	ห้องประชุม	FCU-3-02	4.97	2x0.37	1	220	3.40	9.00	5.72	
3	ห้องประชุม	FCU-3-03	3.74	2x0.25	1	220	2.60	9.00	4.38	

ตารางที่ ก.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ (ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	พิกัด			แรงดัน (V)	กระแส (A)	PF. (0.85)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kW/h/day)
			Tr	kW	Phase					
3	ห้องประชุม	FCU-3-04	3.68	2x0.25	1	220	2.66	0.85	9.00	4.48
3	ห้องประชุม	FCU-3-05	5.00	2x0.37	1	220	2.78	0.85	9.00	4.68
3	ห้องประชุม	FCU-3-06	2.82	0.37	1	220	2.23	0.85	9.00	3.75
3	ห้องประชุม	FCU-3-07	5.93	2x0.37	1	220	3.90	0.85	9.00	6.56
3	ห้องประชุม	FCU-3-08	2.82	0.37	1	220	2.28	0.85	9.00	3.84
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-09	4.00	2x0.25	1	220	2.34	0.85	9.00	3.94
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-10	3.86	2x0.25	1	220	2.44	0.85	9.00	4.11
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-11	3.00	0.37	1	220	2.23	0.85	9.00	3.75
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-12	5.67	0.55	1	220	3.08	0.85	9.00	5.18
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-13	5.50	0.55	1	220	2.50	0.85	9.00	4.21
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-14	3.16	2x0.25	1	220	2.28	0.85	9.00	3.84
3	ห้องสัมมนาการ	FCU-3-15	2.65	0.37	1	220	1.96	0.85	9.00	3.30

ตารางที่ ก.2 แสดงเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ

ลำดับ	รายละเอียด	ลำดับ	รายละเอียด
1.	 <p>เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ</p>	5.	 <p>ปั๊มเติมน้ำหล่อเลี้ยงน้ำ (Make up Water Pump) ชนิด Horizontal Split Case</p>
2.	 <p>ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ชนิด Horizontal Split Case</p>	6.	 <p>เครื่องส่งลมเย็นแบบตั้งพื้น (Air Handling Unit) ชนิดจ่ายปริมาณลมคง</p>
3.	 <p>ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ชนิด Horizontal Split Case</p>	7.	 <p>เครื่องส่งลมเย็นแบบแขวนเพดาน (Fan Coil Unit) ชนิดปรับปริมาณลม 3 ระดับ</p>
4.	 <p>หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) แบบระบบเปิด ชนิด Cross Flow</p>		

ภาคผนวก ข.
**รายละเอียดสถานที่ติดตั้ง ชนิด ขนาด และชั่วโมงการใช้งานของ
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง**

ตารางที่ ข.1 แสดงรายการอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน หลอด : โคม	จำนวน โคม	จำนวน หลอด	พิกัด กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า รวม (kW)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
1	ห้องควบคุม	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	3	6	46	0.276	24	6.624
1	ห้อง Chiller & Pump	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	33	66	46	3.036	1	3.036
1	ห้อง Transformer	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	10	20	46	0.92	1	0.92
1	ห้อง Generator	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	2	4	46	0.184	1	0.184
1	ห้อง Stock	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	6	12	46	0.552	9	4.968
1	ห้องฝ่ายบริหารอาคาร	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	6	12	46	0.552	9	4.968
1	ห้องเก็บพัสดุ	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	27	54	46	2.484	1	2.484
1	ห้องแม่บ้าน	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	9	18	46	0.828	9	7.452
1	ห้องพนักงานขับรถ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	6	12	46	0.552	9	4.968
1	ห้องรับแขก	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	4	8	46	0.368	9	3.312
1	ห้องจัดส่งหนังสือเดินทาง	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	2	4	46	0.184	9	1.656
1	ห้องอาหาร	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	77	154	46	7.084	9	63.756
		2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	3	6	46	0.276	9	2.484
		1 x 9W Low Pressure Mercury	1 : 1	22	22	13	0.286	9	2.574
1	ฝ่ายต่างประเทศฯ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	16	32	46	1.472	9	13.248

