การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร
กรณีศึกษา : บมจ. ธนาคารกรุงไทย สาขาหนองมน

นายกวิส สกุลเขมฤทัย
นายสิทธิฤกษ์ เอกวิชกุล
นายวชิรนันท์ แก้วระคน

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

โครงงานทางวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีการศึกษา 2546

THE INSPECTION AND ANALYSIS FOR ENERGY CONSUMPTION IN THE BUILDING

CASE STUDY : BRANCH OF KRUNGTHAI BANK AT NONGMON

Mr.Kavit Sakulkhaemaruethai

Mr.Sittirerk Eakwitchakul

Mr.Wachiranunt Kaewrakon

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

An Engineering Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Bachelor of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Burapha University

2003

หัวข้อโครงงานวิศวกรรม	การตรวจและวิเคราะห์พลังงานในอาคาร
โดย	นายกวิส สกุลเขมฤทัย
	นายสิทธิฤกษ์ เอกวิชกุล
	นายวชิรนันท์ แก้วระคน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มัณฑนา รังสิโยภาส
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2546

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้นับโครงงานวิศวกรรมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(อาจารย์ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์มัณฑนา รังสิโยภาส)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์มัณฑนา รังสิโยภาส)

.....กรรมการ
(อาจารย์ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ)

.....กรรมการ
(อาจารย์อุทัย ประสพชิงชนะ)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทคัดย่อ

กวิส สกุลเขมฤทัย สิทธิฤกษ์ เอกวิชกุล และวชิรนันท์ แก้วระคน : การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร (The Inspection and Analysis for Energy Consumption in The Building) : กรณีศึกษาธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมน อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์มัณฑนา รังสิโยภาส, 120 หน้า

โครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร กรณีศึกษาธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมน โดยการดำเนินงานจะแบ่งเป็น 3 ระบบหลักคือระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เริ่มต้นจากการศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องมือวัดต่างๆ แล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 ระบบ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อประเมินหาศักยภาพในการประหยัดพลังงาน และมีจะมีการใช้โปรแกรม OTTV 1.0a ช่วยในการคำนวณค่าส่งผ่านความร้อนของอาคาร จากการประเมินพบว่า ระบบปรับอากาศมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด รองลงมาคือ ระบบแสงสว่าง และระบบไฟฟ้าตามลำดับ โดยสังเกตได้จากสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารซึ่งระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ดังนั้นจึงมุ่งเน้นที่จะหามาตรการการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ ทั้งนี้ในระบบไฟฟ้า และระบบแสงสว่างก็สามารถดำเนินการประหยัดได้แต่มีเปอร์เซ็นต์ที่น้อยกว่าโดยสรุปธนาคารกรุงไทยสามารถประหยัดพลังงานได้โดยมีมาตรการต่างๆ ดังนี้

1. การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	3,067.63 kWh/ปี	คิดเป็น 2.77%
2. การปรับลดแรงดันไฟฟ้า	300.47 kWh/ปี	คิดเป็น 0.27%
3. การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก	4,931.04 kWh/ปี	คิดเป็น 4.45%
4. การปรับตั้งอุณหภูมิใช้งานให้เหมาะสม	12,755.41 kWh/ปี	คิดเป็น 11.50%
5. ลดปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศ	12,276.00 kWh/ปี	คิดเป็น 11.07%
6. การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน	1,690.08 kWh/ปี	คิดเป็น 1.52%
รวม	35,020.63 kWh/ปี	คิดเป็น 31.57%

จะเห็นได้ว่าถ้าสามารถปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารจะส่งผลให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยกรณีศึกษานี้สามารถนำไปเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานกับอาคารอื่นๆ ได้

คำสำคัญ : การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารเบื้องต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

Abstract

Mr.Kavit Sakulkhaemaruethai, Mr.Sittirerk Eakwitchakul and Mr.Wachiranunt Kaewrakon : The Inspection and Analysis for Energy Consumption in The Building : Case study, Branch of Krungthai Bank at Nongmon. Thesis Adviser : Manthana rungsiyopas, 120 page.

The aims of the mechanical engineering project are to inspect and to analyze the energy potential in the building, and to find the way of adjustment of the energy for decrease the energy in the building. This way to conserve the energy in the natural. Consequently, it give highly profits. Firstly, the process is to keep the data of the energy such as power, light and air condition consumption by inspecting and analyzing energy equipment, we use OTTV 1.0a software as a tool to calculate the total energy consumption (Thermal transfer value). In this case study, Branch of Krungthai Bank at Nongmon consumes the highest energy of air condition systems which is approximate 110,923.46 kWh/yr or 67.04% of overall energy, expenses 366,556.38 baht/yr. After analyzing and advising these problems of the energy can be decrease the expenses by 117,669.32 baht/yr. The energy consumption can be saved 35,020.63 kWh/yr approximately or 31.57% of the overall energy. Therefore, the energy can be decreased and it can be said that its technique provides a highest energy saving for this building. Moreover, this study can be applied to other buildings in the future.

Key Word : Energy audit

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานทางวิศวกรรมเครื่องกลครั้งนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมน คุณบุญส่ง จิตรารัชต์ ผู้จัดการธนาคารกรุงไทย และคุณพักตรพิมล คณะวรรณ ผู้ช่วยสมุห์บัญชีธนาคารกรุงไทย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มัณฑนา รังสิโยภาส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทางวิศวกรรม ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนการตรวจทานแก้ไขต้นฉบับของโครงงานทางวิศวกรรมด้วยดีตลอดมา ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานทางวิศวกรรมในครั้งนี้

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำโครงงานทางวิศวกรรมขอขอบพระคุณ คุณเพชร รักถนอม ช่างเทคนิคภาควิชาเคมี ที่ได้ให้ความกรุณาในการช่วยแนะนำในการใช้เครื่องมือด้านไฟฟ้า

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำโครงงานทางวิศวกรรม ใคร่ของกราบขอบพระคุณบุพการีและครอบครัวของคณะผู้จัดทำโครงงานทางวิศวกรรมและเพื่อนๆ นิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยให้กำลังใจแก่คณะผู้จัดทำโครงงานทางวิศวกรรมเสมอมา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขต	1
1.4 แผนการดำเนินงานและขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ระบบไฟฟ้า	4
2.2 ระบบแสงสว่าง	14
2.3 ระบบปรับอากาศ	26
2.4 การวิเคราะห์ทางการเงิน	37
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	39
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	39
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	42

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 44

4.1 ระบบไฟฟ้า 45

4.2 ระบบแสงสว่าง 51

4.3 ระบบปรับอากาศ 55

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 60

5.1 สรุปผล 60

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมด้านการประหยัดพลังงาน 62

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 65

บรรณานุกรม 66

ภาคผนวก

ก.ข้อมูลการสำรวจและการตรวจวัด 67

ข.ตัวอย่างการคำนวณ 96

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงตารางการดำเนินงาน 2

2.1 แสดงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงกับหม้อแปลงธรรมดาที่พิกัด 8

2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทอาคารและพลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด 14

2.3 แสดงค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่าง 15

2.4 แสดงโคมไฟสำหรับติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารควบคุม 18

2.5 แสดงคุณสมบัติการใช้งานของหลอดไฟชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอาคารควบคุม 20

2.6 แสดงคุณสมบัติการใช้งานของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอาคารควบคุม 22

2.7 แสดงมาตรฐานสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ 29

2.8 แสดงค่าของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2535 30

2.9 แสดงค่าความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของคนในกิจกรรมต่าง ๆ 32

4.1 แสดงผลการคำนวณ Load Factor 48

4.2 แสดงผลการปรับปรุงค่า Load Factor 49

4.3 ตารางแสดงค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังในทิศต่างๆ 55

4.4 ตารางเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านความร้อนจากการตรวจวัดกับค่าตามกฎกระทรวง 56

4.5 แสดงการข้อมูลของบริเวณที่ทำการปรับอากาศเพื่อเลือกใช้เครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม 57

5.1 แสดงผลประหยัดหลังจากการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร 60

5.2 ผลการลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน 61

ก.1 แสดงรายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้า 68

ก.2 แสดงการตรวจวัดค่าเมนย่อยของหม้อแปลง TR_1 70

ก.3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า 71

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ หน้า

ก.4 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ บมจ.ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมน ในช่วงเดือนธันวาคม2545 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546 72

ก.5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของ บมจ.ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมน ในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 74

ก.6 แสดงรายละเอียดการตรวจวัดและแบบการติดตั้ง 80

ก.7 แสดงรายละเอียดการตรวจวัดความสว่าง 83

ก.8 แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก 84

ก.9 แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก 88

ก.10. แสดงผลของส่วนการปรับอากาศ 92

ก.11. แสดงผลของส่วนการปรับอากาศ 95

ข.1 แสดงค่าของทิศ,ชนิดของผนังและพื้นที่ผนังทึบ 105

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
	2.1 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	6
	2.2 คุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้า	7
	2.3 ประสิทธิภาพและเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่โหลดต่างๆ	10
	2.4 แสดงกราฟเพาเวอร์แฟกเตอร์	11
	2.5 แสดงการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอัด	27
	2.6 แสดงไซโครเมตริกชาร์ทอ้างอิงจากชาร์ทของ ASHRAE	28
	3.1 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลม	39
	3.2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น	40
	3.3 แสดง Digital Clamp-on Tester	40
	3.4 แสดง Light Meter	41
	4.1 แสดงแผนภูมิการใช้พลังงานในอาคาร	44
	4.2 แสดงกราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า,ความต้องการไฟฟ้า,Load Factor และ ค่าไฟฟ้ารวมของ บมจ. ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมน	45
	4.3 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (kW) กับช่วงเวลาที่เก็บ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ.2546	46
	4.4 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าตัวประกอบกำลัง กับช่วงเวลาที่เก็บ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ.2546	47
	4.5 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า (kW) พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี) และ ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี) ก่อนและหลังปรับปรุงในระบบแสงสว่าง	54
	4.6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการจ่ายลม	59
	ก.1 แสดง Single Line Diagram	69

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
B	บาท/ปี	เงินที่ประหยัดได้
A	m^2	พื้นที่ของกรอบอาคาร
A_i	m^2	พื้นที่ของผนังที่ต้องการทำการปรับอากาศ
Btu / hr	บีทียูต่อชั่วโมง	ความสามารถการทำความเย็นต่อชั่วโมง
cfm	คิวบิคฟุตต่อนาที	ปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่บริเวณปรับอากาศ
ChP	kW/ตันทำความเย็น	ค่าสมรรถนะของส่วนทำความเย็น
CLF_H	-	แฟกเตอร์โหลดความร้อนของคน
CLF_p	-	แฟกเตอร์โหลดความร้อนของหลอดไฟ
CMM_{oa}	m^3/minute	ปริมาณลมที่พัดผ่านรอยรั่วซึม
CMM_{oa}	m^3/minute	ปริมาณของอากาศภายนอก เป็นผลรวมของอากาศนอกระบบรวมกับค่าของอากาศรั่วไหล
COP	-	ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance)
dT	°C	ผลต่างของอุณหภูมิของอากาศที่ส่งออกและอุณหภูมิของลมกลับ
E_1	-	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา
E_2	-	ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
E_A	kWh/ปี	พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง
E_B	kWh/ปี	พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง
EER	-	ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Energy Efficiency Ratio)
E_R	kWh/ปี	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
F_b	-	แฟกเตอร์ของบัลลาสต์ หลอดธรรมดามีค่า 1.0 หลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่า 1.25
h_i	kJ/kg	เอนทัลปี เนื่องจากความร้อนแฝง
h_{oa}	kJ/kg	เอนทัลปีของอากาศภายนอก
HP	hp	กำลังม้าของมอเตอร์
h_{rm}	kJ/kg	เอนทัลปีของอากาศภายในอาคาร
h_s	kJ/kg	เอนทัลปี เนื่องจากความร้อนสัมผัส
i	%	อัตราดอกเบี้ยต่อปี (Interest Rate)
FIRR	-	อัตราผลตอบแทนภายใน
kW	กิโลวัตต์	กำลังไฟฟ้าของส่วนที่ใช้ของส่วนที่ทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด
m	โคม	จำนวนหลอดต่อโคม
M	บาท	ค่าไฟ
n	หลอด	จำนวนหลอด
N	ปี	อายุของโครงการ
NPV	-	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
$OTTV_i$	W/m^2	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่ต้องการพิจารณา
P	บาท	มูลค่าในปัจจุบัน (Present Value)
P_B	W	กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์
PF	-	ตัวประกอบกำลัง
P_L	W	กำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอด
P_T	W	กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม
q_s	W	โหลดเนื่องจากความร้อนสัมผัส
q_t	W	โหลดทำความเย็นของห้องปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
$RTTV_i$	W/m^2	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาที่ต้องการพิจารณา
SC	-	สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก เป็นอัตราส่วนของรังสีความร้อนผ่านกระจก
SF	-	ค่าตัวประกอบรังสีแสงอาทิตย์ (ค่าเฉลี่ยของฟลักซ์การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ต่อปี)
SRR	-	อัตราส่วนของพื้นที่ส่วนโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนนั้น
TD_{eq}	^oC	ผลต่างของอุณหภูมิผนังทึบภายนอกและภายในอาคาร รวมถึงการดูดซึมความร้อนของผนังด้วย
TON	ตันทำความเย็น	ความสามารถในการทำความเย็นที่ภาวะเต็มพิกัด
u	%	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน
U	$W/m^2{}^oC$	อัตราส่วนของการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคาร
U_f	$W/m^2{}^oC$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมกระจก
U_r	$W/m^2{}^oC$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ
U_s	$W/m^2{}^oC$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วนโปรงแสง
U_w	$W/m^2{}^oC$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ
W_{dy}	วัน/ปี	การใช้งาน (วัน/ปี)
W_{hd}	ชั่วโมง/วัน	การใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)
WWR	-	อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังที่พิจารณา
ΔT	^oC	ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายนอกและภายในอาคาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา การประหยัดพลังงาน ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งจากภาครัฐและเอกชน กล่าวคือ เจ้าของอาคารและเจ้าของโรงงานมีการตื่นตัวที่จะดำเนินการประหยัดพลังงานในองค์กรอย่างจริงจัง ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น วิชาที่เกี่ยวกับพลังงานได้มีการบรรจุในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต และมหาบัณฑิตของสถาบันการศึกษาหลายแห่ง รวมถึงการมีผลบังคับใช้ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารเพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานและใช้ให้เกิดประโยชน์สูงที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงานในอาคารพาณิชย์ที่มีผลทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น
2. เพื่อเผยแพร่วิชาชีพในด้านการช่วยประหยัดพลังงานให้แพร่หลายมากขึ้น
3. เพื่อพัฒนาความคิด และความเข้าใจในกระบวนการและเทคนิคการประหยัดพลังงาน
4. เพื่อที่จะสามารถนำเทคนิคไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิผลและทำงานให้เป็นระบบ

1.3 ขอบเขต

กระทำการศึกษา วิเคราะห์ผลและปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารพาณิชย์ที่มีโหลดไม่เกิน 1,125 กิโลโวลต์แอมป์หรือหม้อแปลงขนาดไม่เกิน 1,000 กิโลวัตต์การใช้พลังงานในแต่ละปีไม่ต่ำกว่า 200,000 หน่วย หรือการใช้พลังงานตั้งแต่ 20 เมกกะจูลขึ้นไป

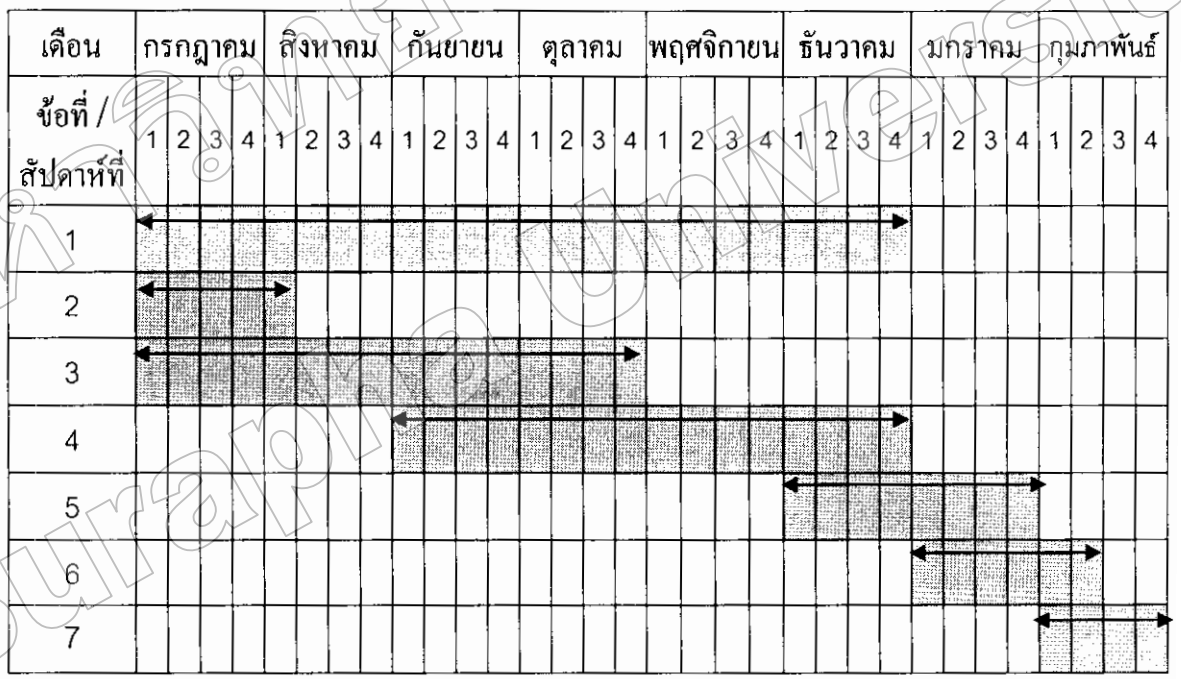
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.4 แผนการดำเนินงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำโครงงาน
3. ศึกษารายละเอียดของงานวิจัย การใช้เครื่องมือ และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง
4. เก็บข้อมูล
5. วิเคราะห์ข้อมูล
6. สรุปและวิจารณ์ผล
7. จัดทำรายงานและนำเสนอโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงตารางการดำเนินงาน



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคารพาณิชย์ได้
2. สามารถทำงานเป็นทีมร่วมกันได้
3. รู้จักการแบ่งงานเพื่อทำงานให้ประสบผลสำเร็จ
4. ฝึกให้เป็นผู้ที่รู้จักคิด อดทนและกระตือรือร้นอยู่เสมอ
5. รู้จักวางแผนและขั้นตอนการดำเนินโครงการ
6. สามารถเผยแพร่ข้อมูลการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อประโยชน์ทางด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไปได้
7. สามารถใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า มีประสิทธิผลและเป็นระบบมากขึ้นได้ ซึ่งส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบไฟฟ้า

2.1.1 ความหมายของค่าทางไฟฟ้า [5]

1. พ ลังไฟฟ้า คื อ ความต้องการไฟฟ้าจริงที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ในการทำงานในเวลาหนึ่งๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือกิโลวัตต์ (kW)
2. พลังไฟฟ้าปรากฏ คือ พลังไฟฟ้าที่ระบบไฟฟ้าจ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โวลท์แอมป์ (VA) หรือ กิโลโวลท์แอมป์ (kVA)
3. พลังไฟฟ้าเสมือน คือ พลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Load) ไม่ได้ใช้ในการให้กำลังงานแต่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก เช่น พลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือผ่านช่องอากาศ (Air Gap) ของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ เป็นต้น มีหน่วยเป็น วาร์ (VAR) หรือ กิโลวาร์ (kVAR)
4. พลังงานไฟฟ้า คือ พลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ในการทำงาน ในระยะเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นวัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) หรือหน่วย หรือยูนิต

2.1.2 องค์ประกอบหลักๆ ของค่าไฟฟ้าประกอบด้วย

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า
2. ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด
3. ค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ

2.1.2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

ค่าธรรมเนียมที่คิดจากปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือน อัตราค่าพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ถูกกำหนดจากต้นทุนในการจัดหาและผลิตไฟฟ้า โดยมีอัตราแตกต่างกันในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าที่ใช้ และตามช่วงเวลาของการใช้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.1.2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)

ค่าธรรมเนียมที่คิดจากความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือนนั้น อัตราค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดมีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ ถูกกำหนดโดยต้นทุนที่ใช้ในการสร้างโรงไฟฟ้า ระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า จึงมีอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้า และตามช่วงเวลาของวัน

2.1.2.3 ค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ (Power Factor Charge)

ในกรณีผู้ใช้ไฟฟ้ามีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดเหนี่ยวนำมากซึ่งต้องการพลังไฟฟ้าเสมือน (kVAR) มากซึ่งทำให้โรงไฟฟ้าต้องผลิตพลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) มากด้วย ดังนั้นในเดือนใดก็ตามถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้าเสมือนเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเกินกว่าร้อยละ 61.97 ของพลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว จะต้องเสียค่าปรับในส่วนที่เกินหรือถ้ามีการบันทึกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าไว้ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ต่ำกว่า 0.85 จะเสียค่าปรับ อัตราค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ถูกกำหนดโดยต้นทุนในการติดตั้งตัวเก็บประจุที่สถานีส่งจ่ายไฟฟ้า และต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

2.1.3 เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

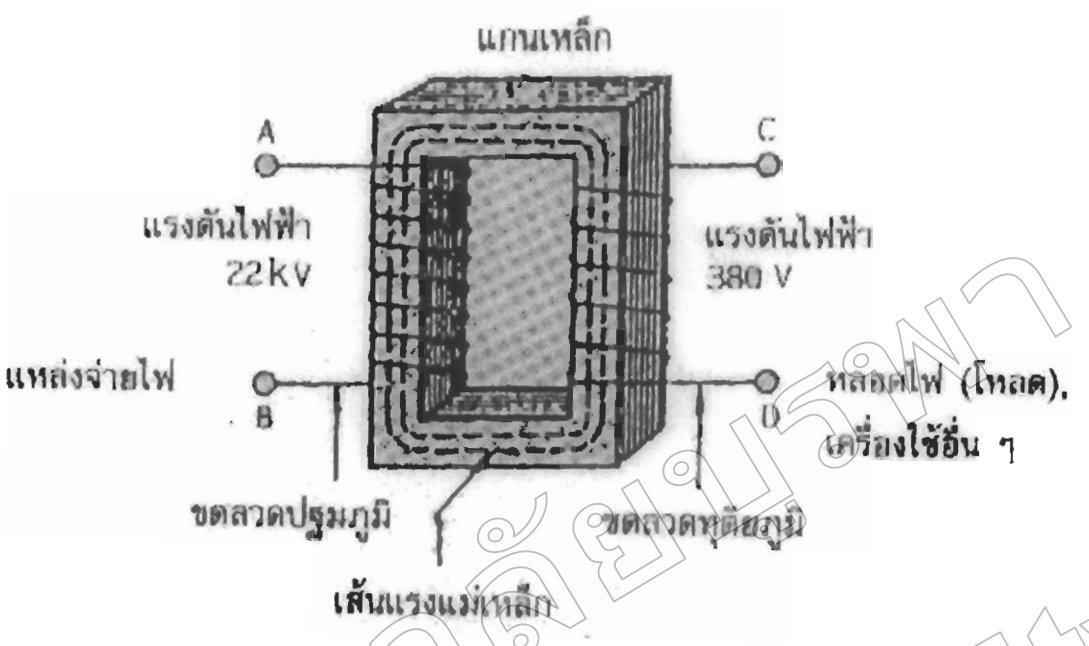
1. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์และเครื่องจักรกลไฟฟ้าต่างๆ
2. การประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าโดยการจัดการโหลดไฟฟ้ารวม