ตารางที่ ข.1 รายการอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน หลอด : โคม	จำนวน โคม	จำนวน หลอด	พิกัด กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า รวม (kW)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
1	ฝ้าต่างประเทศฯ	3 x 18W Fluorescent Reflector	3 : 1	1	3	28	0.084	9	0.756
1	ห้อง AHU	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	2	4	46	0.184	0.5	0.092
1	ห้องเก็บขยะ	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	4	8	46	0.368	0.5	0.184
1	โถงทางเดิน	1 x 9W Compact Flu. Reflector	1 : 1	179	179	13	2.327	24	55.848
1	โถงหน้าลิฟท์	3 x 18W Fluorescent Reflector	3 : 1	4	12	28	0.336	9	3.024
1	บันไดหนีไฟ	2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	13	26	24	0.624	24	14.976
1	ห้องน้ำ	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	8	16	46	0.736	12	8.832
		1 x 9W Compact Flu. Reflector	1 : 1	6	6	13	0.078	12	0.936
		2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	4	8	24	0.192	12	2.304
		1 x 36W Fluorescent	1 : 1	8	8	46	0.368	12	4.416
1	ลานจอดรถภายในอาคาร	1 x 36W Fluorescent	1 : 1	83	83	46	3.818	12	45.816
1	ลานจอดรถภายนอกอาคาร	1 x 125W High Pressure Sodium	1 : 1	16	16	135	2.16	12	25.92
1	ถนนรอบอาคาร	1 x 125W High Pressure Sodium	1 : 1	22	22	135	2.97	12	35.64
1	Ramp	1 x 18W Low Pressure Sodium	1 : 1	24	24	28	0.672	12	8.064
1	สนามหญ้า	1 x 18W Compact Flu.	1 : 1	10	10	24	0.24	12	2.88

ตารางที่ ข.1 รายการอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน หลอด : โคม	จำนวน โคม	จำนวน หลอด	พิกัด กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า รวม (kW)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
1	ไฟส่องอาคาร	1 x 1000W Metal Halide	1 : 1	8	8	1010	8.08	-	-
2	หนังสือเดินทางบุคคลทั่วไป	2 x 36W Fluorescent Reflector 1 x 50W Halogen	2 : 1 1 : 1	224 30	448 30	46 50	20.608 1.5	9 9	185.472 13.5
2	หนังสือเดินทางชุด/ราชการ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	71	142	46	6.532	9	58.788
2	ฝ่ายแก้ไขหนังสือเดินทาง	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	27	54	46	2.484	9	22.356
2	ฝ่ายตรวจสอบประวัติฯ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	28	56	46	2.576	9	23.184
2	ฝ่ายถ่ายเล่ม	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	29	58	46	2.668	9	24.012
2	โถงทางเดิน	2 x 36W Fluorescent Reflector 1 x 9W Compact Flu. Reflector 1 x 50W Halogen	2 : 1 1 : 1 1 : 1	187 63 30	374 63 30	46 13 50	17.204 0.819 1.5	9 24 9	154.836 19.656 13.5
2	ห้อง AHU	1 x 1000W High Pressure Mercury 2 x 36W Fluorescent (แบบมีปีก)	1 : 1 2 : 1	6 22	6 44	1010 46	6.06 2.024	9 0.5	54.54 1.012
2	บันไดหนีไฟ	2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	20	40	24	0.96	24	23.04
2	ห้องน้ำ	2 x 36W Fluorescent Reflector 1 x 9W Compact Flu. Reflector	2 : 1 1 : 1	16 2	32 2	46 13	1.472 0.026	12 12	17.664 0.312









ตารางที่ ข.1 รายการอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน หลอด : โคม	จำนวน โคม	จำนวน หลอด	พิกัด กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า รวม (kW)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
2	ห้องน้ำ	1 x 36W Fluorescent	1 : 1	25	25	46	1.15	12	13.8
3	กองคุ้มครองฯ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	59	118	46	5.428	9	48.852
3	สำนักงานเลขานุการกรม	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	63	126	46	5.796	9	52.164
		1 x 36W Fluorescent Reflector	1 : 1	12	12	46	0.552	9	4.968
		2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	4	8	24	0.192	9	1.728
3	กองหนังสือเดินทาง	1 x 9W Compact Flu. Reflector	1 : 1	25	25	13	0.325	9	2.925
		2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	103	206	46	9.476	9	85.284
3	ฝ่ายอำนวยความสะดวก	2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	1	2	24	0.048	9	0.432
		2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	39	78	46	3.588	9	32.292
3	กองตรวจลงตราฯ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	70	140	46	6.44	9	57.96
3	ศูนย์ข้อมูล	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	92	184	46	8.464	9	76.176
3	ห้อง Panty	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	7	14	46	0.644	9	5.796
		2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	1	2	24	0.048	9	0.432
3	ห้องประชุม	1 x 9W Compact Flu. Reflector	1 : 1	21	21	13	0.273	9	2.457
		2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	36	72	24	1.728	9	15.552