2.1.4 หม้อแปลงไฟฟ้า [4]

2.1.4.1 หลักการของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงไปสู่แรงดันต่ำกว่าตามความต้องการใช้งาน หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวด 2 ขดคือ “ขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ” พันอยู่รอบแกนเหล็ก (เป็นแผ่นเหล็กจำนวนมากที่วางซ้อนทับกัน) ขดลวดทั้ง 2 ขดนี้ไม่ได้ต่อกันโดยตรงทางไฟฟ้า หากแต่ถูกกั้นห่างกันด้วยฉนวน เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิ ที่ขดลวดนี้จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็ก และจะถูกส่งไปยังขดลวดทุติยภูมิโดยผ่านแกนเหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ สำหรับอัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดที่ขดลวดทุติยภูมินั้น จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบที่พันขดลวดทั้งสอง ลักษณะการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 2.1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.1 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า [4]

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ใช้แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงเป็นแรงดันต่ำ หรือแรงดันต่ำเป็นแรงดันสูงตามความต้องการใช้งาน

การสูญเสียพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วย

1. พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลด (No Load Losses) คือ การสูญเสียในส่วนแกนเหล็กขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้ายกกำลังสอง การสูญเสียของระบบจะเกิดขึ้นตลอดเวลาถ้ามีการต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยไม่ขึ้นอยู่กับโหลด

2. พลังงานไฟฟ้าสูญเสียเนื่องจากโหลด (Load Loss) คือ การสูญเสียเนื่องจากความต้านทานของขดลวด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีโหลดต่อกับหม้อแปลงไฟฟ้า การสูญเสียนี้จะขึ้นอยู่กับค่ากระแสไฟฟ้ายกกำลังสอง

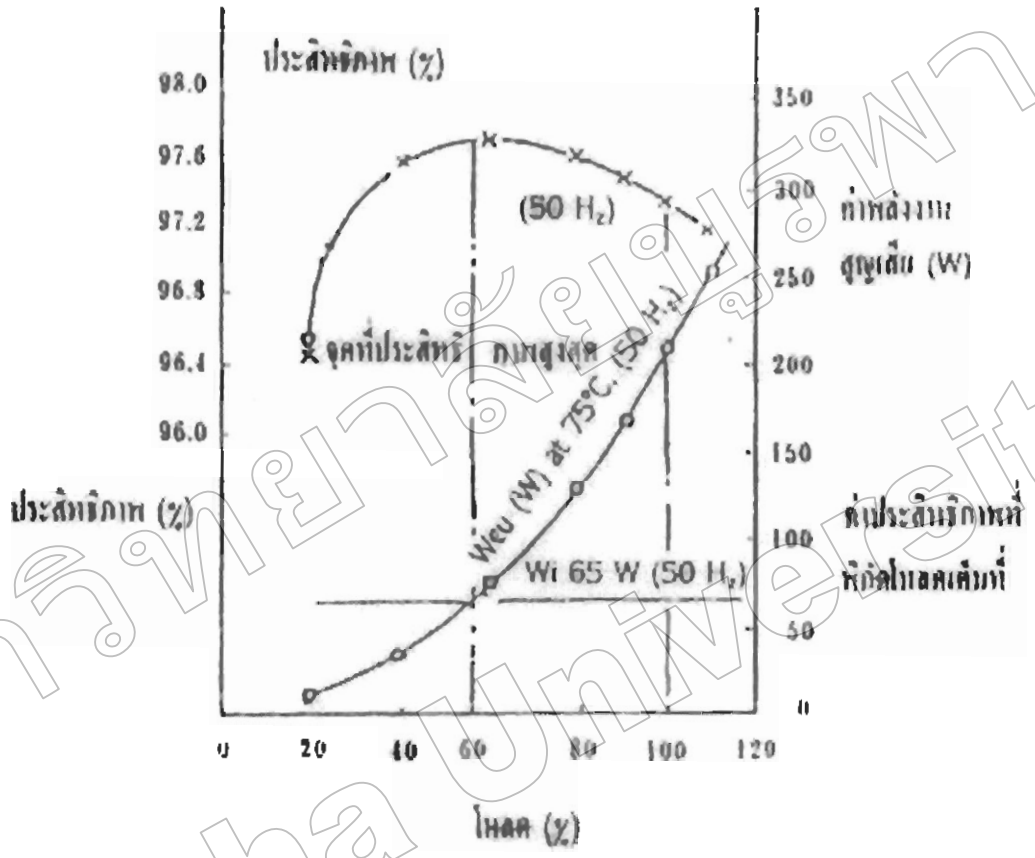
ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของหม้อแปลง} = \frac{\text{พลังไฟฟ้าที่จ่าย}}{\text{พลังไฟฟ้าที่จ่าย} + \text{พลังไฟฟ้าสูญเสีย}} \quad \ldots(1)$$

ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดเมื่อ พลังงานไฟฟ้าสูญเสียขณะไม่มีโหลดเท่ากับพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากโหลด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลดและในขณะที่มีโหลดและประสิทธิภาพของหม้อแปลงดังแสดงในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 คุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้า [4]

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าทั่วไปจะดีที่สุดเมื่อใช้งานที่โหลดประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปของพิกัดใช้งาน (kVA) ถ้าหากใช้งานที่ต่ำกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.1.4.2 เทคนิคการประหยัดไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้า

เทคนิคการประหยัดไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 4 แบบดังนี้

1. เลือกใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง และมีขนาดที่เหมาะสมกับโหลด

หม้อแปลงประสิทธิภาพสูง จะมีพลังไฟฟ้าสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลดต่ำกว่าหม้อแปลงธรรมดาเนื่องจากใช้วัสดุที่มีคุณภาพดีกว่า พลังไฟฟ้าสูญเสียของหม้อแปลงสามารถหาข้อมูลได้จากผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า ดังตารางที่ 2.1 และการเลือกขนาดให้เหมาะสมต่อความต้องการใช้งาน

ตารางที่ 2.1 แสดงประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงกับหม้อแปลงธรรมดาที่พิกัด

ขนาด (กิโลโวลต์แอมป์)	กิโลวัตต์ต่อโวลต์	ธรรมดา			ประสิทธิภาพสูง		
		สูญเสียขณะไม่มีโหลด (วัตต์)	สูญเสียเนื่องจากโหลด (วัตต์)	ประสิทธิภาพ (%)	สูญเสียขณะไม่มีโหลด (วัตต์)	สูญเสียเนื่องจากโหลด (วัตต์)	ประสิทธิภาพ (%)
315	22/400	900	3900	98.47	700	3900	98.53
400	22/400	980	4600	98.60	850	4600	98.63
500	22/400	1150	5500	98.67	1000	5500	98.70
630	22/400	1350	6500	98.75	1200	6500	98.77
800	22/400	1600	1100	98.43	1300	11000	98.46
1000	22/400	1900	13500	98.46	1600	13500	98.49
1250	22/400	2300	16400	98.50	1800	16400	98.54
1500	22/400	2800	19800	98.50	2100	19800	98.54
2000	22/400	3250	24000	98.63	2700	24000	98.67

2. ปลดแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงในขณะที่ไม่มีโหลด

เนื่องจากพลังงานสูญเสียในขณะไม่มีโหลด มีค่าคงที่ขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง แต่ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของโหลด ดังนั้น ควรทำการปลดแรงดันไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง โดยการใช้ไม้ชัก Drop Fuse หรือติดตั้งเซอร์กิตเบรคเกอร์แรงดันสูงก็จะทำให้ไม่มีพลังงานสูญเสียขณะไม่มีโหลด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ย้ายโหลดของหม้อแปลงที่มีโหลดน้อยมารวมกัน

ในกรณีที่มีหม้อแปลงมากกว่า 1 ลูก และสามารถย้ายโหลดของหม้อแปลงลูกหนึ่งมารวมกับหม้อแปลงอีกลูกหนึ่งได้ โดยมีอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า (Tie Circuit Breaker) เมื่อโหลดการใช้งานของหม้อแปลงทั้ง 2 ต่ำกว่าพิกัดมาก เกิดการสูญเสียในขณะไม่มีโหลดมากดังนั้นถ้าย้ายโหลดของหม้อแปลงมารวมกันจะทำให้พลังงานสูญเสียรวมของหม้อแปลงลดลง

4. ควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

การปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ หรือโดยทั่วไปเป็นด้านแรงต่ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมจะช่วยลดพลังงานสูญเสียในขณะไม่มีโหลดได้ การควบคุมแรงดันไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการปรับ Tap ของหม้อแปลง หรือติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้า

2.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้า [2]

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรไฟฟ้าที่พบได้ทั่วไปทั้งในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ชนิดเหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในขณะที่มอเตอร์กระแสสลับชนิดซิงโครนัส (Synchronous) มักใช้สำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบเดียวที่แน่นอน ส่วนมอเตอร์กระแสตรงมักใช้กับกรณีที่ปรับความเร็วรอบได้ อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ โดยใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดยปรับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ

2.2.5.1 การสูญเสียในมอเตอร์ประกอบด้วย

1. การสูญเสียในขณะที่ไม่มีโหลด (No Load Losses)
2. การสูญเสียเนื่องจากโหลด (Load Losses)
3. การสูญเสียจากภาระใช้งาน

2.1.5.2 เทคนิคการประหยัดไฟฟ้าในมอเตอร์ไฟฟ้า

เทคนิคการประหยัดไฟฟ้าในมอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

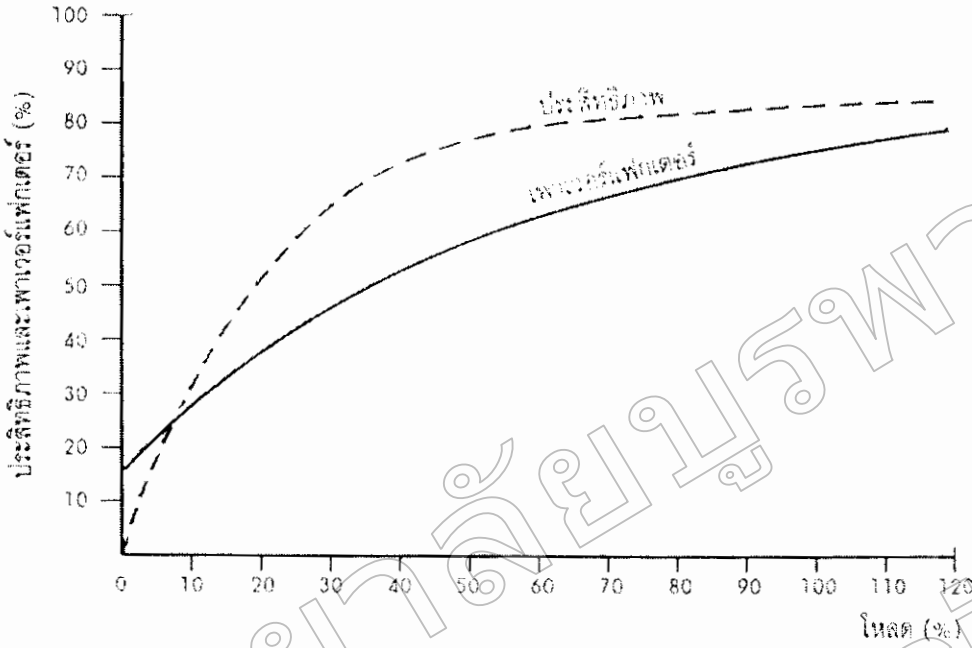
2.1.5.2.1 หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด

เนื่องจากพลังไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานสูญเสียทั้งหมด

2.1.5.2.2. เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด ไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป

การใช้มอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดใหญ่เกินไป จะทำให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดต่ำ ซึ่งจะมีประสิทธิภาพและเพาเวอร์แฟกเตอร์ดังรูปที่ 2.3

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.3 ประสิทธิภาพและเพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่โหลดต่างๆ [2]

มอเตอร์ที่มีโหลดต่ำกว่าร้อยละ 40 ของขนาดพิกัด จะมีประสิทธิภาพลดลงมาก แต่ถ้าใช้มอเตอร์ขนาดเล็กกว่าโหลดก็จะทำให้มอเตอร์ทำงานในสภาวะเกินพิกัด อายุการใช้งานก็จะสั้นลง

2.1.5.2.3. เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมีการสูญเสียลดลง เนื่องจากใช้แผ่นเหล็กซิลิกอนคุณภาพสูงและบางสำหรับทำแกนเหล็กเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระแสไหลวน ใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดความต้านทานในขดลวดปรับปรุงการออกแบบเช่น ลดช่องว่างระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์เพื่อให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์วิ่งผ่านไปยังโรเตอร์ความเข้มสูงขึ้น เป็นต้น

หลักเกณฑ์ในการพิจารณามอเตอร์ที่ใช้อยู่เดิมมาเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

1. สภาพโดยทั่วไป สังเกตความเสียหายบนตัวถังของมอเตอร์หรือฉนวน มอเตอร์ที่ผ่านการซ่อมแซมหรือการพันขดลวดใหม่มาแล้วหลายครั้ง มอเตอร์เหล่านี้เหมาะสมที่จะเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
2. อายุการใช้งาน มอเตอร์ที่มีอายุการใช้งานมาก ประสิทธิภาพจะต่ำลง
3. ชั่วโมงการใช้งานต่อปี มอเตอร์ที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงจะมีศักยภาพที่จะเปลี่ยนแปลงมากที่สุดแต่ถ้าเวลาการใช้งานไม่มากนัก ก็ควรจะพิจารณาว่ามอเตอร์มีขนาดใหญ่หรือไม่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การใช้งาน มอเตอร์ที่ทำงานที่ความเร็วรอบระหว่าง 1500 – 3000 รอบ/นาที จะเหมะสมที่สุด ประสิทธิภาพของมอเตอร์มีหลายมาตรฐานแตกต่างกันตามสถานที่ทดสอบ ในที่นี้จะอ้างถึงมาตรฐานของ IEEE 112 Method B

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ของมอเตอร์จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้} = 0.746 \times HP \times \left(\frac{100}{E_1} - \frac{100}{E_2} \right) \quad ...(2)$$

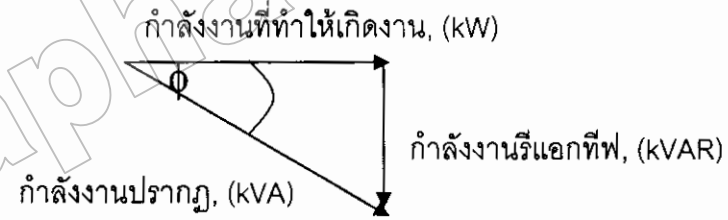
2.1.6 ตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

ตัวประกอบกำลัง หมายถึงอัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริง (Actual power) มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อกำลังงานปรากฏ (apparent power) มีหน่วยเป็นโวลท์ – แอมป์ ในระบบไฟฟ้าหรือในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้าหลายชนิด ซึ่งจะให้ค่าตัวประกอบกำลังที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่คุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ

ตัวประกอบกำลังมีสองส่วนหลักๆ คือ

1. กระแสส่วนที่ทำให้เกิดการทำงาน (Active Current) (kW)
2. ส่วนที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็ก (Reactive Current) (kVAR)

ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ทำให้เกิดงานกำลังงานรีแอกทีฟ และกำลังงานปรากฏจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงกราฟเพาเวอร์แฟกเตอร์

ตัวประกอบกำลัง คือ อัตราส่วนของกำลังงานที่ทำให้เกิดงานต่อกำลังงานปรากฏในวงจรไฟฟ้าใดๆ มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 – 1 โดยปกติพูดกันเป็นเปอร์เซ็นต์

$$PF = \frac{kW}{kVA} \quad ...(3)$$

หรือจากรูปที่ 2.4 จะได้

$$PF = \cos\phi \quad ...(4)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.1.6.1 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor : PF) ให้มีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทำให้

1. ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้เพิ่มขึ้น
2. รักษาแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ ลดแรงดันตก
3. ลดพลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ
4. ลดค่าปรับในกรณีตัวประกอบกำลังต่ำกว่า 0.85 [6]

การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ในอาคารจะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. ติดตั้งที่จุดเดียวที่ตู้ควบคุมไฟหลักเพื่อแก้ตัวประกอบกำลังรวมของอาคาร
2. ติดตั้งเป็นกลุ่มย่อยเพื่อแก้ปัญหาตัวประกอบกำลังแต่ละจุดของอาคาร

ตำแหน่งการติดตั้งตัวเก็บประจุ

1. ติดตั้งที่ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ควบคุมตัวประกอบกำลังทั้งระบบได้ง่าย ราคาถูก แต่ไม่ได้ลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยและสายป้อน

2. ติดตั้งที่ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือติดตั้งเป็นกลุ่มโหลด เช่น กลุ่มของมอเตอร์เล็กๆ ที่ทำงานได้รวมกันหลายตัว ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียและแรงดันตกในสายป้อนได้แต่ไม่ได้ลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อยของโหลดแต่ละตัว

3. ติดตั้งที่ตัวอุปกรณ์ เหมาะสำหรับโหลดที่มีตัวประกอบกำลังต่ำ และมีขนาดค่อนข้างแน่นอน เวลาใช้งานมาก เช่นหม้อแปลง มอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้งานเกือบตลอดเวลาหรือเครื่องเชื่อม ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในวงจรย่อย แต่การลงทุนสูง

2.1.7 ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับตัวประกอบโหลด (Load Factor) ก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1เดือน(kWh)}}{\text{พลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1เดือน(kW)}} \times 100\% \quad \ldots(5)$$

หรือสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1เดือน(kWh)}}{\text{พลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1เดือน(kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1เดือน(h)}} \times 100\% \quad \ldots(6)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ซึ่งค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของแต่ละเดือนขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ไฟฟ้า และความสม่ำเสมอในการใช้ไฟฟ้า เดือนที่มีค่าตัวประกอบโหลดต่ำจะมีค่าไฟฟ้าสูงกว่าเดือนที่มีค่าตัวประกอบโหลดสูง ถึงแม้ว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากัน ดังนั้นถ้ามีการปรับค่าตัวประกอบโหลดให้มีค่าสม่ำเสมอหรือมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่าไฟฟ้าลดต่ำลง ดังนั้นวิธีการที่จะเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. ลดจำนวนค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ลง
2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงลง เพื่อให้สมดุลกับจำนวนความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง อันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้ง 2 เพิ่มขึ้นแต่การลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงจะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง

2.1.7.1 เทคนิคการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานไปเป็นเวลาอื่นได้บ้าง ในขณะที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด
2. ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดโดยการพิจารณาจาก Load Curve ควรหยุดการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นหรืออาจมีความจำเป็นไม่มาก แล้วรอจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าวผ่านไปแล้วจึงเปิดใช้งานตามลำดับก่อนหลัง
3. หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีมอเตอร์ขนาดใหญ่ในเวลาเดียวกัน
4. ควรควบคุมไม่ให้การใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วง 15 นาที สูงกว่าที่ควรจะเป็น[5]

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2 ระบบแสงสว่าง

2.2.1 ความเข้าใจพื้นฐานและค่ามาตรฐานในระบบแสงสว่าง [2]

การประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างที่ดี นอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานของระบบแสงสว่างแล้ว ยังต้องปรับปรุงหรือรักษาคุณภาพแสงสว่างและประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างให้ดีขึ้นหรืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง ควรเข้าใจพื้นฐานการส่องสว่างที่จำเป็นดังต่อไปนี้

พลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างต่อพื้นที่ เป็นตัวกำหนดค่าการใช้ไฟแสงสว่างในอาคารควบคุม ค่าที่เก็บมาได้นำมาเปรียบเทียบกับ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ถ้ามีค่ามากกว่ามาตรฐาน ควรทำการปรับปรุง มีหน่วยเป็น วัตต์/ตร.ม. (W/m^2)

ความส่องสว่าง (Illuminance) คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ ใช้ในการตรวจสอบกับค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่าง ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ถ้าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าควรทำการปรับปรุงโดยทำการติดตั้งหลอดไฟเพิ่ม มีหน่วยเป็น ลูเมน/ตร.ม. หรือ ลักซ์ (Lm/m^2 หรือ Lux) หรือ ลูเมน/ตร.ฟุต หรือ ฟุตแคนเดิล (Foot Candle :Fc) โดย 1 Fc = 10.76 Lux

ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า (Luminaire Efficiency) บอกให้ทราบว่าโคมไฟฟ้าสามารถปล่อยให้แสงที่เปล่งจากหลอดไฟออกจากโคมได้มากน้อยเพียงใด โคมที่มีประสิทธิภาพสูงจะไม่ดูดกลืนหรือกักแสงไว้มาก กล่าวคือจะช่วยทำให้ความส่องสว่างเพิ่มขึ้น

ประสิทธิภาพของบัลลาสต์ (Ballast Efficiency) บอกให้ทราบว่าบัลลาสต์ตัวนี้สามารถดูดกลืนกำลังไฟฟ้าได้มากน้อยเพียงใด บัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะไม่กินไฟ

นอกจากการเข้าใจพื้นฐานการส่องสว่างที่จำเป็นแล้วยังมีมาตรฐานการใช้ไฟแสงสว่างในอาคารควบคุมอีก (ในที่นี้ไม่รวมพื้นที่จอดรถ) ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทอาคารและพลังงานไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด [2]

ประเภทอาคาร [1]	พลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์/ตร.ม.)
1. สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษา โรงพยาบาล	16
2. ร้านขายของ ซุปเปอร์มาเก็ต ศูนย์อาหาร [2]	23

หมายเหตุ (1) อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าพลังไฟฟ้าตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

(2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับการโฆษณา การเผยแพร่สินค้า ยกเว้นไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่าง คือ ค่าความส่องสว่างของพื้นที่ต่างๆ เฉลี่ยทั่วทั้งห้อง ดังแสดงในตารางที่ 2.3 นี้เป็นค่าที่แยกพื้นที่ทำงานต่างๆ อย่างละเอียด โดยแบ่งเป็น 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานแบบ CIE และมาตรฐานแบบ IES ส่วนค่าที่อยู่ตรงกลางเป็นค่าที่แนะนำ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lm/m^2 หรือ Lux)

สำหรับมาตรฐานแบบ CIE ห้องทำงาน ห้องประชุม และห้องสมุดจำเป็นต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 300 – 750 ลักซ์ เคาน์เตอร์ต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 200 – 500 ลักซ์ ห้องเก็บของ ล็อบบี้ ห้องน้ำ บันได และลิฟต์ต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 100 – 200 ลักซ์ และทางเดินต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 50 – 150 ลักซ์

สำหรับมาตรฐานแบบ IES ห้องทำงาน ห้องประชุม ห้องสมุด และเคาน์เตอร์จำเป็นต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 200 – 500 ลักซ์ ห้องเก็บของ ล็อบบี้ ห้องน้ำ บันได ลิฟต์ และทางเดินต้องใช้ระดับความส่องสว่างในช่วง 100 – 200 ลักซ์

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่าง [2]

พื้นที่ต่าง ๆ	CIE (ลักซ์)	IES (ลักซ์)
ห้องทำงาน	300 – 500 – 750	200 – 300 - 500
ห้องประชุม	300 – 500 – 750	200 – 300 - 500
ห้องสมุด	300 – 500 – 750	200 – 300 - 500
ห้องคอมพิวเตอร์	300 – 500 – 750	200 – 300 - 500
เคาน์เตอร์	200 – 300 - 500	200 – 300 - 500
ห้องเก็บของ	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200
ล็อบบี้	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200
ห้องน้ำ	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200
บันได ลิฟต์	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200
ทางเดิน	50 – 100 - 150	100 – 150 - 200

หมายเหตุ มาตรฐานแบบ CIE : Commission Internationals de l'Elairage

มาตรฐานแบบ IES : Illumination Engineering Society

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2 เทคนิคการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง ประกอบด้วย

1. ทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง
2. การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสม
3. การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

เทคนิคการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างนอกจากทั้ง 3 ข้อข้างบนแล้วยังมีการออกแบบระบบแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน และการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากในรายงานนี้เราไม่จำเป็นต้องออกแบบระบบแสงสว่าง เนื่องจากอาคารควบคุมนี้ได้รับการออกแบบจากวิศวกรทางด้านแสงสว่างแล้ว และไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบแสงสว่าง เช่น ใช้อุปกรณ์ตั้งเวลาปิดและเปิดไฟฟ้าแสงสว่าง ใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหว ใช้อุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไฟฟ้าแสงสว่าง หรือใช้แสงธรรมชาติ เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ต้องมีเงินทุนในการซื้ออุปกรณ์ และอุปกรณ์มีราคาแพง ดังนั้นจึงไม่ขอกล่าวถึงสำหรับ 2หัวข้อนี้

2.2.2.1 ทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่าง [6]

การทำความเข้าใจกับพื้นที่งานที่จะใช้แสงสว่างคือ การศึกษาถึงประเภทและชนิดของงานที่จะกระทำในพื้นที่นั้น ๆ ว่าเป็นงานชนิดใด ต้องการระดับความสว่างสูงต่ำมากน้อยขนาดใด ในขณะเดียวกันก็พิจารณาการเลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้น ๆ ด้วย เช่น การใช้สีทาที่ฝาผนังเพดานและพื้นควรเลือกใช้สีที่ให้ผลในการส่องสว่างสูง เป็นต้น ในกรณีที่ภายในห้องที่มีค่าความสว่างที่เท่ากัน ห้องที่มีฝาสว่างกับฝามืดจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 20% และถ้าเป็นห้องขนาดใหญ่ที่มีฝาสว่าง กับห้องที่ฝามืด จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 30 % สำหรับการให้ความสว่างที่ค่าเท่ากัน

สัมประสิทธิ์ของการสะท้อนแสงของสีต่าง ๆ เป็นดังนี้

- สีขาว 60 – 80 %
- สีครีม 50 – 60 %
- สีอ่อน 35 – 55 %

2.2.2.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างอย่างเหมาะสม

การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่เหมาะสมก็จะเป็นการลดการใช้กำลังไฟฟ้าลงได้ สามารถแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักๆ คือ การเลือกใช้โคมไฟ การเลือกใช้หลอดไฟ และการเลือกใช้บัลลาสต์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.2.1 การเลือกใช้โคมไฟ

โคมไฟทำหน้าที่ยึดหลอด บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ และทำหน้าที่ควบคุมลำแสงให้ออกจากโคมให้ไปตกลงพื้นที่ที่ต้องการ การเลือกโคมควรเลือกให้เหมาะสมกับงานและคำนึงถึงประสิทธิภาพของโคม สัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมและแสงบาดตา แต่เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ ในที่นี้จะเน้นโคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังนี้

1. โคมที่ไม่มีฝาปิด (Bare Type Luminarie)
2. โคมไฟอุตสาหกรรม (Industrial Luminarie)
3. โคมกรองแสง (Diffuser Luminarie)
4. โคมตะแกรง (Louver Luminarie)

2.2.2.2.1.1 โคมที่ไม่มีฝาปิด ใช้กับงานที่ต้องการให้แสงออกทางด้านข้างและติดตั้งเพดานสูงไม่เกิน 4 เมตร ไม่เน้นแสงบาดตา เหมาะสำหรับ บริเวณจอดรถ ห้องเก็บของ และพื้นที่ที่ไม่ใช้งานบ่อยและไม่เน้นความสวยงาม

2.2.2.2.1.2 โคมไฟอุตสาหกรรม ใช้กับงานที่ต้องการให้แสงในทิศทางที่ต้องการโดยใช้แผ่นสะท้อนแสง และไม่เน้นความสวยงาม มีแสงบาดตาเนื่องจากไม่มีฝาครอบ เหมาะสำหรับบริเวณห้องเครื่อง

2.2.2.2.1.3 โคมกรองแสง มีแผ่นกรองแสงเป็นฝาครอบเพื่อลดแสงบาดตา ทำให้ความเข้มส่องสว่างลดลง เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการแสงบาดตาและความส่องสว่างไม่สูงมาก เช่น ห้องพักคนไข้ ห้องประชุม แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ เกล็ดแก้ว (Prismatic) ขาวขุ่น (Opal) ผิวส้ม (Stipple)

2.2.2.2.1.4 โคมตะแกรง มีแผ่นสะท้อนแสงด้านข้างและด้านหลังหลอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโคม มีตะแกรงช่วยลดแสงบาดตา แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดตัดขวาง ชนิดตัดขวางพาราโบลิก ชนิดช่องถี่

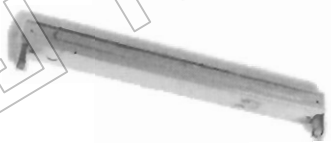
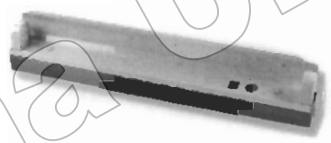
2.2.2.2.1.4.1 โคมตะแกรงตัดขวาง ประกอบขึ้นด้วยแผ่นสะท้อนแสงอะลูมิเนียมจึงมีประสิทธิภาพสูง การแผ่กระจายของแสงสูงเป็นรูปปีกค้างคาว จึงแผ่กระจายได้เป็นบริเวณกว้าง ทำให้สามารถติดตั้งโคมไฟที่มีระยะระหว่างมากขึ้นกว่าปกติ เป็นการช่วยลดปริมาณโคมไฟฟ้า มีแสงบาดตาต่ำ เหมาะกับพื้นที่สำนักงานทั่วไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.2.1.4.2 โคมตะแกรงตัดขวางพาราโบลิก **มีแผ่นสะท้อนแสงทั้งแนวขนานและแนวตัดขวางกับหลอด ขึ้นเป็นรูปโค้งพาราโบลิก ทำให้กระจายแสงได้มุมแคบกว่าชนิดตัดขวาง แต่มีแสงบาดตาน้อยกว่า เหมาะกับห้องทำงานที่มีจอคอมพิวเตอร์**

2.2.2.2.1.4.3 โคมตะแกรงช่องถี่ มีตะแกรงถี่มาก **กระจายแสงในมุมแคบ ไม่ประหยัดพลังงาน แต่แสงบาดตาน้อย เหมาะสำหรับเคาน์เตอร์ประชาสัมพันธ์หรือบริเวณที่ต้องการความสวยงาม**

ตารางที่ 2.4 แสดงโคมไฟสำหรับติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารควบคุม

ลำดับ	ชนิด	รูป	คุณสมบัติการใช้งาน
1	โคมที่ไม่มีฝาปิด		ไม่เน้นความสวยงาม และแสงบาดตา เหมาะสำหรับ บริเวณจอดรถ ห้องเก็บของ และพื้นที่ที่ไม่ใช้งานบ่อย
2	โคมไฟอุตสาหกรรม		ไม่เน้นความสวยงาม มีแสงบาดตาเนื่องจากไม่มีฝาครอบ เหมาะสำหรับบริเวณห้องเครื่อง
3	โคมกรองแสง		เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการแสงบาดตาและความส่องสว่างไม่สูงมาก เหมาะสำหรับ ห้องพักคนไข้ ห้องประชุม
4	โคมตะแกรง		เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการแสงบาดตาแต่ความส่องสว่างสูง เหมาะสำหรับ ห้องเรียน ห้องสมุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.2.2 การเลือกใช้หลอดไฟ

โดยทั่วไปในอาคารส่วนใหญ่การให้แสงสว่าง จะเน้นการให้ความส่องสว่างแต่ไม่เน้นความถูกต้องของสีมากนัก เหมาะสำหรับบริเวณที่เพดานสูงไม่เกิน 5 เมตร มักจะพบหลอดไฟส่วนใหญ่อยู่ 2 ประเภท คือ

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์

2. หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

2.2.2.2.2.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์

อาคารส่วนใหญ่นิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากเป็นหลอดที่พัฒนาเพื่อการประหยัดพลังงานและเพื่อใช้แทนหลอดไส้ที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิม มีขนาดกะทัดรัดและมีกำลังส่องสว่างสูง ขนาดที่นิยมใช้คือ หลอดชนิดตรงขนาด 18 และ 36 วัตต์ ข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ ประสิทธิผลสูง ประมาณ 55 – 93 ลูเมน/วัตต์ อายุการใช้งานนานประมาณ 10,000 ชั่วโมง ให้อุณหภูมิสีได้ในช่วงกว้าง ส่วนข้อจำกัดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ ค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่ำกว่าหลอดไส้ (เพียง 65 – 85) ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา จะมีดรรชนีความถูกต้องของสีต่ำประมาณ 65

2.2.2.2.2.2 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดที่เหมาะสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไปที่ ต้องการความสวยงาม มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ประมาณ 8 เท่า หรือ 8,000 ชั่วโมง และการใช้พลังงานของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะน้อยกว่าหลอดไส้ ประมาณ 4 เท่า ปัจจุบันหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มี 2 ชนิด คือ

2.2.2.2.2.2.1 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน

1.1 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รวมเอาบัลลาสต์และ สตาร์ทเตอร์อยู่ภายใน ผลิตขึ้นมาแทนหลอดไส้ สามารถนำไปสวมกับขั้วหลอดไส้ชนิดเกลียวได้ทุกดวงได้ทันที ลักษณะของหลอดภายในเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กเป็นแท่งแก้วดัดโค้งเป็นรูปตัวยูมีเปลือกเป็นโคม ทรงกระบอก มีชุดบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ปิดผนึกรวมกันอยู่ในชิ้นเดียวกันกับตัวหลอด

1.2 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในชนิดอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ ภายในชนิดแกนเหล็ก จะต่างกันที่เป็นหลอดประหยัดไฟขนาดเล็กที่ไม่มีโคมกระบอก ผลิตด้วยเทคโนโลยีล่าสุด ในการทำบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์อิเลคทรอนิกส์ซึ่งพัฒนารูปแบบของหลอดให้ประหยัดและมีขนาด กะทัดรัดขึ้นกว่าเดิม ตัวหลอดเป็นแท่งแก้วโค้งเป็นรูปตัวยูหลายชุดและใช้เทคนิคพิเศษเชื่อมต่อกัน หลอดชนิดนี้จะติดทันทีโดยไม่กระพริบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.2.2.2.2 หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายนอก

ใช้หลักการเช่นเดียวกับหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน แตกต่างกันที่หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายนอก สามารถเปลี่ยนเฉพาะตัวหลอดได้ ในการติดตั้งใช้งานจะต้องมีขาเสียบเพื่อใช้กับบัลลาสต์ที่แยกออก หรือขาเสียบที่มีชุดบัลลาสต์รวมอยู่ด้วย

ข้อดีของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

1.หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์กินไฟเฉลี่ยเพียง 25 % หรือกินไฟน้อยกว่า 4 เท่า เมื่อเทียบกับหลอดไส้ที่ให้แสงสว่างเท่ากัน

2.มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ถึง 8 เท่า หรือ 8,000 ชั่วโมง

3.ขณะที่ใช้งานจะมีความร้อนน้อยกว่าหลอดไส้มาก จึงช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องทำ ความเย็น หรือเครื่องปรับอากาศได้มาก

4.สามารถนำหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายในไปใช้ติดตั้งแทนหลอดไส้ที่มีอยู่เดิมได้ทันที

ข้อเสียของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

1.มีราคาแพงกว่าหลอดไส้ และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดมีบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ผิดผนึกเป็นชุดเดียวกัน ถ้าเกิดการชำรุดต้องเปลี่ยนทั้งหมด

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติการใช้งานของหลอดไฟชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอาคารควบคุม

ลำดับ	ชนิด	รูป	คุณสมบัติการใช้งาน
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์		ประสิทธิผลสูง อายุการใช้งานนาน ให้อุณหภูมิสีได้ในช่วงกว้าง
2	หลอดคอมแพค ฟลูออเรสเซนต์ภายใน		ใช้ติดตั้งแทนหลอดไส้ที่มีอยู่เดิมได้ทันที กินไฟน้อย อายุการใช้งานนาน ให้อุณหภูมิสีได้ในช่วงกว้าง
3	หลอดคอมแพค ฟลูออเรสเซนต์ภายนอก		กินไฟน้อย อายุการใช้งานนาน ให้อุณหภูมิสีได้ในช่วงกว้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.2.3 การเลือกใช้บัลลาสต์

เนื่องจากในการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จำเป็นต้องใช้บัลลาสต์เป็นตัวควบคุมกระแสของหลอดไฟในขณะที่หลอดทำงานตามปกติ และช่วยจุดหลอดในตอนเริ่มเปิดใช้งาน บัลลาสต์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. บัลลาสต์แกนเหล็ก
2. บัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ
3. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.2.2.2.3.1 บัลลาสต์แกนเหล็ก ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กมาเรียงกันเป็นแกนเหล็กและพันรอบด้วยขดลวดทองแดง โดยมีข้อดีของบัลลาสต์แกนเหล็ก คือ ราคาถูก คงทนสูง ส่วนข้อจำกัดของบัลลาสต์แกนเหล็ก คือ สูญเสียพลังงานมากประมาณ 10 วัตต์ต่อหลอด เพาเวอร์ตัวประกอบกำลังต่ำประมาณ 0.3 – 0.5 มักจะแก้ไขโดยตัวเก็บประจุขนาด 3.4 – 4.4 ไมโครฟารัด 250 VAC ขนานกับวงจร ค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มเป็น 0.85 – 0.95 ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ในการจุดติดหลอด มีเสียงฮัมในขณะใช้งาน ใช้เวลา 1 – 3 วินาทีในการจุดติดหลอดและหลอดไฟกระพริบเมื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เสื่อมสภาพ

2.2.2.2.3.2บัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ เป็นบัลลาสต์ที่พัฒนาจากบัลลาสต์แกนเหล็กให้กินไฟน้อยลง โดยมีข้อดีของบัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ คือ สูญเสียพลังงานต่ำประมาณ 5.5 วัตต์/ตัว คงทนสูง เมื่อหลอดหมดอายุ หลอดจะดับโดยไม่กระพริบ ตัวประกอบกำลังสูงประมาณ 0.85 – 0.95 ส่วนข้อจำกัดของบัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ คือ ต้องใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่านั้น

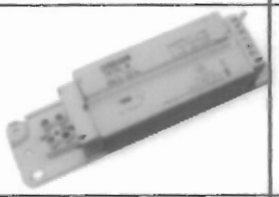
2.2.2.2.3.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์แทนแกนเหล็ก โดยมีข้อดีของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ คือ สูญเสียพลังงานต่ำประมาณ 2.5 วัตต์/ตัว จุดติดทันที ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก ให้แสงคงที่ไม่กระพริบ เมื่อหลอดหมดอายุจะดับโดยไม่กระพริบและเมื่อบัลลาสต์เสื่อม จะไม่ทำให้หลอดไฟเสีย ไม่มีเสียงฮัม น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย บางรุ่นสามารถหรี่แสงได้ ตัวประกอบกำลังสูงประมาณ 0.95 – 0.99 ส่วนข้อจำกัดของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ คือ ราคาสูงกว่าบัลลาสต์ประเภทอื่น อายุการใช้งานสั้นกว่า

แต่โดยทั่วไปอาคารควบคุมมักจะใช้บัลลาสต์แกนเหล็กเป็นส่วนมาก สำหรับติดตั้งกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เนื่องจากมีราคาถูก และหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด การเลือกใช้มาตรการโดยส่วน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใหญ่จึงเลือกใช้กับบัลลาสต์ โดยเปลี่ยนการติดตั้งเป็นบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หรือบัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ

ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติการใช้งานของบัลลาสต์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอาคารควบคุม

ลำดับ	ชนิด	รูป	คุณสมบัติการใช้งาน
1	บัลลาสต์แกนเหล็ก		ราคาถูก ใช้งานได้นาน
2	บัลลาสต์แกนเหล็กชนิดสูญเสียต่ำ		กินไฟน้อยประมาณ 5.5 วัตต์/ตัว คงทนสูง ตัวประกอบกำลังสูง
3	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์		กินไฟน้อยประมาณ 2.5 วัตต์/ตัว จุดติดทันที ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก ให้แสงคงที่ไม่กระพริบ ไม่มีเสียงฮัม น้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย บางรุ่นสามารถหรี่แสงได้ ตัวประกอบกำลังสูง

2.2.2.3 การซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง [6]

เมื่อใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างไปเป็นระยะเวลานาน ๆ จะพบว่าความสว่างจะลดลงตามระยะเวลา เนื่องจากการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หลอดเสื่อมสภาพ โคมไฟแสงสว่างสกปรกทำให้แสงลดลง เป็นต้น จากการศึกษาพบว่ามีตัวประกอบกำลังหลายค่าที่มีผลต่อการลดของค่าความสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงตัวประกอบกำลังเหล่านี้ด้วย

2.2.2.3.1 ผลจากบัลลาสต์ การใช้บัลลาสต์คนละชนิดกันก็จะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดเพื่อหลีกเลี่ยงผลที่จะเกิดขึ้นจึงควรเลือกใช้บัลลาสต์ให้เหมาะสมกับหลอดแต่ละชนิด

2.2.2.3.2 ผลจากการเสื่อมสภาพของโคมไฟ หลังจากการใช้งานไปเป็นเวลานาน ๆ วัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ทำหรือเป็นส่วนประกอบของโคมจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพ เช่น แผ่นสะท้อนแสง (Reflector) มีผิวไม่เรียบขรุขระ เพราะถูกกัดกร่อนจากไอกรดในบรรยากาศรอบ ๆ ทำให้สะท้อนแสงได้น้อยลง ฝาครอบกระจายแสง (Diffuser) มี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สีหมองคล้ำ ยอมให้แสงผ่านได้น้อยลง เป็นต้น ในการเลือกใช้งานโคมไฟจึงต้องเลือกโคมไฟที่ผลิตจากวัสดุชั้นดี มีคุณภาพสูง

2.2.2.3.3 ผลจากหลอดขาดหรือหลอดเสีย ในการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะมีหลอดจำนวนหนึ่งขาดหรือเสีย ใช้งานไม่ได้ ทำให้ปริมาณแสงจากไฟฟ้าแสงสว่างลดลง จึงควรทำการเปลี่ยนหลอดที่ขาดออกเพื่อเพิ่มค่าการส่องสว่าง ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับต่ำก็อาจจะเปลี่ยนหลอดใหม่ได้ง่าย แต่ถ้าตำแหน่งของโคมไฟอยู่ในระดับสูงอาจต้องวางแผนเปลี่ยนหลอดที่ขาด เสีย หรือใช้งานไม่ได้ไว้ด้วย

2.2.2.3.4 ผลจากดวงโคมไฟสกปรก ฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่าง ๆ จะสะสมตัวเกาะติดอยู่ที่ตัวโคมไฟแสงสว่างหลังจากการใช้งานไประยะหนึ่งทำให้ประสิทธิภาพของดวงโคมไฟลดลง การกระจายแสงเปลี่ยนไปและปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้ลดลง ดังนั้น จึงควรทำความสะอาดดวงโคมเป็นประจำ

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีคือ ระบบที่ทำให้การประกอบกิจการต่างๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพสูง มีความปลอดภัย การที่จะได้มาซึ่งระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีสามารถประหยัดพลังงานได้นั้นจะขึ้นอยู่กับทั้งผู้ออกแบบ ผู้ใช้งานและผู้เป็นเจ้าของ ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสมกับการใช้งาน ผู้ใช้งานจะต้องรู้จักใช้คือ เปิดใช้เมื่อต้องการใช้เท่านั้น ส่วนผู้ที่เป็นเจ้าของก็ต้องให้ความเอาใจใส่ ควรตรวจซ่อมบำรุงและรักษาให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อบุคคลต่าง ๆ เหล่านี้มองเห็นความสำคัญของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ตนเองเกี่ยวข้องอยู่ ก็จะทำให้ได้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีอยู่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้

2.2.3 การคำนวณในระบบแสงสว่าง

เนื่องจากในการเลือกใช้มาตรการต่างๆ นอกจากจะพิจารณาถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งแล้ว ยังต้องทำการวิเคราะห์ในส่วนของค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย และพลังงานไฟฟ้ารวมของบัลลาสต์และหลอดไฟ การคำนวณต่างๆ สามารถหาค่าได้ตามขั้นตอนดังนี้