ตารางที่ ข.1 รายการอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (ต่อ)

ชั้น	สถานที่	รายการอุปกรณ์	จำนวน หลอด : โคม	จำนวน โคม	จำนวน หลอด	พิกัด กำลังไฟฟ้า (W)	กำลังไฟฟ้า รวม (kW)	ชั่วโมง ใช้งาน (hour/day)	พลังงาน ไฟฟ้า/วัน (kWh/day)
3	ห้องประชุม	1 x 18W Fluorescent	1 : 1	8	8	28	0.224	9	2.016
		1 x 36W Fluorescent	1 : 1	30	30	46	1.38	9	12.42
3	ห้องสัมมนาการ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	91	182	46	8.372	9	75.348
		2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	4	8	24	0.192	9	1.728
3	กองบัญชาการ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	45	90	46	4.14	9	37.26
3	ศ.ป.ค.น.	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	57	114	46	5.244	9	47.196
3	ทางเดิน	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	35	70	46	3.22	9	28.98
		1 x 9W Compact Flu. Reflector	1 : 1	110	110	13	1.43	24	34.32
3	ห้อง AHU	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	32	64	46	2.944	0.5	1.472
3	บันไดหนีไฟ	2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	26	52	24	1.248	24	29.952
3	ห้องน้ำ	2 x 36W Fluorescent Reflector	2 : 1	14	28	46	1.288	12	15.456
		1 x 36W Fluorescent	1 : 1	10	10	46	0.46	12	5.52
Roof	ห้องเครื่องจักร	2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	2 : 1	2	4	46	0.184	1	0.184
Roof	บันไดหนีไฟ	2 x 18W Compact Flu. Reflector	2 : 1	12	24	24	0.576	24	13.824

ตารางที่ ข.2 แสดงชนิดหลอดไฟในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ชนิด	รายละเอียด	ชนิด	รายละเอียด
1.	 2 x 36W Fluorescent แบบมีปีก	6.	 1 x 36W Fluorescent
2.	 2 x 36W Fluorescent Reflector	7.	 1 x 125W High Pressure Sodium
3.	 3 x 18W Fluorescent Reflector	8.	 1 x 50W Halogen
4.	 2 x 18W Compact Flu. Reflector	9.	 1 x 1000W Metal Halide
5.	 1 x 9W Compact Flu. Reflector	10.	 1 x 1000W High Pressure Mercury



ภาคผนวก ค.

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

การคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อปี 3,337,000 kWh/year

ระบบปรับอากาศมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,722,906.59 kWh/year

คิดเป็นสัดส่วน = $(1,722,906.59 / 3,337,000) \times 100$

= 51.63 เปอร์เซ็นต์

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 397,813.88 kWh/year

คิดเป็นสัดส่วน = $(397,813.88 / 3,337,000) \times 100$

= 11.92 เปอร์เซ็นต์

ระบบอื่นๆ = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี - ระบบปรับอากาศ - ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

= $3,337,000 - 1,722,906.59 - 397,813.88$

= 1,216,279.53 kWh/year

คิดเป็นสัดส่วน = $(1,216,279.53 / 3,337,000) \times 100$

= 36.44 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ ค.1 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระหว่าง พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2553

เดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)		
	ปี พ.ศ. 2551	ปี พ.ศ. 2552	ปี พ.ศ. 2553
มกราคม	230,000	238,000	282,000
กุมภาพันธ์	252,000	262,000	267,000
มีนาคม	282,000	292,000	296,000
เมษายน	260,000	264,000	266,000
พฤษภาคม	266,000	272,000	273,000
มิถุนายน	270,000	284,000	285,000
กรกฎาคม	260,000	262,000	263,000
สิงหาคม	264,000	272,000	280,000
กันยายน	264,000	272,000	290,000
ตุลาคม	286,000	314,000	301,000
พฤศจิกายน	262,000	252,000	274,000
ธันวาคม	248,000	266,000	260,000
รวม	3,144,000	3,250,000	3,337,000
เฉลี่ย / เดือน	262,000	270,833	278,083

ภาคผนวก ง.

การคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าและความสามารถในการทำความเย็น
ของเครื่องทำน้ำเย็น

ก่อนปรับปรุง

CH-1

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 244.94 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,262 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 11.11 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.66 °C

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\ &= (\sqrt{3} \times 380 \times 244.94 \times 0.85) / 1000 \\ &= 137.03 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\ &= (2,262 \times (11.11 - 7.66)) / 50.40 \\ &= 154.84 \quad \text{Tr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 137.03 / 154.84 \\ &= 0.885 \quad \text{kW/Tr} \end{aligned}$$

CH-2

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 203.78 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,243 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 10.72 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.55 °C

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\ &= (\sqrt{3} \times 380 \times 203.78 \times 0.85) / 1000 \\ &= 114 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\ &= (2,243 \times (10.72 - 7.55)) / 50.40 \\ &= 141.07 \quad \text{Tr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 114 / 141.07 \\ &= 0.808 \quad \text{kW/Tr} \end{aligned}$$

CH-3

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 237.40 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,255 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 10.61 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.22 °C

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\
 &= (\sqrt{3} \times 380 \times 237.40 \times 0.85) / 1000 \\
 &= 132.81 \quad \text{kW} \\
 \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\
 &= (2,255 \times (10.61 - 7.22)) / 50.40 \\
 &= 151.68 \quad \text{Tr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 132.81 / 151.68 \\
 &= 0.875 \quad \text{kW/Tr}
 \end{aligned}$$

CH-4

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 206.65 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,297 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 11.22 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 8.11 °C

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\
 &= (\sqrt{3} \times 380 \times 206.65 \times 0.85) / 1000 \\
 &= 115.61 \quad \text{kW} \\
 \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\
 &= (2,297 \times (11.22 - 8.11)) / 50.40 \\
 &= 141.74 \quad \text{Tr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 115.61 / 141.74 \\
 &= 0.815 \quad \text{kW/Tr}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ง.1 แสดงสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง

เครื่องทำ น้ำเย็น	กระแส ไฟฟ้าเฉลี่ย (A)	พลังงาน ไฟฟ้า (kW)	ส่วนทำน้ำเย็น			ความสามารถ ในการทำ ความเย็น (Tr)	สมรรถนะ เครื่องทำ น้ำเย็น (kW/Tr)
			อัตราการไหล (l/m)	อุณหภูมิน้ำ เย็นไหลเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำ เย็นไหลออก (°C)		
CH-1	244.94	137.03	2,262	11.11	7.66	154.84	0.885
CH-2	203.78	114	2,243	10.72	7.55	141.07	0.808
CH-3	237.40	132.81	2,255	10.61	7.22	151.68	0.875
CH-4	206.65	115.61	2,297	11.22	8.11	141.74	0.815

หลังปรับปรุง

CH-1

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 197.19 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,265 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 11.05 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.60 °C

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\ &= (\sqrt{3} \times 380 \times 197.19 \times 0.85) / 1000 \\ &= 110.32 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\ &= (2,265 \times (11.05 - 7.60)) / 50.40 \\ &= 155.04 \quad \text{Tr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 110.32 / 155.04 \\ &= 0.711 \quad \text{kW/Tr} \end{aligned}$$

CH-2

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 182.55 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,246 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 10.75 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.56 °C

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\
 &= (\sqrt{3} \times 380 \times 182.55 \times 0.85) / 1000 \\
 &= 102.12 \quad \text{kW} \\
 \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\
 &= (2,246 \times (10.75 - 7.56)) / 50.40 \\
 &= 142.15 \quad \text{Tr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 102.12 / 142.15 \\
 &= 0.718 \quad \text{kW/Tr}
 \end{aligned}$$

CH-3

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 196.41 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,257 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 10.90 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.45 °C

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\
 &= (\sqrt{3} \times 380 \times 196.41 \times 0.85) / 1000 \\
 &= 109.87 \quad \text{kW} \\
 \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\
 &= (2,257 \times (10.90 - 7.45)) / 50.40 \\
 &= 154.49 \quad \text{Tr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 109.87 / 154.49 \\
 &= 0.711 \quad \text{kW/Tr}
 \end{aligned}$$