2.2.3.1 ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง เป็นการหากำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอดก่อนปรับปรุง และกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ก่อนปรับปรุงต่อจำนวนหลอด ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง =

$$\frac{(\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอด} + \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์})}{\text{จำนวนหลอด}}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$P_T = \frac{(P_L + P_B)}{n_L} \quad ...(7)$$

2.2.3.2 ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง เป็นการหาค่าจำนวนหลอดคูณกำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอดหลังปรับปรุง บวกกับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์หลังปรับปรุงคูณจำนวนหลอดต่อจำนวนหลอดต่อโคม ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง =

$$(\text{จำนวนหลอด} \times \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอด}) + \frac{(\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์} \times \text{จำนวนหลอด})}{\text{จำนวนหลอดต่อโคม}}$$

$$P_T = (n_L \times P_L) + \frac{(n_L \times P_B)}{m} \quad ...(8)$$

2.2.3.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง เป็นการหาค่าชั่วโมงการใช้งานต่อวันคูณจำนวนวันที่ใช้งานต่อปีคูณเปอร์เซ็นต์การเปิดใช้งานคูณกำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุงต่อค่าการแปลงหน่วย ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง =

$$\frac{\left[\text{การใช้งาน(ชม./วัน)} \times \text{การใช้งาน(วัน/ปี)} \times \%\text{การใช้งาน} \times \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง}\right]}{1000}$$

$$E_B = \frac{(W_{hd} \times W_{dy} \times u \times P_T)}{1000} \quad ...(9)$$

2.2.3.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง เป็นการหาค่าชั่วโมงการใช้งานต่อวันคูณจำนวนวันที่ใช้งานต่อปีคูณเปอร์เซ็นต์การเปิดใช้งานคูณกำลังไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุงต่อค่าการแปลงหน่วย ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง =

$$\frac{\left[\text{การใช้งาน(ชม./วัน)} \times \text{การใช้งาน(วัน/ปี)} \times \%\text{การใช้งาน} \times \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง}\right]}{1000}$$

$$E_A = \frac{(W_{hd} \times W_{dy} \times u \times P_T)}{1000} \quad ...(10)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.3.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด เป็นการหาค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงลบค่าพลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด = พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง - พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

$$E_R = E_B - E_A \quad ...(11)$$

2.2.3.6 ค่าเงินที่ประหยัดได้ เป็นการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้คูณกับค่าไฟเฉลี่ยของแต่ละเดือน ซึ่งมีสูตรดังนี้

ค่าเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด × ค่าไฟ

$$B = E_R \times M_L \quad ...(12)$$

นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาทำการเปรียบเทียบหาผลตอบแทน ผลตอบแทนที่ได้ของมาตรการใดสามารถประหยัดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย และพลังงานไฟฟ้ารวมของบัลลาสต์และหลอดไฟ เมื่อนำมาคูณกับค่าไฟเฉลี่ยของแต่ละเดือนจะทำให้ทราบเงินที่สามารถประหยัดได้ จากนั้นก็ทำการออกแบบมาตรการและเงินลงทุนที่จะใช้ในการปรับปรุงเพื่อหาค่าระยะเวลาการคืนทุน มาตรการใดมีค่าระยะเวลาการคืนทุนเร็วกว่า ก็จะเป็นมาตรการที่ดี และควรเลือกใช้ในการปรับปรุง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3 ระบบปรับอากาศ

2.3.1.ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอัด[1]

ระบบปรับอากาศทั่วไปในปัจจุบันมักจะเป็นเครื่องปรับอากาศแบบอัด ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบเครื่องเย็นแบบนี้มีดังนี้

1. ตัวเครื่องอัดหรือตัวคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ซึ่งมีหน้าที่ดูดและอัดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊ส เพื่อส่งต่อไปในส่วนต่างๆของระบบ

2. ตัวเครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์ (Condenser) มีหน้าที่ระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่เป็นแก๊ส และเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นแก๊สให้อยู่ในรูปของของเหลว อากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงเกือบ 10 เปอร์เซ็นต์

3. ตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant Control) มีหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์ และเป็นอุปกรณ์ลดความดันของสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจากแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำ

4. ตัวอีแวปปอเรเตอร์(Evaporator) มีหน้าที่รับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวและแรงดันต่ำเข้ามา เพื่อที่จะนำทำการ Evaporate ทำให้สารทำความเย็นกลายจากของเหลวเป็นไอ

5. อุปกรณ์ช่วยต่างๆของระบบ เช่นถังพักสารทำความเย็น (Liquid Receiver) ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรก (Filter Drier) ตัวดูดสารทำความเย็น (Sight Glass) กล่องดักสารเหลว

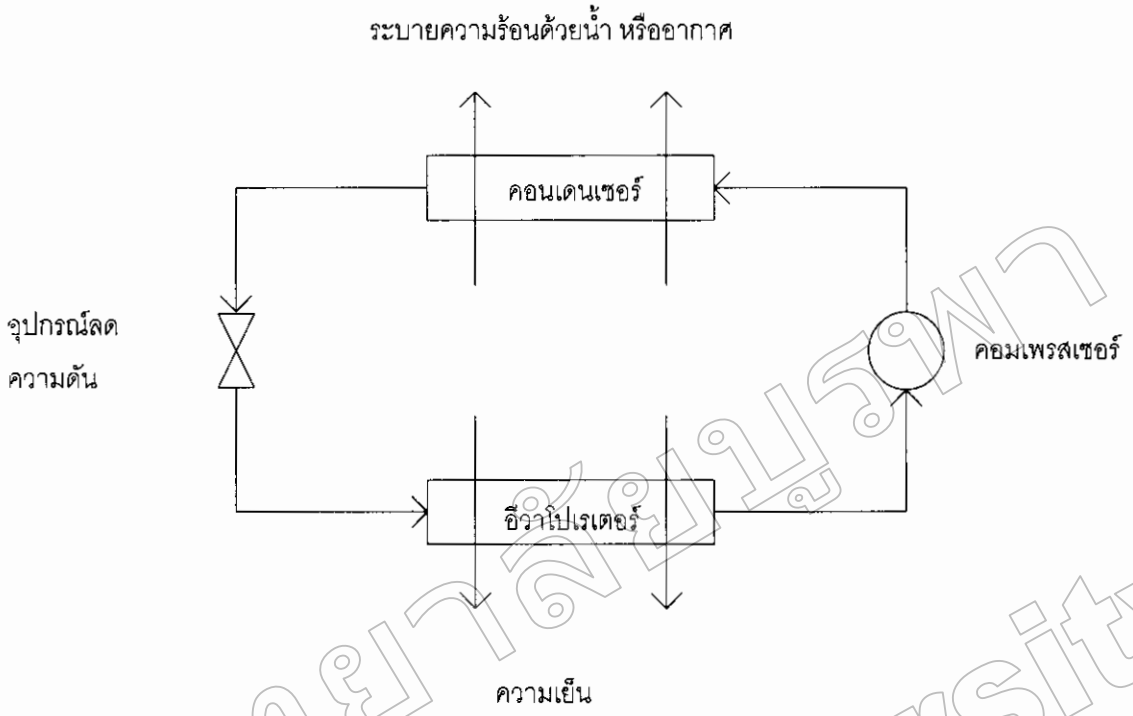
6. อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมสตัท (Thermostat) ตัวควบคุมแรงดัน (Pressure Control) ตัวควบคุมแรงดันน้ำมัน (Oil Pressure Control)

ด้วยระบบที่มีส่วนประกอบดังนี้ สารทำความเย็นที่เติมไว้ในระบบ จะเปลี่ยนแปลงสถานะกลับไปกลับมาระหว่างแก๊สกับของเหลว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเติม เพียงแต่เมื่อเกิดการรั่วซึม (Leak) จึงจะทำการเติมเท่านั้น

2.3.2 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัด

เริ่มต้นจากการที่ Compressor ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจาก Evaporator ปรับจากสารที่ความดันต่ำไปเป็นสารที่ความดันสูง และมีอุณหภูมิสูงขึ้น ตามกฎของชาร์ล และจะถูกส่งผ่านไปที่ Condenser เพื่อทำการควบแน่นสารทำความเย็น และส่งผ่านไปยัง Expansion Valve เพื่อทำการปรับลดความดันให้อยู่ในสภาพปกติ ก่อนเข้า Evaporator หลังจากนั้นจะทำการรับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมและอัดเข้าสู่ Compressor เวียนเป็นวัฏจักร ดังรูปที่ 2.5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบอัด [10]

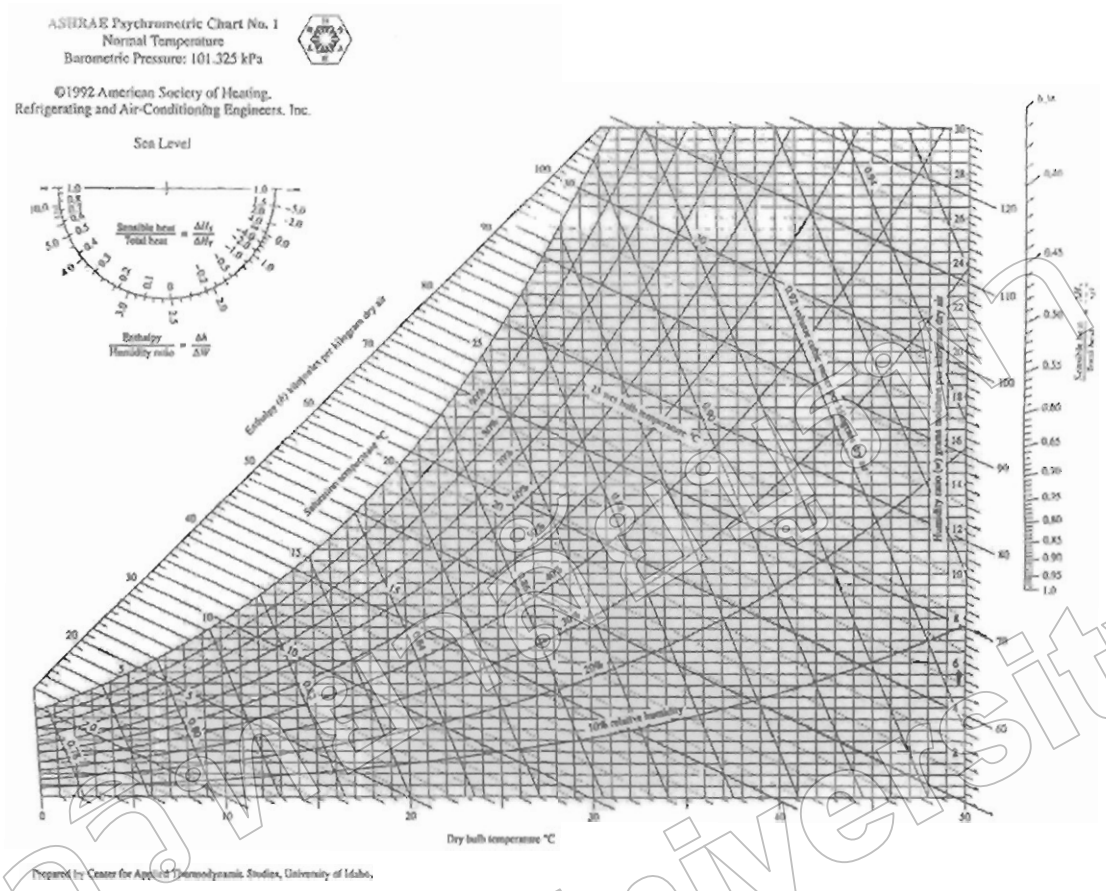
2.3.3. ไซโครเมตริกชาร์ท[3]

การที่เราจะสามารถหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศนั้น เราสามารถหาค่าดังกล่าวได้หลายวิธี ไซโครเมตริกชาร์ทก็เป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีที่นำเอาคุณสมบัติต่างๆของอากาศที่มีความดันคงที่ความดันหนึ่งมาหาตำแหน่งเพื่อหาค่าเอนทัลปีที่ต้องการ ในชาร์ทนี้จะประกอบด้วย

1. ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง °C
2. ค่าเปอร์เซนต์ความชื้น
3. ค่าเอนทัลปี
4. ค่าความชื้นสัมพัทธ์
5. ปริมาตรอากาศแห้ง

ตัวอย่างของไซโครเมตริกชาร์ทดังแสดงในรูปที่ 2.6 เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากชาร์ทดังกล่าวได้มีการประยุกต์ใช้ให้สะดวกแล้วแต่ละสถานที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 2.6 แสดงไซโครเมตริกชาร์ทอ้างอิงจากชาร์ทของ ASHRAE[1] [3]

2.3.4. มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร [9]

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันทำความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (Full Load) หรือภาระใช้งานจริง (Actual load) โดยใช้การคำนวณดังวิธีต่อไปนี้

สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น

$$ChP = \frac{kW}{TON} \qquad ...(13)$$

ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น

$$COP = \frac{Btu/hr}{kW} = \frac{Cooling\ Load}{Power} \qquad ...(14)$$

หรือมีอีกค่าหนึ่งคือ

$$EER = \frac{Btu/hr}{kW} \qquad ...(15)$$

[1] ASHRAE = The American Society of Heating , Refrigeration , and Air- Conditioning Engineers.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เครื่องปรับอากาศที่ดีต้องมีค่า EER สูงๆ ในทางการค้าหากต้องการโฆษณาขายเครื่องปรับอากาศ ต้องมี EER ประมาณ 10 หรือ มากกว่า จะขายได้ดีเพราะว่ากินไฟน้อย แต่ถ้า EER เป็น 7-8 แสดงว่าเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพต่ำ และเคยพบโฆษณาเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER ถึง 11.5 เลยทีเดียว ในขณะเดียวกันยังพบว่าเครื่องปรับอากาศถูกๆ หลายยี่ห้อมีค่า EER เพียง 7 ซึ่งเท่ากับว่ากินไฟมากกว่า 50 % เลยทีเดียว

และเมื่อทำการหาค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศเหล่านี้แล้ว ต้องทำข้อเปรียบเทียบระหว่างค่าสมรรถนะของเครื่องที่หามาได้กับค่าสมรรถนะของเครื่องตามตารางมาตรฐานของระบบปรับอากาศดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.7 แสดงมาตรฐานสมรรถนะของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ [8]

ชนิดส่วนทำความเย็น	อาคารเก่า	อาคารใหม่
	(กิโลวัตต์ต่อตันทำความเย็น)	
ก. ส่วนทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันทำความเย็น	1.4	1.2
ขนาดเกินกว่า 250 ตันทำความเย็น	1.3	1.25
ข. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันทำความเย็น	1.37	1.4
ขนาดเกินกว่า 50 ตันทำความเย็น	1.61	1.38
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.50	1.44
ง. เครื่องทำความเย็นแบบแยกส่วน (Split Type)	1.58	1.61

การทำความเย็นของอาคารยังต้องทำการเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพการทำความเย็นกับค่าการส่งผ่านความร้อนรวม (OTTV Overall Thermal Transfer Value) และค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมหล่านี้ต้องมีการควบคุมให้อยู่ในช่วงของ พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2535 โดยต้องมีค่าไม่เกินค่าดังตารางที่ 2.6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2535 [7]

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม	อาคารเก่า	อาคารใหม่
OTTV (วัตต์/ตร.ม.)	55	45
RTTV (วัตต์/ตร.ม.)	25	25

หมายเหตุ - อาคารใหม่ คือ อาคารที่ขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุม มีผลบังคับใช้ (14 ธันวาคม 2538)

- อาคารเก่า คือ อาคารที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ หรือกำลังก่อสร้าง หรือยังไม่ได้ก่อสร้าง แต่ยื่นเรื่องขออนุญาตก่อนวันดังกล่าว

2.3.5. ภาระการทำความเย็น[2]

ในประเทศไทยมีอุณหภูมิประมาณ 28-30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 % ส่วนอุณหภูมิในช่วงของความสบายของคนจะอยู่ในช่วง 23-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 20-60 % นอกจากนี้ระบบปรับอากาศ ยังต้องการอากาศในการหมุนเวียนของอากาศในพื้นที่นั้นๆอีกด้วย ทำให้มีการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องและใช้กันอย่างแพร่หลาย ภาระการทำความเย็นมาจาก 2 แหล่งคือ

1. ความร้อนจากภายนอกอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นความร้อนที่ได้จากดวงอาทิตย์ รวมถึงการรั่วซึมของอากาศภายนอก
2. ความร้อนจากภายในอาคาร ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์แสงสว่าง อุปกรณ์สำนักงาน ความร้อนจากร่างกาย

โดยที่แหล่งทำความร้อนจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มภาระของการทำความเย็น ส่วนปัจจัยอื่นๆจะมีผลรองลงมา ค่าความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารดังกล่าวสามารถแยกได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. การนำความร้อนและการแผ่รังสีของผนังทึบ จากนั้นความร้อนจากผนังทึบเลื่อนตัวผ่านไปยังผนังห้องโดยการพาความร้อน
2. การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังกระจก
3. การนำความร้อนผ่านผนังกระจกเนื่องจากความต่างของอุณหภูมิ
4. การพาความร้อนเนื่องจากอากาศรั่วซึมของอากาศนอกอาคาร

ค่าต่างๆที่ได้จาก 4 ข้อดังกล่าวเมื่อนำมารวมกันเราสามารถเรียกค่าผลรวมดังกล่าวว่าค่าการส่งผ่านความร้อนรวม (OTTV : Overall Thermal Transfer Value)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สูตรการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารในรูปแบบต่างๆ

ค่าความต้านทานรวม

$$R_{รวม} = R_o + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + ... + \frac{X_n}{k_n} + R_i \quad ...(16)$$

ค่าการนำความร้อนและค่าการแผ่รังสีผ่านผนัง

$$Q = U_W TD_{eq} (1 - WWR) \quad ...(17)$$

ค่าการแผ่รังสีผ่านกระจก

$$Q = SF\ SC\ WWR \quad ...(18)$$

$$Q = U_f\ WWR\ \Delta T \quad ...(19)$$

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง

$OTTV_i$ = ค่านำความร้อนผ่านผนัง+ค่าการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก+นำความร้อนผ่านกระจก

$$= U_W TD_{eq} (1\text{-}WWR) + SF\ SC\ WWR + U_1\ WWR\ T_R \quad (20)$$

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทั้งหมด

$$OTTV = \frac{OTTV_1A_1 + OTTV_2A_2 + ... + OTTV_iA_i}{A_1 + A_2 + ... + A_i} \quad ...(21)$$

การถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value)

$$RTTV_i = U_r\ TD_{eq}\ (1\text{-}SRR) + (SF)(SC)(SRR) + U_S\ (SRR)\ \Delta T \quad ...(22)$$

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทั้งหมด

$$RTTV = \frac{RTTV_1A_1 + RTTV_2A_2 + ... + RTTV_iA_i}{A_1 + A_2 + ... + A_i} \quad ...(23)$$

2.3.6 โหลดความร้อนในลักษณะอื่นๆ[3]

2.3.6.1 ความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส

ปริมาณความร้อนที่คายจากร่างกายมีค่าไม่คงที่ โดยจะแปรตามสภาพกิจกรรม ภาวะอากาศและตัวบุคคลแต่ละคนรวมทั้งเพศและวัย ตารางที่ 2.7 ซึ่งสามารถนำไปใช้คำนวณโหลดความเย็นของห้องได้สะดวกขึ้น โดยที่ค่าความร้อนสัมผัสและค่าความร้อนแฝงนั้นจะถูกปล่อยมาจากคนและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในสำนักงาน ความร้อนสัมผัสนั้นอาจถูกส่วนประกอบของอาคารอมไว้ก็ได้ อีกทั้งเมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือเครื่องใช้ไว้ใต้ครอบระบายอากาศ (Hoods) ห้องจะได้รับความร้อนน้อยลง โดยมีสมการดังนี้

ค่าความร้อนสัมผัส $Q_s = q_s n(CLF_H)$ ...(24)

ค่าความร้อนแฝง $Q_L = q_L n$ ...(25)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2.9 แสดงค่าความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของคนในกิจกรรมต่าง ๆ

ประเภทกิจกรรม	ตัวอย่างสถานที่	ความร้อนสัมผัส			ความร้อนแฝง		
		Watt	Btu/h	kcal/hr	Watt	Btu/h	kcal/hr
นั่งนิ่ง	โรงหนัง	60	210	55	40	140	30
นั่ง,ทำงานเบามาก	สำนักงาน	65	230	55	55	190	50
กินอาหาร	ภัตตาคาร	75	255	60	95	325	80
พิมพ์ดีด,ทำงานเบา	โรงแรม	75	255	60	75	255	65
เดินช้าๆ,ทำงานเบา	ธนาคาร	90	315	80	95	325	80
งานช่างขนาดเบา	โรงงาน	100	345	90	130	435	110
เดิน 3 mile/hr	โรงงาน	100	345	90	205	695	170
โบว์ลิ่ง	ลานโบว์ลิ่ง	100	345	90	180	615	150
เต้นรำป่านกลาง	ห้องเต้นรำ	120	405	100	255	875	220
งานหนัก,งานช่าง	โรงงาน	165	565	140	300	1035	260
งานหนัก,กีฬา	โรงยิม	185	635	160	340	1165	290

2.3.6..2 ค่าความร้อนของแสงไฟ

$$Q= 3.4WF_b(CLF_p) \quad ...(26)$$

ค่า CLF_p นั้นเป็นค่าความร้อนจากแสงสว่างส่วนที่ถูกวัสดุต่างๆอมไว้ ปริมาณความร้อนที่ถูกอมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งชั่วโมงการเปิดหลอดไฟ, ชั่วโมงการทำความเย็น, ชนิดของโคมและการระบายอากาศ ดังนั้นผู้ทำการตรวจสอบต้องใช้ความระมัดระวังในการเลือกใช้ อีกทั้งต้องมีประสบการณ์มากคำนวณอย่างมาก โดยหาดูค่าตารางของ CLF_p ได้จากหนังสือ ASHRAE Fundamental Volume ปต่ในการตรวจสอบนี้ใช้ค่า $CLF_p= 1$

2.3.6.3 โหลดจากอากาศรั่วเข้าห้องและอากาศระบาย

อากาศรั่วเข้าห้องเกิดจากความดันอากาศนอกห้องสูงกว่าความดันอากาศภายในฉะนั้นอากาศจึงถูกดันเข้ามาตามช่องที่เปิดตามขอบหน้าต่างขอบประตู โดยที่ปริมาณของอากาศเข้าห้องจะสัมพันธ์กับความเร็วลม ในการพิจารณาเมื่อมีผนังถูกลมทั้ง 2 ด้านจะใช้ด้านที่มีปริมาณอากาศเข้าสูงสุดมาคิดเพียงด้านเดียวเนื่องจาก ลมจะพัดมาปะทะกับผนังด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q=72\ CMM_{oa}(h_{oa}-h_{rm}) \quad ...(27)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3.6.4 ค่าภาวะและปริมาณอากาศที่ส่งเข้าห้องปรับอากาศ