CH-4

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 185.19 A

ปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องทำน้ำเย็น 2,295 l/m

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำเย็น 10.86 °C

อุณหภูมิน้ำเย็นที่ไหลจากเครื่องทำน้ำเย็น 7.70 °C

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้} &= (\sqrt{3} VI \cos \theta) / 1000 \\
 &= (\sqrt{3} \times 380 \times 170.58 \times 0.85) / 1000 \\
 &= 103.60 \quad \text{kW} \\
 \text{ปริมาณความเย็นที่ทำได้} &= (F \times \Delta T) / 50.40 \\
 &= (2,295 \times (10.86 - 7.70)) / 50.40 \\
 &= 143.89 \quad \text{Tr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันความเย็น} &= 103.60 / 143.89 \\
 &= 0.720 \quad \text{kW/Tr}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ง.2 แสดงสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็นหลังปรับปรุง

เครื่องทำน้ำเย็น	กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (A)	พลังงานไฟฟ้า (kW)	ส่วนทำน้ำเย็น			ความสามารถในการทำความเย็น (Tr)	สมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น (kW/Tr)
			อัตราการไหล (l/m)	อุณหภูมิน้ำเย็นไหลเข้า (°C)	อุณหภูมิน้ำเย็นไหลออก (°C)		
CH-1	197.19	110.32	2,265	11.05	7.60	155.04	0.711
CH-2	182.55	102.12	2,246	10.75	7.56	142.15	0.718
CH-3	196.41	109.87	2,257	10.90	7.45	154.49	0.711
CH-4	185.19	103.60	2,295	10.86	7.70	143.89	0.720

ภาคผนวก จ.
**การคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าของค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด
ที่ติดตั้งในอาคาร**

ผลรวมค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดและผลรวมค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งใน

อาคารเท่ากับ 165.836×10^3 W

พื้นที่ใช้งานรวมของอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถเท่ากับ 17,412 m²

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้ง = $165.836 \times 10^3 / 17,412$

= 9.524 W/m²

ภาคผนวก ฉ.

การกำหนดมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน

- 1. มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น**
- 2. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น**
- 3. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั้มน้ำในระบบปรับอากาศ
และห้องพื้งน้ำ**
- 4. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น**
- 5. มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5**
- 6. มาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพค
ฟลูออเรสเซนต์**

ฉ.1. มาตรการปรับปรุงค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น

CH-1

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานลดลง	=	26.71	kW
ชั่วโมงการใช้งาน	=	10	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	26.71 x 10	
	=	267.10	kWh/day

CH-2

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานลดลง	=	11.88	kW
ชั่วโมงการใช้งาน	=	12	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	11.88 x 12	
	=	142.56	kWh/day

CH-3

กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานลดลง	=	22.94	kW
ชั่วโมงการใช้งาน	=	12	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	132.81 x 3	
	=	275.28	kWh/day

รวม

	=	267.10 + 142.56 + 275.28	
	=	684.94	kWh/day

จำนวนวันทำงาน = 241 วัน

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	684.94 x 241	
	=	165,070.54	kWh/year

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.28 บาท/kWh

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	165,070.54 x 3.28	
	=	541,431.37	บาท/year

เงินลงทุน = 25,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 25,000 / 541,431.37

= 0.04 ปี

จ2. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น

CH-1

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	137.03	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	2	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	137.03×2	
	=	274.06	kWh/day

CH-2

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	144	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	144×3	
	=	342	kWh/day

CH-3

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	132.81	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	132.81×3	
	=	398.43	kWh/day

รวม

	=	$274.06 + 342 + 398.43$	
	=	1,014.49	kWh/day
จำนวนวันทำงาน	=	241	วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$1,014.49 \times 241$	
	=	224,492.09	kWh/year
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.28	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$224,492.09 \times 3.28$	
	=	801,934.06	บาท/year

จ3. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำในระบบปรับอากาศ และหอผึ่งน้ำ

CHP-1

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	22.23	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	2	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	22.23×2	
	=	44.64	kWh/day

CHP-2

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	22.53	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	22.53×3	
	=	67.59	kWh/day

CHP-3

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	22.65	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	22.65×3	
	=	67.95	kWh/day

CDP-1

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	16.87	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	2	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	16.87×2	
	=	33.74	kWh/day

CDP-2

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	16.57	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	16.57×3	
	=	49.71	kWh/day

CDP-3

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	16.86	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	16.86×3	