อาจแบ่งโหลดทำความเย็นของห้องปรับอากาศ (q_t) ออกเป็น 2 ประเภทคือ โหลดเนื่องจากความร้อนสัมผัส (q_s) และโหลดเนื่องจากความร้อนแฝง (q_l) โหลดเนื่องจากความร้อนสัมผัสจะทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในห้องสูงขึ้น โหลดเนื่องจากความร้อนแฝงจะทำให้ความชื้นสูงขึ้น

$$\Delta q = h_1 - h_s \quad ...(28)$$

$$q_s = 1.1 \text{ cfm } (dT) \quad ...(29)$$

2.3.7 การลดการใช้พลังงานในลักษณะต่างๆ

2.3.7.1 การลดค่าความร้อนผ่านกระจก

1. ควรให้มีพื้นที่ของกระจกใน ทิศตะวันออก ตะวันตกและใต้ น้อยที่สุด
2. ใช้กระจกที่กันความร้อนได้ดีแทนกระจกใสธรรมดา เช่น
   กระจกดูดซึมความร้อน (Heat Absorbing Glass)
   กระจกสะท้อนความร้อน (Heat Reflected Glass)
3. ติดตั้งกันสาด กันสาดแนวดิ่ง กันสาดแนวราบ กันสาดผสม ม่านมูลี่

2.3.7.2 การลดความร้อนผ่านผนังทึบ

1. ใช้สีอ่อนกับผนังด้านนอกอาคารเพื่อช่วยสะท้อนความร้อนของแสงอาทิตย์
2. ใช้ผนังมวลเบาซึ่งมีค่า U ต่ำกว่า 2 วัตต์/ตร.ม. °C
3. ใช้ผนังกั้นความร้อนสำเร็จรูป U=0.52 วัตต์/ตร.ม. °C หรือผนังปูนฉาบที่มีค่า U=3.5 วัตต์/ตร.ม. °C
4. บุฉนวนใยแก้วหรือพ่นฉนวนเยื่อกระดาษในผนังทึบด้านใน พ่นฉนวนเซรามิคด้านนอก

2.3.7.3 การลดความร้อนผ่านหลังคา

1. บุฉนวนกันความร้อนใต้ฝ้า หรือ ใต้ชั้นหลังคา
2. ปูแผ่นสะท้อนความร้อนใต้ผนังหรือพ่นฉนวนเซรามิคที่หลังคา

2.3.7.4.การลดความร้อนรั่วซึมเข้าสู่อาคาร

1. อุดรอยรั่วบริเวณรอยต่อผนัง
2. ติดตั้งม่านอากาศ
3. ใช้ประตู 2 ชั้นหรือใช้ประตูปิดเปิดอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3.7.5 การควบคุมการทำงานปรับอากาศแบบมีประสิทธิภาพ [2]

ระบบปรับอากาศส่วนใหญ่จะถูกออกแบบให้มีขนาดพิกัดเกินกว่าภาระการทำความเย็นจริงเพื่อสำรองไว้สำหรับความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ จำนวนผู้อาศัยหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดภาระต่อการทำความเย็น ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับความเป็นจริง ก็จะช่วยประหยัดพลังงานได้

1. ปรับอุณหภูมิเทอร์โมสตัทให้เหมาะสม

บริเวณปรับอากาศทั่วไป ควรปรับเทอร์โมสตัทให้อุณหภูมิ 25 C° และเทอร์โมสตัทและควรเลือกใช้เทอร์โมสตัทที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเย็นได้เร็ว ปรับอุณหภูมิได้รวดเร็วสามารถคำนวณหาค่าการประหยัดได้จากสมการ

$$\text{ภาระทำความเย็นที่ประหยัดได้} = [3.6UA + 72.3CMM_{oa}]\Delta T \quad ...(30)$$

2. การกระจายของลมเย็น

อากาศเย็นจะมีการกระจายที่ระดับต่ำเมื่อเทียบกับอากาศร้อน การทำงานในอาคารมีผลทำให้เกิดอุปสรรคต่อการไหลของอากาศได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์การไหลของอากาศเย็นให้ดี เพื่อเป็นการใช้เครื่องปรับอากาศอย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.3.7.6 การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

เครื่องปรับอากาศมีด้วยกันทั้งสิ้น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว มีด้วยกัน 3 ประเภท คือ
   1.1. เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง
   1.2. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
   1.3. เครื่องปรับอากาศแบบ Package
2. เครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง

แต่ในอาคารที่ทำการสำรวจพบเครื่องปรับอากาศเพียง 2 ประเภทคือ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและเครื่องปรับอากาศแบบ Package Type ฉะนั้นเราจึงควรทำความเข้าใจกับเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 แบบได้ดังนี้

2.3.7.6.1 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)[12]

เป็นเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างโดยแบ่งเป็นสองส่วนส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor Unit หรือ Condensing Unit (CDU) ส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor Unit หรือ Evaporator Unit หรือเชิงพาณิชย์อาจเรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit, FCU) หรือ ถ้าตัวโตๆ ที่มีลักษณะเป็นตู้ ก็มีคนเรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) ซึ่งมีชื่อเรียกต่างๆนานา เราควรมาทำความเข้าใจ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หน้าที่ของเครื่องจะดีกว่า เพราะในปัจจุบันส่วน Indoor Unit ยังมีรุ่นใหม่ๆ เกิดขึ้นอีก เช่น รุ่น Wall Type, Cassette Type, Column Type ฯลฯ

เครื่องปรับอากาศเหล่านี้ มักจะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75 - 30 ตัน) โดยที่ตำแหน่งที่วาง Condensing Unit จะต้องระบายอากาศได้ดี และหากติดตั้งในอาคารสูง จะต้องพิจารณาผลจากแรงลมที่จะมาปะทะอาคารด้วย โดยทั่วไป CDU ไม่ควรอยู่ห่างจาก FCU หรือ AHU เกิน 15 เมตร การพิจารณาที่ตั้ง Condensing Unit ควรจะทราบถึงลักษณะของเครื่องที่จะใช้ด้วย เพราะมีทั้งรุ่นที่เป่าลมร้อนด้านข้าง และรุ่นที่เป่าลมร้อนขึ้นด้านบน รวมทั้งลักษณะการนำลมเข้ามาระบายความร้อนของเครื่องว่าลมเข้าในลักษณะใด เพื่อให้เครื่องระบายความร้อนได้ดี ในปัจจุบันได้อาศัยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) เป็นตัวควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ให้หยุดหรือเดินตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทรุ่นหลังๆนี้ จะเป็นแบบอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่าเดิม ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และช่วยในการประหยัดไฟฟ้า อุปกรณ์นี้เราจะพบว่ามีทั้งรุ่นที่เป็นรีโมท (Remote) แบบมีสาย หรือไร้สาย สามารถตั้งเวลาได้

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ยังเน้นที่การใช้ที่ตั้ง Condensing Unit ให้น้อยลง โดยออกแบบให้เครื่อง Condensing Unit เครื่องเดียวสามารถที่จะใช้กับ Fancoil ได้หลายๆ ชุด เครื่องปรับอากาศแบบนี้ในสมัยแรก ก็เหมือนกับการเอา Condensing Unit หลายๆชุดมารวมกันไว้ในตัวเดียว แต่ในรุ่นใหม่จะใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับรอบได้ ประกอบกับถังสำรองสารทำความเย็น และน้ำมันหล่อลื่น และใช้วาล์วอิเลคทรอนิกส์ในการควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไปยัง Fancoil Unit จุดเด่นของเครื่องรุ่นใหม่ก็คือ Fancoil Unit แต่ละตัวสามารถเปิดปิดได้โดยอิสระ และสามารถมีขนาดที่แตกต่างกันได้

2.3.7.6.2 เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว (Packaged Unit)[12]

เครื่องแบบนี้มีโครงสร้างเหมือนกับ (Split Type) แต่มีขนาดใหญ่กว่า มีทั้งชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ เรียกว่า Packaged Air-cooled Air-conditioner และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เรียกว่า Packaged Water-cooled Air-conditioner การใช้น้ำในการระบายความร้อนมักจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศPackaged Air-cooled Air-conditioner แต่ต้องสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้งมากกว่า

อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องปรับอากาศ ประเภทที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.4 - 1.7 กิโลวัตต์/ตัน (ตัน ในที่นี้ คือ ตัน และ 1 ตันความเย็น

เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง) ซึ่งนับว่าสูงมาก และสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 20 - 30 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว

ความจริงหากจะสร้างให้เครื่องปรับอากาศชนิดนี้กินไฟน้อยลง ก็สามารถทำได้ เช่น การขยายคอนเดนเซอร์ให้ใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น การใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Compressor) การใช้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ก็อาจจะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลงมาที่ประมาณ 1.2 - 1.3 กิโลวัตต์/ตันได้ แต่ตัวเครื่องจะมีราคาแพงขึ้นบ้าง ปัญหาอยู่ที่ในอดีต เราไม่ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับตัวเลข กิโลวัตต์/ตัน เท่าใดนัก ชาวบ้านทั่วไปเวลาซื้อเครื่องปรับอากาศสนใจที่ บาท/ตัน มากกว่า ผู้จำหน่ายจึงขายโดยสู้กันที่ราคามากกว่าคุณภาพ ทำให้เครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักจะเป็นเครื่องที่กินไฟมาก หากจะขยายคอนเดนเซอร์ ฯลฯ จะต้องสั่งพิเศษ และมีจำนวนที่มากพอจึงจะผลิตให้(กฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่ประกาศใช้ในปี 2538 บังคับให้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะต้องกินไฟไม่เกิน 1.4 กิโลวัตต์/ตัน ซึ่งจะช่วยให้การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศน้อยลงกว่าในอดีต)

การใช้เครื่องปรับอากาศ Packaged Air-cooled Air-conditioner ยังต้องพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งให้เหมาะสม มีการระบายความร้อนที่ดี และจะต้องพิจารณาแรงลมที่มาปะทะในกรณีของอาคารสูง ถ้าให้ดีควรจะติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน สำหรับทางลมเข้าและทางลมออกตั้งฉากกัน คือ ให้ทางลมเข้าทางหนึ่งทำมุม 90 องศา กับทางระบายลมร้อนที่ออกในทิศที่ตั้งฉากกัน (หรือถ้าเข้าออกในทิศทางตรงกันข้ามกับทางลมเข้าก็ยิ่งดี) และให้เกล็ดระบายลมร้อน มีลักษณะที่ช่วยให้ลมร้อนเบ่าออกไปห่างเครื่องให้ได้ไกลๆ เช่น การใช้เกล็ดที่มีใบที่สามารถดัดทิศทางลมให้วิ่งไปในแนวราบ แทนที่จะเป่าเป็นมุมเอียงลง เพื่อป้องกันไม่ให้ลมร้อนย้อนกลับเข้ามาที่คอนเดนเซอร์ อันจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.4. การวิเคราะห์ทางการเงิน

2.4.1 อัตราผลตอบแทนภายใน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้สำหรับตัดสินใจเลือกโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ในขณะที่อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) บอกให้ทราบผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน

อัตราผลตอบแทนภายในคือ อัตราลดค่าที่ทำให้มูลค่าสุทธิเท่ากับศูนย์โครงการมีค่า IRR มากกว่าค่า i ที่กำหนดจะคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนต่างก็คือกำไรจากการลงทุนโครงการ อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return : FIRR) เป็นผลตอบแทนที่ผู้ลงทุนโครงการโดยตรง โดยมูลค่าของเงินลงทุน อัตราค่าพลังงาน จะคิดจากมูลค่าที่ผู้ลงทุนจ่ายจริง และจะคำนึงถึงอัตราดอกเบี้ย ภาษีต่างๆ ที่จ่ายออกไปทั้งหมดการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในจะคำนึงถึงผลประหยัดของโครงการตลอดอายุการใช้งานและคำนึงถึงค่าของเงินที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

การคำนวณ FIRR

จากข้อมูลที่สมมุติขึ้น ให้ค่า NPV = 10 % = 6,289,236 บาท

การวิเคราะห์หาค่า FIRR หรือค่า i ที่ทำให้ NPV = 0

i	NPV
50	692,020
60	209,693
70	-150,729

ดังนั้นค่า i ที่ทำให้ค่า NPV = 0 จะอยู่ระหว่าง 60-70 เราจะใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ ในการหาค่า FIRR ที่เราต้องการ จากข้อมูลนี้เราจะได้ว่า

ถ้าผลต่าง NPV 360,422 (-150,729 – 209,693) ผลต่าง i = 10

ถ้าผลต่าง NPV 150,729 (-150,729 – 0) ผลต่าง i = 10 x 150,729/360,422

= 4.18%

FIRR = 70 – 4.18 = 65.82%

ในการวิเคราะห์โครงงานทางด้านวิศวกรรมใดๆ การหาอัตราผลตอบแทนสำหรับโครงงานต่างๆ เหล่านั้นจะมีประโยชน์ต่อการตัดสินใจอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะว่าโครงงานต่างๆ เหล่านั้นมักจะมีแผนการดำเนินงานโดยต้องอาศัยเงินทุนจากการกู้ยืม ซึ่งจะคืนเงินส่วนที่กู้มาได้โดยอาศัยผลประโยชน์จากโครงงานในระยะเวลาที่จะดำเนินการในอนาคต ดังนั้นโครงงานนั้นจะต้องรวมค่าดอกเบี้ยเป็นค่าใช้จ่าย และถ้าโครงงานนั้นไม่สามารถทำรายได้ให้มีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าดอกเบี้ย ถ้าทั้งโครงการดำเนินงานโดยอาศัยเงินกู้เพียงอย่างเดียว ก็เท่ากับโครงงานนั้นไม่มีกำไร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

นอกจากนี้โดยเหตุผลที่ว่าโครงงานวิศวกรรมที่จะลงทุน เป็นการประเมินตัวเลขต่างๆ ในอนาคต ดังนั้นจะต้องมีความเสี่ยงของความไม่แน่นอนในอนาคตด้วย ผลตอบแทนโครงงานจึงต้องมีค่าสูงไว้เพื่อสำรองความเสี่ยงนั้น ยิ่งความเสี่ยงมีค่าสูงเท่าไรอัตราผลตอบแทนควรจะมีค่ามากขึ้นเท่านั้น ถ้าจะเปรียบอัตราดอกเบี้ยเป็นเสมือนราคาของสินค้า อัตราดอกเบี้ยสูงก็คล้ายกับสินค้าราคาสูง ต่างกันตรงที่เป็นจำนวนเงินทุนทรัพย์แทนที่จะเป็นสินค้า ดังนั้นรูปแบบตามลักษณะของอุปสงค์และอุปทานสำหรับจำนวนเงินทุนทรัพย์จะมีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ ถ้าอัตราดอกเบี้ยสูงก็มีอุปทานสูงคือมีผู้ยินดีจะให้กู้หรือฝากธนาคารมากขึ้น ในขณะเดียวกันถ้าอัตราดอกเบี้ยต่ำอุปสงค์จะสูงขึ้นคือ มีผู้ยินดีจะลงทุนโดยอาศัยการกู้ยืมมากขึ้น อย่างไรก็ตามลักษณะของความเสียหายก็เป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลเกี่ยวข้องกับอัตราผลตอบแทนอยู่มาก

การตัดสินใจในการเลือกลงทุนสำหรับโครงการลงทุนต่างๆ เราจะต้องเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนดีที่สุด นั่นคือ การเลือกโครงการที่ให้อัตราผลตอบแทนสูงสุด แต่โดยเหตุผลของจำนวนเงินลงทุนที่ไม่เท่ากันการจะถืออัตราผลตอบแทนของแต่ละโครงการเป็นเครื่องตัดสินใจจึงไม่ถูกต้องนัก ในการเปรียบเทียบโครงการสองโครงการ จึงต้องวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของส่วนที่ลงทุนมากกว่าเป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจ ขั้นตอนของการตัดสินใจจะพิจารณาอัตราผลตอบแทนของแต่ละโครงการก่อนว่า โครงการใดเป็นโครงการที่น่าลงทุนอย่างไร โดยเปรียบเทียบกับอัตราดอกเบี้ยมาตรฐาน เช่นในขณะนี้อัตราดอกเบี้ยเงินเบิกเกินบัญชีทั่วๆ ไปคิด 15% โครงการใดที่ได้อัตราผลตอบแทนต่ำกว่า 15% ถือว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าสนใจ จากนั้นก็พิจารณาโครงการที่น่าสนใจเปรียบเทียบกันโดยคิดอัตราผลตอบแทนของส่วนที่ลงทุนมากกว่าโครงงาน ถ้าเกินกว่า 15% แสดงว่าโครงการที่ลงทุนมากกว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุนมากกว่า แล้วจึงเปรียบเทียบโครงการที่ลงทุนมากกว่าที่เหลือกับโครงการที่เราเลือกก่อนแล้ว พิจารณาในลักษณะเดียวกันจนกว่าจะได้โครงการที่ดีที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

3.1.1 Power and Harmonics Analyzer

- ชื่อเครื่องมือ : Power and Harmonics Analyzer CA 8310
- บริษัทผู้ผลิต : Chauvin Arnoux
- การใช้งาน : วัดกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า
- ช่วงใช้งาน : กำลังไฟฟ้า 0 – 1000 กิโลวัตต์
  กระแสไฟฟ้า 0.5 – 3000 แอมป์
  ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0 – 600 โวลต์

3.1.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลม

- ชื่อเครื่องมือ : Temperature/Velocity Measuring Instrument Testo 435
- บริษัทผู้ผลิต : Testo
- การใช้งาน : วัดความเร็วลม และอุณหภูมิห้อง
- ช่วงใช้งาน : ความเร็วลม 0 – 50 เมตรต่อวินาที
  อุณหภูมิ -50 – 150 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

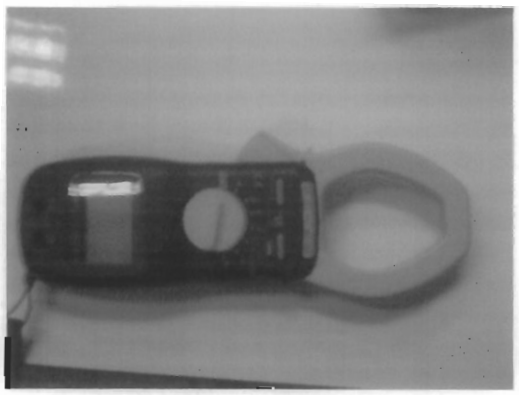
3.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

- ชื่อเครื่องมือ : Thermo hygrometer with flexible probe Testo 625
- บริษัทผู้ผลิต : Testo
- การใช้งาน : วัดความชื้น และอุณหภูมิห้อง
- ช่วงใช้งาน : ความชื้น 5-95 เปอร์เซ็นต์ความชื้น อุณหภูมิห้อง -20 – 70 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

3.1.4 Digital Clamp-on Tester

- ชื่อเครื่องมือ : Digital Clamp-on Tester 2343 04
- บริษัทผู้ผลิต : Yokogawa
- การใช้งาน : วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า
- ช่วงใช้งาน : กระแสไฟฟ้า 0 – 1000 แอมป์
  ความต่างศักย์ไฟฟ้า 0 – 600 โวลต์



รูปที่ 3.3 แสดง Digital Clamp-on Tester

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.1.5 Light Meter

- ชื่อเครื่องมือ : Light Meter TES - 1336
- บริษัทผู้ผลิต : TES
- การใช้งาน : วัดค่าความสว่างของอาคาร
- ช่วงใช้งาน : ค่าความสว่าง 0 – 2000 ลักซ์

รูปที่ 3.4 แสดง Light Meter

3.1.6 เข็มทิศ

- ชื่อเครื่องมือ : เข็มทิศ
- บริษัทผู้ผลิต : Loh Shan Compass
- การใช้งาน : วัดทิศทางการวางตัวของอาคารในระบบปรับอากาศ เพื่อศึกษาการค่าการดูดความร้อนของกรอบอาคาร

3.1.7 ตลับเมตร ความยาว 3 เมตร

- การใช้งาน : ใช้วัดพื้นที่ให้แสงสว่างในระบบแสงสว่าง และวัดกรอบอาคารในระบบปรับอากาศ

3.1.8 สายวัดเหล็ก ความยาว 15 เมตร

- การใช้งาน : ใช้วัดพื้นที่ให้แสงสว่างในระบบแสงสว่าง และวัดกรอบอาคารในระบบปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.2.1 การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

1. เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ตู้เมนไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง
2. บันทึกรายการอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานและชั่วโมงการใช้งาน
3. เก็บใบเสร็จค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนจำนวน 12 เดือน
4. นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ เช่น Load Factor แรงดันไฟฟ้า
5. เสนอแนวทางการแก้ไขการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.2.2 การวิเคราะห์ระบบแสงสว่าง

1. เก็บข้อมูลทางกายภาพของระบบแสงสว่าง เช่น ชนิดของหลอดไฟที่ใช้ ชนิดของโคมไฟที่ใช้ และชนิดของบัลลาสต์ที่ใช้ จำนวนของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบแสงสว่างแต่ละห้อง พร้อมทั้งแยกประเภทของอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย
2. เก็บค่าข้อมูลการตรวจวัดความสว่างด้วยเครื่องวัดความสว่าง โดยวัดที่จุดทำงานต่างๆ สูงจากพื้น 100 เซนติเมตร ทั่วบริเวณห้อง
3. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าจำนวนหลอด จำนวนโคม ค่าวัตต์รวมของหลอดกำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า ตามการคำนวณในหัวข้อ 2.2.3 รวมทั้งตรวจสอบรายละเอียดการตรวจวัดความสว่างเฉลี่ยเทียบกับค่ามาตรฐานจากตารางที่ 2.3
4. ออกแบบมาตรการที่จะใช้ในการปรับปรุงการใช้พลังงาน โดยการวิเคราะห์มาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ซึ่งมี 3 องค์ประกอบหลัก คือ การวิเคราะห์โคมไฟ การวิเคราะห์หลอดไฟ และการวิเคราะห์บัลลาสต์ เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยออกแบบแสงสว่างที่เน้นการให้แสงสว่างเฉพาะที่ตามหัวข้อ 2.2.2.3 ตรวจสอบอุปกรณ์และซ่อมบำรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ตามหัวข้อ 2.2.2.4 หรือติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ติดตั้งโคมสะท้อนแสง หลอดประสิทธิภาพสูง บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง ตามหัวข้อ 2.2.2.2
5. เลือกมาตรการการออกแบบโดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ก่อนและปรับปรุงมาตรการต่างๆ ของระบบแสงสว่าง
6. เสนอแนะแนวทางการแก้ไขการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2.3 การวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ

1. ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นและความเร็วลมออกจากช่องลมจ่ายและช่องลมกลับ
2. ตรวจวัดกระแสไฟที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขณะใช้งาน
3. วัดขนาดกรอบอาคารและความหนาของผนังและขนาดพื้นที่ใช้งานในส่วนของการปรับอากาศ
4. วัดทิศทางลักษณะการวางตัวของอาคาร
5. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานของอาคารหาพลังงานที่เครื่องปรับอากาศใช้ต่อพื้นที่การทำความเย็น

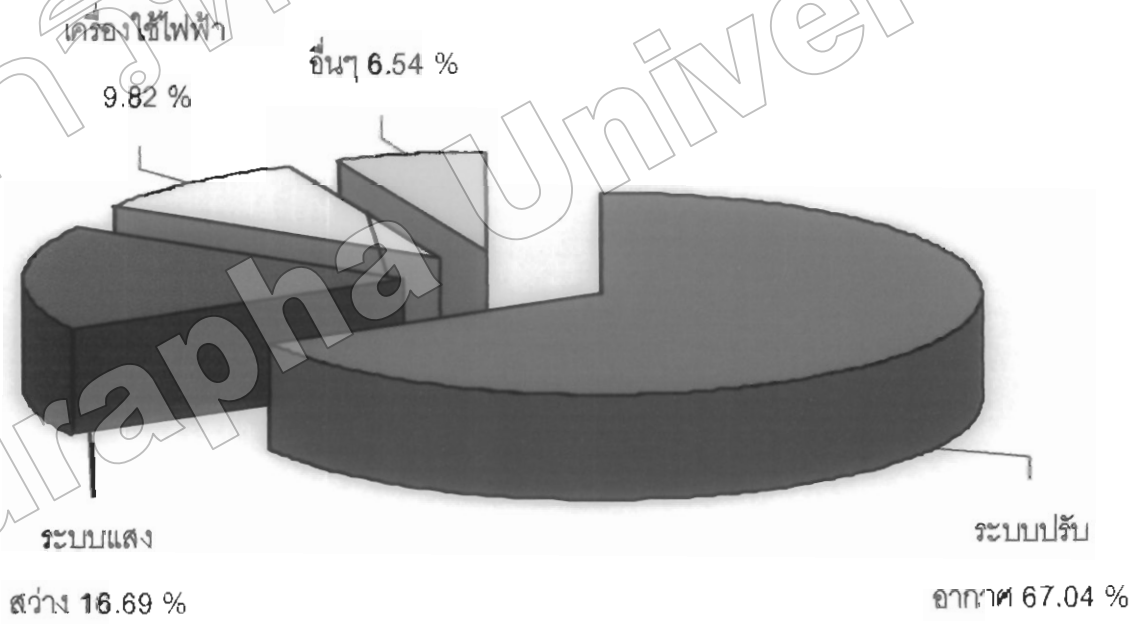
- หาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศแต่ละตัว
- ทำการคำนวณหาค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังของอาคาร
- ทำการเปรียบเทียบและปรับปรุงกำลังไฟฟ้าจากการปรับอากาศ
- เสนอแนวทางการแก้ไขการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการที่ทำการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานต่างๆของอาคารดังภาคผนวก ก. ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลระบบไฟฟ้า การวิเคราะห์ข้อมูลระบบแสงสว่าง และการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบปรับอากาศของอาคาร เพื่อเป็นการเสนอแนวทางการใช้พลังงานภายในอาคารให้ได้ประโยชน์สูงสุด และเป็นการช่วยในการอนุรักษ์พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด จากรูปที่ 4.1 จะแสดงแผนภาพการใช้พลังงานรวมของอาคารจะเห็นได้ว่าระบบปรับอากาศจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุดแสดงว่ามีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานมากที่สุด นั่นหมายถึงถ้าสามารถลดปริมาณพลังงานที่ใช้สำหรับระบบปรับอากาศลงได้ก็จะสามารถลดปริมาณพลังงานที่ใช้สำหรับอาคารได้มากด้วย

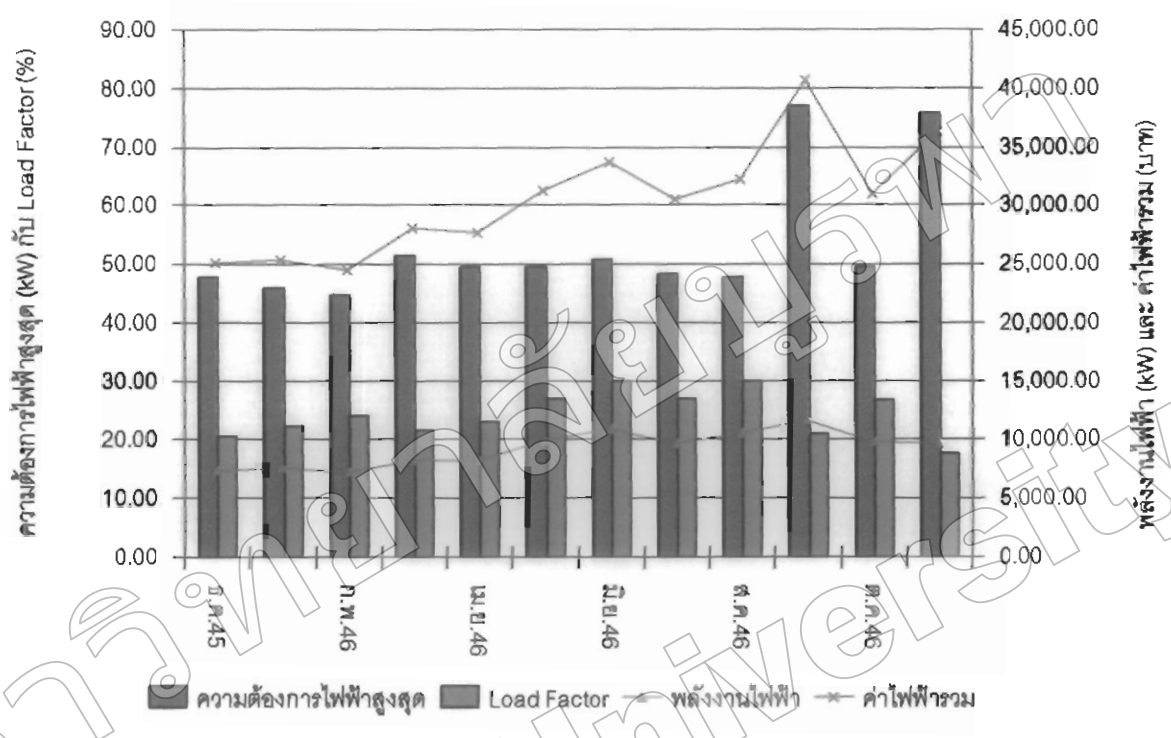


รูปที่ 4.1 แสดงแผนภูมิการใช้พลังงานในอาคาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1 ระบบไฟฟ้า

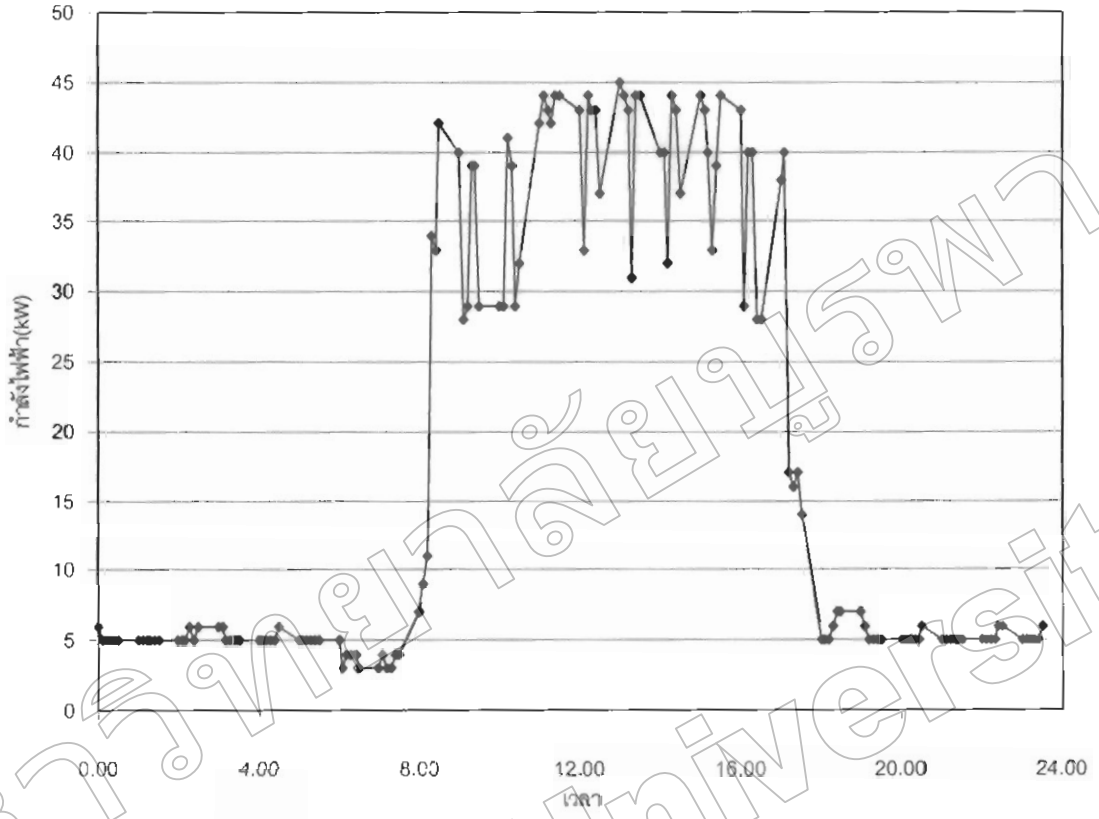
จากข้อมูลที่ทำการตรวจวัดค่าต่างๆ ของธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมนค่าที่สามารถนำมาแสดงได้ในรูปแบบของแผนภูมิได้ดังรูปที่ 4.2 – 4.4



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า, ความต้องการไฟฟ้า, Load Factor และ ค่าไฟฟ้ารวม ของบมจ. ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมน

จากรูปที่ 4.2 เป็นการแสดงภาพรวมการใช้ไฟฟ้าของอาคารซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าไฟฟ้าของอาคารในแต่ละเดือนจะมีค่าตามความต้องการไฟฟ้าสูงสุดถ้าเดือนใดมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมากค่าไฟฟ้าก็จะมีค่าสูง แต่ถ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดน้อยค่าไฟฟ้าก็จะลดลงตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องปรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

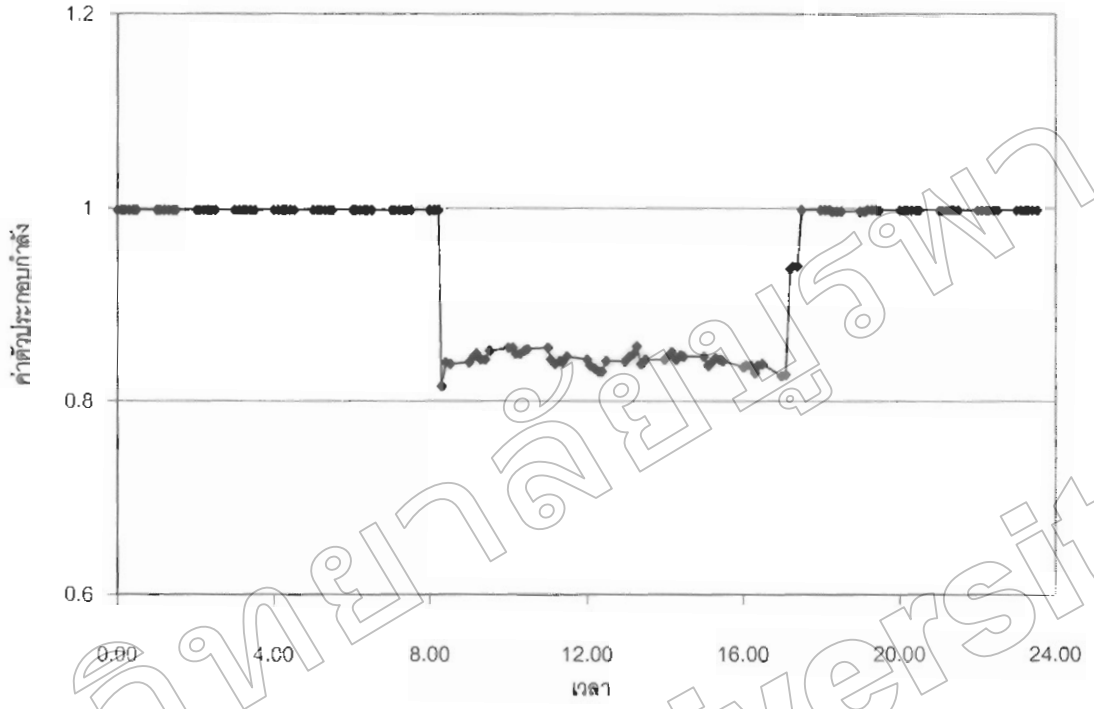
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (kW) กับเวลาที่เก็บข้อมูล

รูปที่ 4.3 เป็นการแสดงกำลังไฟฟ้า ที่อาคารใช้ใน 1 วัน ซึ่งอาคารมีการทำงานในระหว่าง เวลา 8.00 – 18.00 น. จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงดังกล่าวมาก กราฟที่ได้มีค่าขึ้นลงเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ถ้าสามารถลดการใช้เครื่องปรับอากาศลงได้ก็จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มาก เนื่องจากการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนที่มากที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลัง กับเวลาที่เก็บข้อมูล

จากรูปที่ 4.4 เป็นการแสดงค่าตัวประกอบกำลังซึ่งมีค่าอยู่ประมาณ 0.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีจึงไม่ต้องมีการปรับปรุง และทางอาคารได้มีการติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเรียบร้อยแล้ว จึงไม่ทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

4.1.1 การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของแต่ละเดือนขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ไฟฟ้า และขึ้นกับความสม่ำเสมอในการใช้ไฟฟ้า เดือนที่มีการพลังงานไฟฟ้าต่ำ แต่อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยมีค่าสูง เนื่องมาจากค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ที่สูง และในทางกลับกัน เดือนที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่มากนักจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่า ซึ่งจะทำให้อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยในเดือนนั้นมีค่าลดต่ำลง แสดงถึงประสิทธิภาพของความสม่ำเสมอในการใช้ไฟฟ้า จะมีผลกระทบโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าเช่นกัน จากข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้าในรอบ 1 ปี ของอาคารสามารถคำนวณ Load Factor ดังตารางที่ 4.1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณ Load Factor

เดือน	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด		พลังงานไฟฟ้า		Load Factor *
	kW	บาท	kWh	บาท	(%)
ธ.ค.45	47.74	9,369.45	7,320.44	12,469.64	20.61
ม.ค.46	45.90	9,008.33	7,629.50	12,996.09	22.34
ก.พ.46	44.68	8,768.90	7,193.14	12,252.79	23.96
มี.ค.46	51.41	10,089.73	8,247.92	14,049.51	21.56
เม.ย.46	49.57	9,728.61	8,212.73	13,989.56	23.01
พ.ค.46	49.57	9,920.21	9,920.21	16,864.36	26.90
มิ.ย.46	50.80	9,970.01	10,947.15	18,647.38	29.93
ก.ค.46	48.35	9,489.17	9,687.04	16,500.90	26.93
ส.ค.46	47.74	9,369.45	10,594.64	18,046.91	29.83
ก.ย.46	77.11	15,133.61	11,652.48	19,848.83	20.99
ต.ค.46	49.57	9,728.61	9,814.64	16,718.26	26.61
พ.ย.46	75.89	14,894.17	9,703.57	16,529.06	17.76
เฉลี่ย	53.19	10,455.85	9,243.62	15,742.77	24.20
Min	44.68	8,768.90	7,193.14	12,252.79	17.76
Max	77.11	15,133.61	11,652.48	19,848.83	29.93

หมายเหตุ * การคำนวณ Load Factor เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริง จะใช้ข้อมูลจำนวนวันในเดือนนั้นๆ เช่น ก.ค. 44 จำนวนวัน = 31 วัน/เดือน ก.พ. = 28 วัน/เดือน

จากตารางพบว่า ค่าเฉลี่ยของ Load Factor ในรอบปีที่ผ่านมา มีค่าเฉลี่ย 24.20 % ดังนั้น การพิจารณาปรับปรุง Load Factor ของเดือนที่มี Load Factor ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย โดยปรับปรุงให้Load Factor มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยเป้าหมายคือ 24.20 % ได้แก่เดือน ธ.ค. 45, ม.ค. 46. ก.พ. 46, มี.ค. 46, เม.ย. 46, ก.ย. 46, พ.ย. 46 โดยปรับให้ Load Factor มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยคือ 24.20% โดยควรดำเนินการควบคุม และจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร เช่นควรเปิดเครื่องปรับอากาศไม่พร้อมกัน ควร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เปิดห่างกันอย่างน้อย 15 นาที เพื่อเป็นการลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดลง หากทำการปรับปรุง Load Factor ให้มีค่าสูงขึ้นใกล้เคียงกับค่า Load Factor เฉลี่ยจากการประมาณการใช้พลังงานในปีที่ผ่านมา จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการปรับปรุงค่า Load Factor

เดือน	ลักษณะการใช้ไฟฟ้าเดิม		Load Factor (%)		ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดใหม่ (kW)	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง (kW)	ผลประหยัด (บาท/ปี)
	(kW)	(kWh)	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง			
ธ.ค.45	47.74	7,320.44	20.61	24.20	40.66	7.08	1,487.16
ม.ค.46	45.90	7,629.50	22.34	24.20	42.37	3.53	740.29
ก.พ.46	44.68	7,193.14	23.96	24.20	44.23	0.45	94.14
มี.ค.46	51.41	8,247.92	21.56	24.20	45.81	5.60	1,176.09
เม.ย.	49.57	8,212.73	23.01	24.20	47.13	2.44	511.44
พ.ค.46	49.57	9,920.21	26.90	-	-	-	-
มิ.ย.46	50.80	10,947.15	29.93	-	-	-	-
ก.ค.46	48.35	9,687.04	26.93	-	-	-	-
ส.ค.46	47.74	10,594.64	29.83	-	-	-	-
ก.ย.46	77.11	11,652.48	20.99	24.20	66.88	10.23	2,149.13
ต.ค.46	49.57	9,814.64	26.61	-	-	-	-
พ.ย.46	75.89	9,703.57	17.76	24.20	55.69	20.20	4,241.83
รวม						49.52	10,400.08

การปรับปรุง Load Factor หรือค่าตัวประกอบภาระทางไฟฟ้า ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.2 การปรับลดแรงดันไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าในระดับที่สูงหรือต่ำกว่าพิกัดแรงดันใช้งาน ในอุปกรณ์มากๆ โดยทั่วไปกำหนดที่ 380 โวลต์ สำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส หรือ 220 โวลต์สำหรับไฟฟ้า 1 เฟส จะมีผลทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านไฟฟ้าในแกนเหล็ก (Core Loss หรือ Iron Loss) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการระดับแรงดันไฟฟ้าตามพิกัดแรงดันที่กำหนดได้แก่ มอเตอร์ และหลอดแสงสว่าง เป็นต้น มีประสิทธิภาพลดต่ำลงตลอดจนทำให้อายุการใช้งานสั้นลงด้วยเช่นกัน ในการพิจารณาเปลี่ยน TAP แรงดันหม้อแปลงไฟฟ้าใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ จะทำให้แรงดันที่ขั้วหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าลดลงประมาณ 10 โวลต์ ซึ่งสามารถลดความสูญเสียทางไฟฟ้าในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าลงได้ การตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าในระบบอุปกรณ์ส่งจ่ายไฟฟ้าของธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมน ใช้หม้อแปลงขนาดพิกัด 250 kVA จำนวน 1 ลูก วัดแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 404 V ที่จุดปลายของระบบ ส่งจ่ายวัดได้ประมาณ 395 V เมื่อพิจารณาปรับ Tap ด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำของหม้อแปลงลดลง 1 Tapping Step (ประมาณ 10 V) ถ้าสามารถลดระดับแรงดันไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าลงเท่ากับ 394 โวลต์ จะสามารถลดความสูญเสียได้ประมาณ 300.4714 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 1,009.58 บาทต่อปี ซึ่งการปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ไม่มีการลงทุน ซึ่งสามารถดำเนินการโดยแจ้งให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคดำเนินการปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้กับทางอาคาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.2 ระบบแสงสว่าง

4.2.1 เก็บข้อมูล

จากการสำรวจระบบแสงสว่างในอาคารพบว่า มีการใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง ชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งสิ้น 160 หลอด แบ่งเป็นขนาด 18 วัตต์ จำนวน 8 หลอด และขนาด 36 วัตต์ จำนวน 152 หลอด โดยติดตั้งโคมไฟแบบประสิทธิภาพสูงทั้งสิ้น 80 โคม แบ่งเป็นโคมแบบ 1 หลอดต่อโคม จำนวน 2 โคม โคมแบบ 2 หลอดต่อโคม จำนวน 68 โคมและโคมแบบ 3 หลอดต่อโคม จำนวน 10 โคม บัลลาสต์ที่ใช้ต่อรวมในวงจรไฟฟ้านั้นเป็นบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียประมาณ 10 วัตต์ต่อตัว ดังตารางที่ ก. 6

เก็บค่าข้อมูลการตรวจวัดความสว่างด้วยเครื่องวัดความสว่าง โดยวัดที่จุดทำงานต่างๆ สูงจากพื้น 100 เซนติเมตร ทั่วบริเวณห้อง ได้ค่าดังตารางที่ ก.7 พบว่าชั้นทำการชั้น 1 มีค่าความส่องสว่างสูงกว่ามาตรฐาน และชั้นทำการชั้น 2 มีห้องที่มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน 2 ห้องคือ ห้องทองประกาย และห้องเพชรพิมาน แต่เนื่องจากทั้ง 2 ห้องเป็นห้องที่มีการใช้งานน้อยมาก และเป็นที่สำหรับเก็บเอกสาร จึงไม่จำเป็นต้องทำการปรับปรุง ส่วนห้องที่เหลือเป็นห้องที่มีค่าความส่องสว่างสูงกว่ามาตรฐาน

4.2.2 ออกแบบมาตรการ

การวิเคราะห์มาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างแบ่งเป็น 3 องค์ประกอบหลัก คือ การวิเคราะห์โคมไฟ การวิเคราะห์หลอดไฟ และการวิเคราะห์บัลลาสต์ แต่เนื่องจากในอาคารนี้ได้ออกแบบติดตั้งโคมไฟและหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงเฉพาะบัลลาสต์ โดยเลือกปรับปรุง 2 มาตรการ คือ มาตรการที่ 1 การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก และมาตรการที่ 2 การติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