	=	50.58	kWh/day
MWP-1			
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	0.35	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3.5	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	0.35 x 3	
	=	1.23	kWh/day
CT-1			
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	6.44	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	2	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	6.44 x 2	
	=	12.88	kWh/day
CT-2			
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	6.34	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	6.34 x 3	
	=	19.02	kWh/day
CT-3			
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	6.5	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	3	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	6.5 x 3	
	=	19.5	kWh/day
รวม	=	44.64 + 67.59 + 67.95 + 33.74 + 49.71 + 50.58 + 1.23 + 12.88 + 19.02 + 19.5	
	=	366.84	kWh/day
จำนวนวันทำงาน	=	241	วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	366.84 x 241	
	=	88,408.44	kWh/year
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.28	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	88,408.44 x 3.28	
	=	289,979.68	บาท/year

ฉ.4. มาตรการลดชั่วโมงการทำงานขอเครื่องส่งลมเย็น

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 3 ใช้งานในพื้นที่ห้องอาหาร

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	6.04	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	1.5	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	6.04 x 1.5	
	=	9.06	kWh/day

เครื่องส่งลมเย็น กลุ่มที่ 4 ใช้งานในพื้นที่สำนักงานมีประชาชนมาติดต่อ

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	61.16	kW
ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	2.25	ชั่วโมงต่อวัน
พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	61.16 x 2.25	
	=	137.61	kWh/day

รวม

	=	9.06 + 137.61	
	=	146.67	kWh/day

จำนวนวันทำงาน	=	241	วัน
---------------	---	-----	-----

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	146.67 x 241	
	=	35,347.47	kWh/year

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.28	บาท/kWh
----------------	---	------	---------

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	35,347.47 x 3.28	
	=	115,939.70	บาท/year

ฉ.5. มาตรการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 เป็น T5

ข้อมูลจากภาคผนวก ข. หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 3,230 ชุด

- ก่อนปรับปรุง หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 10 วัตต์ต่อตัว

กำลังไฟฟ้ารวม	=	36 + 10	W
	=	46	วัตต์ต่อชุด
จำนวนหลอดไฟ	=	3,230	ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	46 x 3,230	
	=	148.58	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	1,267.85	kWh/day

- หลังปรับปรุง เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 28 W ชนิด T5 ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 1 วัตต์ต่อตัว

กำลังไฟฟ้ารวม	=	28 + 1	W
	=	29	วัตต์ต่อชุด
จำนวนหลอดไฟ	=	3,230	ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	29 x 3,230	
	=	93.67	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	799.29	kWh/day
ผลการประหยัด	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง – พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	1,267.85 - 799.29	
	=	468.55	kWh/day
จำนวนวันทำงาน	=	241	วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	468.55 x 241	
	=	112,921.51	kWh/year
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.28	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	112,921.51 x 3.28	
	=	370,382.57	บาท/year
เงินลงทุน	=	1,382,400	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	1,382,400 / 370,382.57	
	=	3.37	ปี

ฉ.6. มาตรการเปลี่ยนหลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

ข้อมูลจากภาคผนวก ข. หลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 125 W จำนวน 38 ชุด

- ก่อนปรับปรุง โซเดียมความดันสูง ขนาด 125 W ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีกำลังสูญเสีย 10 วัตต์ต่อตัว

กำลังไฟฟ้ารวม	=	125 + 10	W
	=	135	วัตต์ต่อชุด
จำนวนหลอดไฟ	=	38	ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	38 x 135	
	=	5.13	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	61.56	kWh/day

- หลังปรับปรุง เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 W แบบมีบัลลาสต์ภายใน

กำลังไฟฟ้ารวม	=	18	วัตต์ต่อชุด
จำนวนหลอดไฟ	=	38	ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	38 x 18	
	=	0.684	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	8.208	kWh/day
ผลการประหยัด	=	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง – พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง	
	=	61.56 - 8.208	
	=	53.352	kWh/day
จำนวนวันทำงาน	=	241	วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	53.352 x 241	
	=	12,857.83	kWh/year
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.28	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	12,857.83 x 3.28	
	=	42,173.69	บาท/year
เงินลงทุน	=	6,080	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	6,080 / 42,173.69	
	=	1.45	ปี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล

นายชลวิทย์ เฟือกผาสุข

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีที่สำเร็จการศึกษา พ.ศ. 2543

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

บริษัท วินเทจ วิศวกรรม จำกัด

ตำแหน่ง

ผู้จัดการ โครงการ หน่วยงาน บ้านวิทยาศาสตร์สิรินธร

ประสบการณ์

ผู้รับผิดชอบพลังงาน