มาตรการที่ 1 การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก พบว่าสามารถลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากบัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้กำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ต่อตัว เป็น 2.5 วัตต์ต่อตัว นอกจากนี้ยังทำให้การใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดลดลงจากหลอดขนาด 18 วัตต์ เป็น 16.25 วัตต์ และหลอดขนาด 36 วัตต์ เป็น 32.5 วัตต์ รวมสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 11 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 36 วัตต์ สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 9.25 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 18 วัตต์ โดยมีอายุการใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 7 ปี ดังตารางที่ ก.8

การวิเคราะห์การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง พบว่ามีการใช้

กำลังไฟฟ้า	7.22	kW

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พลังงานไฟฟ้า	18,512.64	kWh/ปี
การวิเคราะห์การใช้พลังงานหลังปรับปรุง พบว่ามีการใช้		
กำลังไฟฟ้า	5.29	kW
พลังงานไฟฟ้า	13,581.60	kWh/ปี
การวิเคราะห์ผลตอบแทน		
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	1.93	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	4,931.04	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	16,568.2	บาท/ปี
การวิเคราะห์การลงทุน		
ราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 3 หลอด*	802.5	บาท/ตัว
ราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 2 หลอด*	481.5	บาท/ตัว
ราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 1 หลอด*	321	บาท/ตัว
ค่าแรงในการติดตั้ง	20	บาท/ตัว
รวมเงินลงทุน	41,885	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	2.53	ปี
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR)	40.68	%

หมายเหตุ * ราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นราคาที่มีการคิดภาษี 7 % แล้ว

มาตรการที่ 2 การติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก พบว่าสามารถลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าจากบัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้กำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ต่อตัว เป็น 5.5 วัตต์ต่อตัว รวมสามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 4.5 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 18 วัตต์ และหลอดขนาด 36 วัตต์ โดยมีอายุการใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 15 ปี ดังตารางที่ ก.9

การวิเคราะห์การใช้พลังงานก่อนปรับปรุง พบว่ามีการใช้		
กำลังไฟฟ้า	7.22	kW
พลังงานไฟฟ้า	18,512.64	kWh/ปี
การวิเคราะห์การใช้พลังงานหลังปรับปรุง พบว่ามีการใช้		
กำลังไฟฟ้า	6.50	kW

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

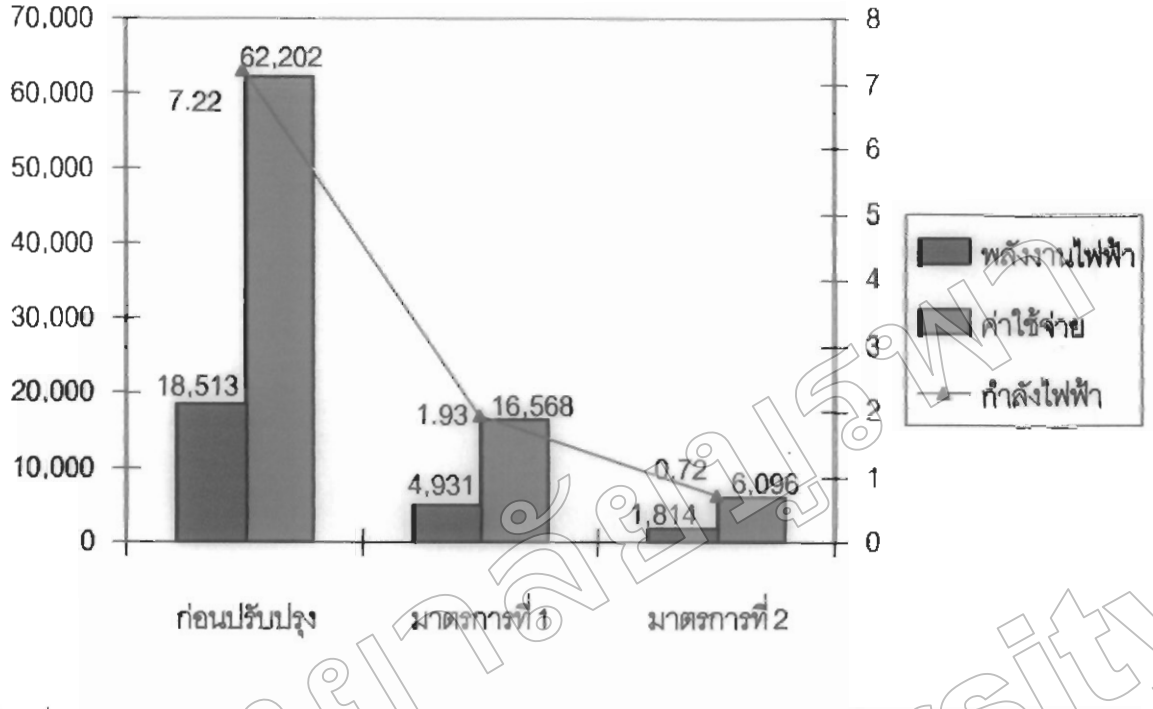
พลังงานไฟฟ้า	16,698.24	kWh/ปี
การวิเคราะห์ผลตอบแทน		
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	0.72	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,814.40	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	6,096.38	บาท/ปี
การวิเคราะห์การลงทุน		
ราคาบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ*	214	บาท/ตัว
ค่าแรงในการติดตั้ง	20	บาท/ตัว
รวมเงินลงทุน	23,744	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	3.89	ปี
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR)	30.36	%

หมายเหตุ * ราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นราคาที่มีการคิดภาษี 7 % แล้ว

4.2.3 เลือกมาตรการการออกแบบ

จากรูปที่ 4.5 ในมาตรการที่ 1 และมาตรการที่ 2 จะพบว่า มาตรการที่ 1 สามารถลงกำลังไฟฟ้าได้มากว่า มาตรการที่ 2 ดังนั้น จึงเลือกมาตรการที่ 1 การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก มาใช้ในการปรับปรุงในระบบแสงสว่าง นอกจากนี้ยังมีข้อดีดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 2.2.2.2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 4.5 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า (kW) พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี) และค่าใช้จ่าย (บาท/ปี) ก่อนและหลังปรับปรุงในระบบแสงสว่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.3 ระบบปรับอากาศ

4.3.1 การเก็บข้อมูล

จากการเก็บข้อมูลการตรวจวัดพลังงานในอาคาร เพื่อนำมาหาค่าความร้อนที่สูญเสียออกไปสู่ภายนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value ,OTTV W/m^2) รวมทั้งค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value ,RTTV W/m^2)โดยแสดงค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังในทิศต่างๆ ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าการส่งผ่านความร้อนของผนังในทิศต่างๆ

ทิศ	ชนิดของผนัง	พื้นที่ (m^2)	U ($W/m^2{}^\circ C$)	TD ($^\circ C$)	SF	SC	Q (W)
N	- ผนังทึบ	50.2	0.7	11	-	-	386.54
	- เสา	8.8	0.6	9	-	-	47.52
	- ผนังโปร่งแสง	36	5.9	7	111.4	0.475	3,391.6
	รวม	95					3,825.6
	ค่า OTTV =						40.27
S	- ผนังทึบ	68.2	0.7	11	-	-	525.14
	- เสา	8.8	0.6	9	-	-	47.52
	- ผนังโปร่งแสง	18	5.61	7	178.2	0.39	1,994.6
	รวม	95					2,567.3
	ค่า OTTV =						27.02
W	- ผนังทึบ	24	2.7	14	-	-	907.2
	- ผนังโปร่งแสง	18	5.61	8	171.5	0.417	2,122.6
	รวม	42					3,029.8
	ค่า OTTV =						72.14
หลังคา	- ผนังทึบ	170.5	0.9	16	-	-	2,455.2
	- คาน	10.5	0.6	12	-	-	75.60
	รวม	181					2,530.8
	ค่า RTTV =						13.98

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากตารางที่ 4.3 การแสดงค่าการส่งผ่านความร้อนจะมีค่ามากที่สุดในทิศตะวันตกเนื่องจากเป็นบริเวณประตูทางเข้าซึ่งเป็นพื้นที่ของกระจกมากที่สุดทำให้การส่งผ่านความร้อนมีค่า 72.14 W/m^2 แต่เมื่อทำการหาค่าการส่งผ่านความร้อนรวมของผนังทั้งหมด จะได้ค่าเท่ากับ 40.62 W/m^2 และค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านหลังคาเท่ากับ 13.98 W/m^2 ค่าดังกล่าวยังอยู่ต่ำกว่าค่าของกฎกระทรวง ซึ่งสามารถสรุปค่าและนำมาเปรียบเทียบกับค่าตามกฎกระทรวง โดยทำการบันทึกค่าในวันที่ 29 พฤศจิกายน พ.ศ.2546 ซึ่งแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบค่าการส่งผ่านความร้อนจากการตรวจวัดกับค่าตามกฎกระทรวง

หัวข้อพิจารณา	อาคารจัดอยู่ในประเภท	ระดับการใช้พลังงาน		ผลเปรียบเทียบ
		ค่าจากการตรวจวัด	ค่าตามกฎกระทรวง	
1.ค่าความร้อนส่งผ่านผนังอาคาร หรือ OTTV (W/m^2)	อาคารสำนักงาน	40.62	55	ต่ำกว่ามาตรฐาน
2.ค่าความร้อนส่งผ่านผนังอาคาร หรือ RTTV (W/m^2)	อาคารสำนักงาน	13.98	25	ต่ำกว่ามาตรฐาน

4.3.2 การออกแบบมาตรการ

ในส่วนของการปรับอากาศได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงทั้งสิ้น 3 แนวทางคือ

1. การเพิ่มอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท
2. การปิดเครื่องปรับอากาศก่อน 15 นาที
3. การลดจำนวนการใช้เครื่องปรับอากาศ

4.3.2.1 การเพิ่มอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท

จากการประมวลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศในอาคารที่ทำการสำรวจ ได้มีการใช้พลังงานบางส่วนอย่างสิ้นเปลือง ทางอาคารมีการปรับตั้งอุณหภูมิบริเวณที่ทำการชั้นที่ 1 มีค่าอุณหภูมิปรับอากาศจะมีค่าประมาณ 22.6 °C และค่าความชื้นสัมพัทธ์ 57.3% ซึ่งอยู่สูงกว่ามาตรฐานความสบาย และอุณหภูมิภายนอกประมาณ 30 °C และค่าความชื้นสัมพัทธ์ 65% ดังตารางภาคผนวก ก.10

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดังนั้นจึงมีการปรับค่าใหม่ โดยทำการเพิ่มค่าของอุณหภูมิเป็น 25 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 57.30% จะสามารถประหยัดพลังงานในการปรับอากาศลงได้ ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมินี้เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ 1 °C จะทำให้ประหยัดพลังงานนี้ อีก 10%

ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้	12,755.41	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	42,858.18	บาท/ปี

4.3.2.2 การปิดเครื่องปรับอากาศก่อน 15 นาที

เมื่อทำการตรวจสอบการทำงานพบว่าทางอาคารมีเครื่องปรับอากาศที่มีศักยภาพในการดำเนินการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน จำนวน 5 ชุดด้วยกัน ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 74,363.47 kWh/ปี เมื่อดำเนินการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงานประมาณ 15 นาที จะทำปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,690.08	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	5,678.67	บาท/ปี

4.3.2.3 การลดจำนวนการใช้เครื่องปรับอากาศ

เนื่องจากอาคารในส่วนที่ทำการชั้น 2 (ชั้นที่ 3) ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (เทอร์โมสตัทชนิด อิเล็กทรอนิกส์) จำนวน 4 เครื่อง ซึ่งแต่ละ เครื่องมีขนาด 36,000 Btu/h เมื่อทำการตรวจสอบแล้วพบว่ามีปริมาณของความร้อนที่ส่งผ่านห้องมีน้อยมาก ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการข้อมูลของบริเวณที่ทำการปรับอากาศเพื่อเลือกใช้เครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม

	ค่าของพลังงานที่ใช้ (Watt/m^2)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W_{th})	ปริมาณการทำความเย็น (Btu/h)
OTTV	20.58	1,296.540	4,420.02
RTTV	13.98	2,530.380	8,626.30
SUM	-	3,826.920	13,046.32

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อเฉลี่ยค่าความร้อนที่ส่งผ่านคอมพิวเตอร์ออกมาจะเห็นได้ว่ามีค่าไม่สูงมากนัก เนื่องจากบางวันไม่ได้มีการเปิดใช้งานของคอมพิวเตอร์

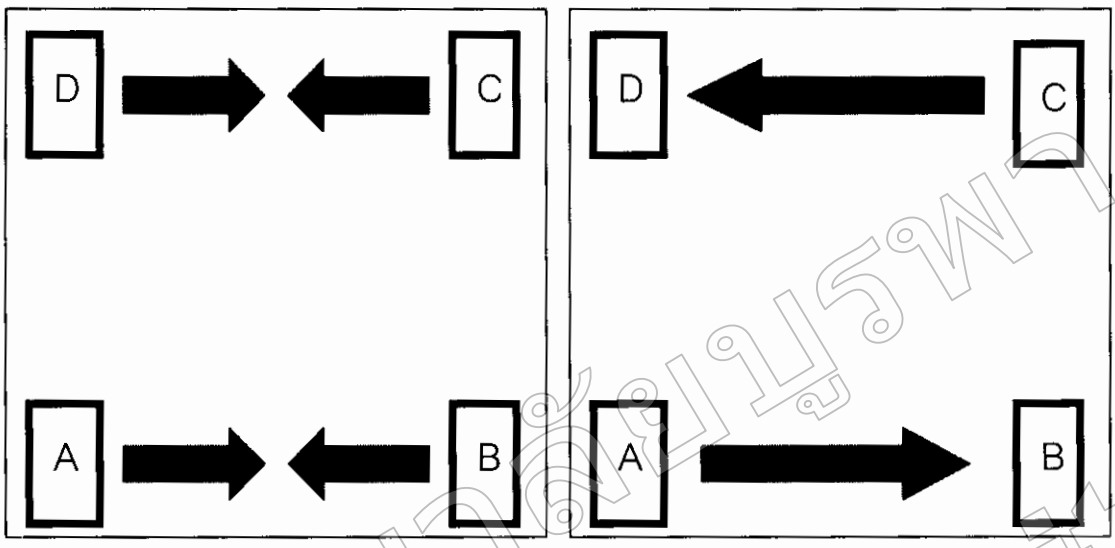
ผลของการรั่วไหลของอากาศนั้นก็ยังมีผลกระทบต่อบริเวณที่ทำการนี้น้อยมากเพราะบางครั้งบุคลากรที่ทำงานในที่นี้ต้องไปช่วยงานบริเวณทำการชั้นที่ 1 ทำให้ไม่มีการเปิดปิดประตูการรั่วไหลจึงน้อยมาก

ซึ่งได้ทำการแก้ไขปรับปรุง โดยการเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องทำความเย็นที่มีอยู่ โดยตัดสินใจปรับลดจำนวนของเครื่องปรับอากาศจาก 4 เครื่องเหลือเพียง 2 เครื่อง จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละเครื่องปรับอากาศมีมากขึ้น และสามารถยืดอายุการใช้งานได้ถ้ามีการใช้อย่างเป็นระบบ การที่เลือกใช้เครื่องปรับอากาศ 2 เครื่องแทน 1 เครื่องนั้น เนื่องจากจะได้ไม่เป็นภาระของเครื่องทำความเย็นตัวใดตัวหนึ่งมากนัก และเป็นการสำรองไว้สำหรับโหลดความร้อนอื่นๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากการรั่วไหลของอากาศ ความร้อนที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และ ความร้อนที่เกิดจากคน ซึ่งผลของการปฏิบัติการนี้มีค่าดังต่อไปนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้	12,276	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	41,247	บาท/ปี

ลักษณะของการเปิดเครื่องปรับอากาศนั้นควรมีการเปิดให้มีการกระจายลมให้เหมาะสม เพราะในอาคารอาจมีพื้นที่ที่ขวางการไหลของอากาศ ในที่นี้จะนำเสนอการเปิดเครื่องปรับอากาศในลักษณะสับหว่างโดยให้เครื่องปรับอากาศ A และ C และทำการจับคู่เปลี่ยน โดยทำการเปิดเครื่องปรับอากาศ B และ D สลับวันเว้นวันซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.6

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



(ก)　　(ข)

รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการจ่ายลม
(ก) แสดงลักษณะของการจ่ายลมก่อนปรับปรุง (ข) แสดงลักษณะการจ่ายลมหลังจากการปรับปรุง

ทั้งนี้อาจมีการปรับปรุงระบบที่เสนอแนะโดยการปรับเปลี่ยนผังของสถานที่ ไม่ให้มีพื้นที่ที่บังการไหลของลมเย็นหรืออาจทำการเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องปรับอากาศ การปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศหรือทิศทางของการกระจายลมด้วยต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิขึ้นลง ที่ยอมรับได้คือให้อุณหภูมิห้องเฉลี่ยแล้วต่างกันไม่เกิน 1 ^{o}C

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร สามารถระบุแนวทางที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานของอาคาร ได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งจะพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 35,020.63 kWhต่อปี คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้ 117,669.32 บาท หรือ 31.57% จากเดิม แสดงให้เห็นว่า ถ้าเราลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ก็จะส่วนสำคัญที่สุด ในการลดการใช้พลังงานของอาคาร เนื่องจากการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารเป็นส่วนที่มากที่สุด ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติอาจมีความสูญเสียอื่นๆ เกิดขึ้นได้ จึงทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำได้จริงมีค่าลดลงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 5.1 แสดงผลประหยัดหลังจากการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

มาตรการ	ผลประหยัด		
	ไฟฟ้า kWh/ปี	มูลค่า บาท/ปี	%
1.การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	3,067.63	10,307.24	2.77%
2. การปรับลดแรงดันไฟฟ้า	300.47	1,009.58	0.27%
3. การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก	4,931.04	16,568.29	4.45%
4.การปรับตั้งอุณหภูมิใช้งานให้เหมาะสม	12,755.41	42,858.18	11.50%
5.ลดปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศ	12,276.00	41,247.36	11.07%
6.การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน	1,690.08	5,678.67	1.52%
รวม	35,020.63	117,669.32	31.57%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 5.2 จะแสดงถึงเงินลงทุนของโครงการที่ต้องใช้ในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งจะมีเพียงอย่างเดียวคือ การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งจะมีเงินลงทุนประมาณ 41,885 บาทจะมีระยะเวลาคืนทุน 2.53 ปีส่วนมาตรการปรับปรุงพลังงานด้านอื่นๆ จะไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน ถ้าอาคารมีการใช้พลังงานอย่างมีประโยชน์สูงสุดและปรับปรุงอุปกรณ์ในอาคารอีกเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้อาคารสามารถประหยัดพลังงานลงได้มาก

ตารางที่ 5.2 ผลการลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน

มาตรการ	ผลการลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)	อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR)
1.การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	-	-	-
2. การปรับลดแรงดันไฟฟ้า	-	-	-
3. การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก	41,885	2.53	40.68%
4.การปรับตั้งอุณหภูมิใช้งานให้เหมาะสม	-	-	-
5.ลดปริมาณการใช้เครื่องปรับอากาศ	-	-	-
6.การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน	-	-	-
รวม	41,885	2.53	-

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมด้านการประหยัดพลังงาน

ข้อแนะนำสำหรับอาคาร บมจ. ธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมนจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ข้อแนะนำด้านไฟฟ้า ข้อแนะนำด้านระบบปรับอากาศ และข้อแนะนำด้านระบบแสงสว่าง จะเป็นการแนะนำที่เหมะสมกับอาคารดังกล่าว

5.2.1 ข้อแนะนำเพิ่มเติมด้านไฟฟ้า

1. ควรมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าและตู้เมนไฟฟ้าต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ และควรมีการติดตั้งเครื่องวัดทางไฟฟ้า ได้แก่ kW meter, kilowatt-hour meter, Amp meter และ Power factor meter ที่ตู้เมนไฟฟ้าหลัก ทั้งนี้จะทำให้สามารถทราบสภาพการใช้ไฟฟ้าในจุดต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้การวางแผนและดำเนินการประหยัดพลังงานเป็นไปอย่างได้ผลและมีประสิทธิภาพ

2. ควรมีการจดบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์หลัก ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ หรืออย่างน้อยทุกชั่วโมง แล้วจัดทำเป็นกราฟค่ากำลังไฟฟ้า (kW) เพื่อตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด หรือเมื่อพบว่าช่วงเวลาใดกราฟดังกล่าวสูงขึ้นมากผิดปรกติอยู่เสมอ ควรทำการหยุดการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชุดที่ไม่จำเป็นต้องใช้งาน ในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นไปใช้ในช่วงเวลาอื่นที่กราฟมีค่าต่ำ ค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ตามช่วงเวลานั้นๆ หมายถึงค่า Peak demand ที่สามารถประหยัดลงได้ทั้งเดือน

3. หลีกเลี่ยงการเริ่มต้นเดินเครื่องปรับอากาศหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าหลัก ที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงๆ ขึ้นพร้อมกัน เพราะจะมีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นเพียงชั่วขณะที่เริ่มเดินเครื่อง

4. ตรวจสอบและแก้ไขระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าให้มีสภาพเฟสสมดุล (Balance phased) เนื่องจากในระบบจ่ายไฟแบบ 3 เฟส (380 V) อาจมีอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าชนิด 1 เฟส (220 V) ต่อร่วมอยู่ด้วย การต่อใช้งานแบบเฟสไม่สมดุลทำให้กระแสในแต่ละเฟสไม่เท่ากัน จะมีผลทำให้เกิดสภาพแรงดันตก อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานต่างๆ อาจเสียหายหรืออายุการใช้งานสั้นลงได้ และสายจ่ายแรงดันที่มีกระแสมากเกินไปจะร้อนและชำรุดลง ตลอดจนเกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบได้อีกส่วนหนึ่ง

5. ตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นประจำ เช่น สารป้องกันความชื้นที่หม้อแปลง เมื่อพบว่าเสื่อมอายุการใช้งานแล้วควรทำการแจ้งให้การไฟฟ้ามาดำเนินการเปลี่ยน ทั้งนี้สารป้องกันความชื้นดังกล่าวจะเป็นตัวป้องกันความชื้นเข้าสู่หม้อแปลง ซึ่งถ้าหม้อแปลงภายในเกิดความชื้นน้ำมันที่ใช้ในการระบายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีสภาพการเป็นฉนวนน้อยลง อาจเกิดการลัดวงจรทำให้หม้อแปลงเสียหายอย่างร้ายแรงได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. ตู้ไฟฟ้าภายในอาคาร ควรจัดให้มีการทำความสะอาดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง รวมทั้งติดตั้งระบบการระบายความร้อนภายในตู้ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งหากเกิดปัญหาขึ้น จะส่งผลกระทบโดยตรงกับการดำเนินการของอาคาร นอกจากนี้ควรจัดทำผังแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า (Single Line Diagram) ติดไว้หน้าตู้ไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและแก้ไข

5.2.2 ข้อแนะนำเพิ่มเติมด้านระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

1. ปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่เลิกใช้งานเป็นระยะเวลานานๆ เช่น หยุดพักกลางวัน และอย่านำสิ่งของไปวางกีดขวาง ทางลมเข้าและลมออกของคอนเดนซิ่งยูนิต และแฟนคอยล์ยูนิต และควรปิดหน้าต่างใช้สนิทขณะทำการใช้งาน

2. ควรตรวจสอบรอยรั่วตามของกระจกและผนังทุกๆ 3-6 เดือน

3. ควรออกแบบชุดทำงานของพนักงานให้เป็นชุดที่สวมใส่สบายและไม่ร้อนจนเกินไปเมื่อทำการสวมใส่ เพื่อที่จะได้ไม่เปิดเครื่องปรับอากาศจนเย็นเกินไป

4. ควรทำการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงานประมาณ 15 นาทีเพราะอากาศภายในห้องจะยังเย็นอยู่ และเป็นการประหยัดพลังงานได้มาก

5. ควรทำความสะอาดพื้นที่ผิวของการถ่ายเทความร้อน ที่คอยล์เย็นและคอยล์ร้อน ของเครื่องปรับอากาศ เป็นระยะๆ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนอยู่ในเกณฑ์ดีอย่างสม่ำเสมอ หากไม่ทำความสะอาดก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี จะทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าปรกติ

6. ควรปรับตั้งอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยทั่วไปจะตั้งไว้ที่ 25-26 ^{o}C และทำการปรับทิศทางลมให้กระจายไปทั่วๆ ห้องให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด

7. ควรย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออกนอกห้องปรับอากาศ เช่นเครื่องถ่ายเอกสาร เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดจะปล่อยภาระความร้อนออกมากและจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักขึ้นไปอีก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.2.3 ข้อแนะนำเพิ่มเติมด้านระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1. ควรบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ ตรวจสอบการทำงานและความสว่าง และทำความสะอาดทุกๆ 3-6 เดือน

2. ปรับปรุงระบบแสงสว่าง เช่น ใช้แสงธรรมชาติช่วยในบริเวณที่ทำงานริมหน้าต่างและระเบียงทางเดิน

3. ปิดไฟทุกครั้งเมื่อไม่มีความจำเป็นจะต้องใช้ แม้เป็นช่วงที่ไม่ต้องการใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ

4. ใช้สวิทช์ไฟฟ้าแยกตามหลอด เพื่อที่จะสามารถปิดไฟได้ในจุดที่ต้องการ หรือเปิดเฉพาะจุดที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้า

5.2.4 ข้อแนะนำเพิ่มเติมในการใช้อุปกรณ์สำนักงาน

อุปกรณ์สำนักงาน ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ผล เครื่องถ่ายเอกสาร และเครื่องโทรสาร

1. ควรปิดเครื่องหลังเลิกงานพร้อมทั้งดึงปลั๊กออกด้วย

2. ควรปิดจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ในเวลาพักเที่ยง เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดที่จอภาพ

3. การถ่ายเอกสารควรทำการรวมหลายๆ แผ่นก่อนทำการถ่ายเอกสารเพราะจะเปลืองพลังงานในขณะทำการอุ่นเครื่องถ่ายเอกสาร

4. เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีสัญลักษณ์ Energy Star หรือป้ายประหยัดไฟเบอร์ 5 และเป็นเครื่องที่สามารถประหยัดพลังงานได้จริง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. การคิดคำนวณการประหยัดพลังงาน เป็นการคำนวณในทางทฤษฎีส่วนในทางปฏิบัติ อาจมีความสูญเสียอื่นๆ เกิดขึ้นได้อีก

2. การปรับปรุงตามข้อเสนอแนะที่ให้กับอาคาร ต้องรอทางอาคารทำการปรับปรุงเองไม่สามารถเข้าไปปรับปรุงให้ทางอาคารได้

3. การทำงานในธนาคารเป็นไปได้อย่างยากลำบาก เนื่องจากเหตุผลด้านความปลอดภัยของทางธนาคาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บรรณานุกรม

1.รจนา ประไพนพ. เอกสารประกอบการเรียนวิชา Refrigeration and Air Condition เรื่อง เครื่องปรับอากาศแบบอัด, 2546.

2.วัชระ มั่งวิทิตกุล. *กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.

3.สุรพล พฤกษพานิช. *หลักการและระบบปรับอากาศ*. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2529

4.กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การประหยัดไฟฟ้าในระบบหม้อแปลงไฟฟ้า*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชุนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2543.

5.กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การควบคุมพลังงานไฟฟ้าสูงสุด*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชุนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2545.

6.กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชุนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย , 2545.

7.กฎกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2538) ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 หมวดที่ 1

8.กฎกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2538) ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 หมวดที่ 2

9.กฎกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2538) ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 หมวดที่ 4

10.http://www.equitablegas.com/tech/vapor1.htm 15/02/04

11.http://www.homepro.co.th 17/03/04

12.http://www.thaihvac.com 15/02/04

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

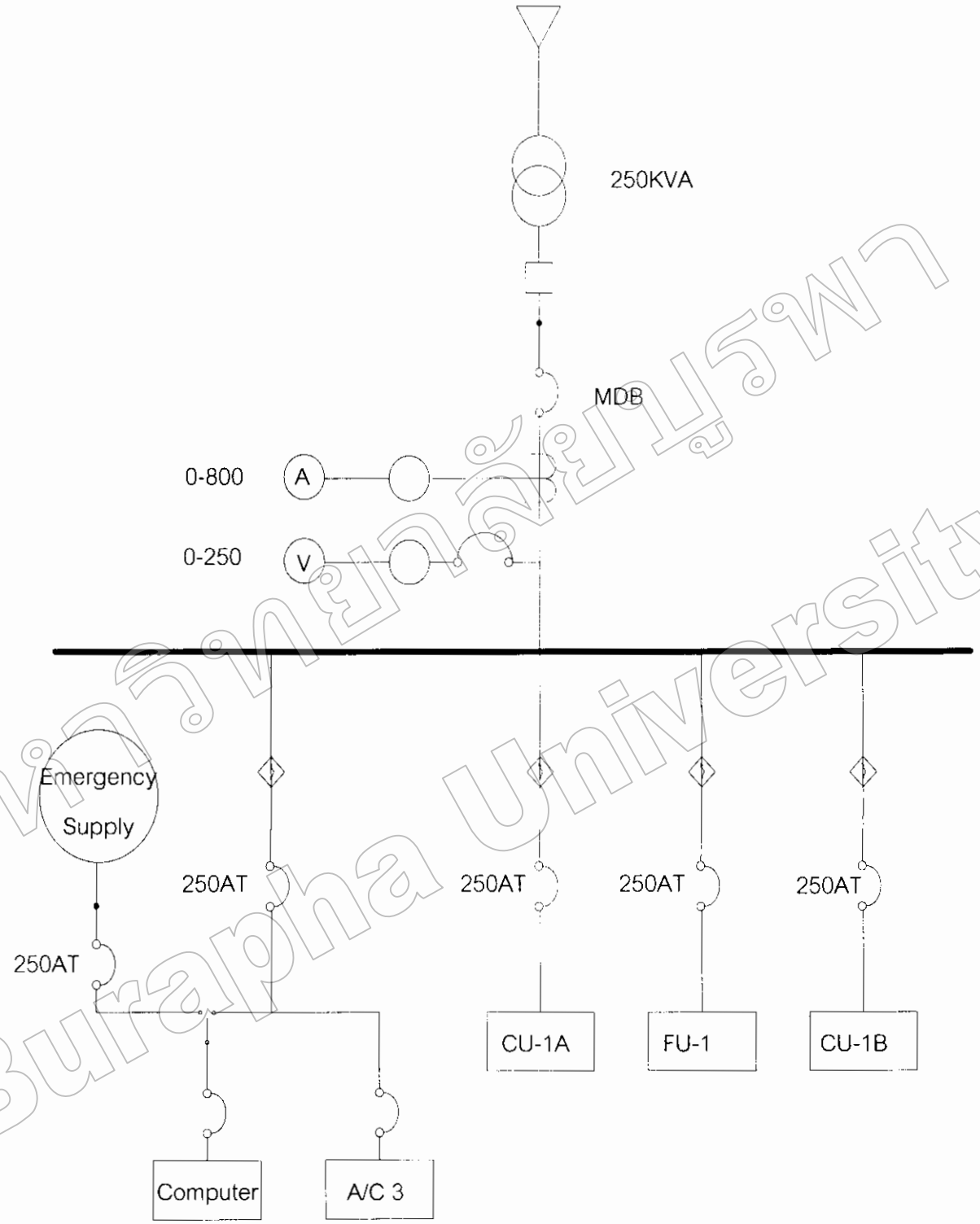
ภาคผนวก ก
ข้อมูลการสำรวจและการตรวจวัด

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ก.1 ระบบไฟฟ้ากำลัง

ตารางที่ ก.1 แสดงรายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้า

ลำดับที่	ขนาดกำลังไฟฟ้า	จำนวน	ชนิด	ขดลวดด้านแรงสูง		ที่ตั้งใช้งาน
				แรงดันสูงสุด (kV)	แรงดันต่ำ (V)	
1	250 kVA	1	น้ำมัน	22	400/230	ธนาคารกรุงไทยสาขาหนองมน



รูปที่ ก.1 แสดง Single Line Diagram

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.2 แสดงการตรวจวัดค่าเมนย่อยของหม้อแปลง TR_1

ลำดับที่	จุดที่ทำการตรวจวัด	Phase Voltage (Volt)			Averaged Volt	Phase Current (Amp)			Averaged Amp	kW1	kW2	kW3	Power (kW)	PF
		R-N	S-N	R-N		R	S	T						
TR_1(250kVA)														
1	Unit Air	228.00	228.00	229.00	395.50	44.00	45.00	49.00	46.00	9.36	9.22	9.12	27.70	0.88
2	Air ห้องทำการชั้น2	229.00	229.00	229.00	396.65	14.00	14.00	19.00	15.67	2.82	3.02	3.12	8.96	0.83
3	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	230.00	229.00	229.00	397.23	5.00	7.00	11.00	7.67	1.42	1.39	1.43	4.24	0.80
4	มอเตอร์ปั๊มน้ำและระบบไฟฟ้า	230.00	229.00	229.00	397.23	5.00	-	-	5.00	3.25	-	-	3.25	0.94

หมายเหตุ มีบางตัวไม่ได้ใช้งานขณะทำการวัด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก.2. ระบบเครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้า

ตารางที่ ก.3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ลำดับที่	ชนิดของอุปกรณ์สำนักงาน	ขนาด (W)	จำนวน (เครื่อง)	จำนวนชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมงต่อปี)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	หมายเหตุ
1	คอมพิวเตอร์	250	13	2,400	7,800	
2	เครื่องถ่ายเอกสาร	2,271	1	450	1,021.95	
3	Printer	543	4	450	977.4	
4	ตู้เย็น	125	1	8,760	1,095	
5	โทรทัศน์	150	1			มีการใช้งานน้อย

คิดเป็นโหลดไฟฟ้า 9.82 %

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบมจ.ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมนในช่วงเดือนธันวาคม2545 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546

เดือน/ พ.ศ.	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด		พลังงานไฟฟ้า		ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft)		ภาษีมูลค่าเพิ่ม	ค่าไฟฟ้ารวม	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	Load Factor
	kW	บาท	kWh	บาท	บาท/kWh	บาท	(บาท)	(บาท)	(บาท/kWh)	%
ธ.ค.45	47.74	9,369.45	7,320.44	12,469.64	0.27	2,008.00	1,641.22	25,087.15	3.43	20.61
ม.ค.46	45.90	9,008.33	7,629.50	12,996.09	0.27	2,092.77	1,657.54	25,336.64	3.32	22.34
ก.พ.46	44.68	8,768.90	7,193.14	12,252.79	0.33	2,385.96	1,603.04	24,503.58	3.41	23.96
มี.ค.46	51.41	10,089.73	8,247.92	14,049.51	0.33	2,735.84	1,840.55	28,134.15	3.41	21.56
เม.ย.46	49.57	9,728.61	8,212.73	13,989.56	0.33	2,724.16	1,810.43	27,673.77	3.37	23.01
พ.ค.46	49.57	9,920.21	9,920.21	16,864.36	0.33	2,591.16	2,045.25	31,263.11	4.00	26.90
มิ.ย.46	50.80	9,970.01	10,947.15	18,647.38	0.33	3,631.17	2,203.38	33,680.17	3.08	29.93
ก.ค.46	48.35	9,489.17	9,687.04	16,500.90	0.32	3,103.73	1,996.42	30,516.75	3.15	26.93
ส.ค.46	47.74	9,369.45	10,594.64	18,046.91	0.32	3,394.52	2,112.86	32,296.54	3.05	29.83
ก.ย.46	77.11	15,133.61	11,652.48	19,848.83	0.32	3,733.45	2,661.82	40,687.89	3.49	20.99
ต.ค.46	49.57	9,728.61	9,814.64	16,718.26	0.32	3,144.61	2,030.73	31,041.78	3.16	26.61
พ.ย.46	75.89	14,894.17	9,703.57	16,529.06	0.32	3,109.02	2,377.05	36,334.85	3.74	17.76
เฉลี่ย	53.19	10,455.85	9,243.62	15,742.77	0.32	2,887.87	1,998.36	30,546.37	3.36	24.20
Min	44.68	8,768.90	7,193.14	12,252.79	0.27	2,008.00	1,603.04	24,503.58	3.05	17.76

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของบมจ.ธนาคารกรุงไทย สาขา หนองมนในช่วงเดือนธันวาคม2545 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2546

เดือน/พ.ศ.	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	พลังงานไฟฟ้า	ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (Ft)	ภาษีมูลค่าเพิ่ม	ค่าไฟฟ้ารวม	อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	Load Factor	เดือน/พ.ศ.	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	พลังงานไฟฟ้า
Max	77.11	15,133.61	11,652.48	19,848.83	0.33	3,733.45	2,661.82	40,687.89	4.00	29.93
Total	638.33	125,470.25	110,923.46	188,913.29	-	34,654.39	23,980.29	366,556.38	-	-

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.36 บาท

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
11:10	44	399.6	75	0.842
11:20	43	399.2	74	0.838
11:30	42	403.2	73	0.841
11:40	44	403.8	76	0.840
11:50	44	397.7	75	0.846
12:00	43	404.0	75	0.843
12:10	33	405.4	56	0.836
12:20	44	404.8	76	0.834
12:30	43	402.0	75	0.830
12:40	43	403.9	74	0.830
12:50	37	403.4	64	0.841
13:00	45	397.9	76	0.841
13:10	44	394.6	77	0.846
13:20	43	396.0	74	0.849
13:30	31	394.5	54	0.856
13:40	44	399.6	75	0.838
13:50	44	397.5	75	0.843
14:00	40	396.4	69	0.842
14:10	40	398.4	69	0.847
14:20	32	399.7	55	0.850
14:30	44	398.9	75	0.842
14:40	43	396.8	75	0.847
14:50	37	399.9	63	0.846
15:00	44	400.5	75	0.846
15:10	43	398.4	75	0.837
15:20	40	399.4	70	0.839
15:30	33	400.6	55	0.844

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
15:40	39	400.5	66	0.843
15:50	44	399.2	75	0.841
16:00	43	402.1	74	0.835
16:10	29	402.2	50	0.836
16:20	40	402.1	69	0.836
16:30	40	402.4	70	0.828
16:40	28	402.8	48	0.837
16:50	28	402.3	49	0.838
17:00	38	405.0	65	0.826
17:10	40	403.3	69	0.827
17:20	17	404.0	26	0.937
17:30	16	403.9	24	0.940
17:40	17	404.5	27	0.940
17:50	14	405.4	21	0.999
18:00	5	403.0	8	0.999
18:10	5	405.2	8	0.999
18:20	5	407.2	7	0.999
18:30	6	401.7	9	0.998
18:40	7	402.2	10	0.998
18:50	7	403.0	10	0.998
19:00	7	403.0	10	0.998
19:10	6	403.2	9	0.998
19:20	5	403.4	7	0.999
19:30	5	403.9	7	0.999
19:40	5	404.5	7	0.999
19:50	5	404.7	7	0.999
20:00	5	405.9	8	0.999

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
20:10	5	405.4	7	0.999
20:20	5	404.1	7	0.999
20:30	5	404.6	8	0.999
20:40	5	404.3	7	0.999
20:50	6	405.0	8	0.999
21:00	5	406.2	8	0.999
21:10	5	406.7	7	0.999
21:20	5	408.4	8	0.999
21:30	5	408.1	7	0.999
21:40	5	407.3	7	0.999
21:50	5	407.6	7	0.999
22:00	5	408.7	8	0.999
22:10	5	409.3	8	0.999
22:20	5	409.6	7	0.999
22:30	5	409.6	7	0.999
22:40	6	409.8	8	0.999
22:50	6	410.2	8	0.999
23:00	5	405.1	7	0.999
23:10	5	405.9	7	0.999
23:20	5	407.2	7	0.999
23:30	5	406.8	7	0.999
23:40	5	408.0	7	0.999
23:50	6	408.6	8	0.999
00:00	6	409.3	8	0.999
00:10	5	409.6	8	0.999
00:20	5	410.9	7	0.999
00:30	5	411.8	8	0.999
00:40	5	411.9	7	0.999

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
00:50	5	412.2	7	0.999
01:00	5	412.2	7	0.999
01:10	5	412.1	7	0.999
01:20	5	411.3	7	0.999
01:30	5	411.0	8	0.999
01:40	5	410.7	7	0.999
01:50	5	410.7	7	0.999
02:00	5	412.0	7	0.999
02:10	5	412.0	7	0.999
02:20	5	412.6	8	0.999
02:30	6	412.7	8	0.999
02:40	5	412.8	8	0.999
02:50	6	413.5	8	0.999
03:00	6	413.6	8	0.999
03:10	6	413.7	8	0.999
03:20	5	405.8	7	0.999
03:30	5	405.6	7	0.999
03:40	5	411.0	7	0.999
03:50	5	411.1	7	0.999
04:00	5	411.0	7	0.999
04:10	5	411.2	7	0.999
04:20	5	411.0	8	0.999
04:30	5	411.1	8	0.999
04:40	5	411.1	8	0.999
04:50	6	410.3	8	0.999
05:00	5	409.8	7	0.999
05:10	5	409.6	7	0.999
05:20	5	408.5	7	0.999

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
05:30	5	407.7	7	0.999
05:40	5	407.9	7	0.999
05:50	5	406.8	7	0.999
06:00	5	407.0	7	0.999
06:10	3	406.2	5	0.999
06:20	4	406.3	6	0.999
06:30	4	406.7	5	0.999
06:40	4	407.0	6	0.999
06:50	3	408.1	5	0.999
07:00	3	408.3	5	0.999
07:10	4	408.5	6	0.999
07:20	3	408.8	5	0.999
07:30	3	408.5	5	0.999
07:40	4	408.7	5	0.999
07:50	4	409.8	6	0.999
08:00	7	409.4	9	0.999
08:10	9	405.1	13	0.999
08:20	11	404.8	16	0.999
08:30	34	402.6	59	0.815
08:40	33	396.1	57	0.839
08:50	42	396.0	74	0.838
09:00	40	397.5	69	0.840
09:10	28	398.1	48	0.846
09:20	29	397.6	50	0.848
09:30	39	396.6	68	0.843
09:40	39	396.7	68	0.842
09:50	29	396.4	49	0.851
10:00	29	395.6	49	0.855

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในวันที่ 29-30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

เวลา	กำลังไฟฟ้า (kW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ค่าตัวประกอบกำลัง
10:10	29	396.9	49	0.855
10:20	41	396.6	71	0.849
10:30	39	396.1	68	0.848
10:40	29	396.2	49	0.851
10:50	32	395.9	55	0.853
11:00	42	395.8	71	0.855
Min	3	394.5	5	0.815
Max	45	413.7	77	0.999
เฉลี่ย	18	404.9	29	0.940

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก.3. ระบบแสงสว่าง

ตารางที่ ก.6 แสดงรายละเอียดการตรวจวัดและแบบการติดตั้ง

ลำดับที่	ชื่อห้อง/บริเวณ	จำนวนห้อง	จำนวนหลอดต่อห้อง	หลอดไฟฟ้าที่ใช้งานรวมในแต่ละประเภทห้อง			
				ชนิดหลอด	ขนาด (watt)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม
Office ชั้น 1							
1	ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
2	ห้องผู้จัดการ	1	8	FL.	36	8	2
3	ห้องทำการ ส่วนที่ 1	1	24	FL.	36	24	2
4	ห้องทำการ ส่วนที่ 2	1	48	FL.	36	48	2
5	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	1	2	FL.	36	2	1
6	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	FL.	18	1	1
7	ห้องน้ำหญิง	1	2	FL.	36	2	1
8	ทางเดิน	1	3	FL.	36	3	1
Office ชั้น 2							
9	ห้องทองประกาย	1	2	FL.	36	2	1
10	ห้องเพชรพิมาน	1	6	FL.	36	6	3
11	ห้องทำการ	1	56	FL.	36	56	2
12	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	1	2	FL.	36	2	1
13	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	FL.	18	1	1
14	ห้องน้ำหญิง	1	2	FL.	36	2	1
15	ทางเดิน	1	3	FL.	36	3	1
รวมทั้งหมด						160	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) แสดงรายละเอียดการตรวจวัดและแบบการติดตั้ง

ลำดับที่	ชื่อห้อง/บริเวณ	หลอดไฟฟ้าที่ใช้งานรวมในแต่ละประเภทห้อง			ชนิดบัลลาสต์	รวมวัตต์ของหลอด
		ชนิดโคม	โคม (Reflector)	จำนวนโคม		
Office ชั้น 1						
1	ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-
2	ห้องผู้จัดการ	ตะแกรง	AL.Reflector	4	แกนเหล็ก	288.00
3	ห้องทำการ ส่วนที่ 1	ตะแกรง	AL.Reflector	12	แกนเหล็ก	864.00
4	ห้องทำการ ส่วนที่ 2	ตะแกรง	AL.Reflector	24	แกนเหล็ก	1,728.00
5	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	กรองแสง	-	2	แกนเหล็ก	72.00
6	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	กรองแสง	-	1	แกนเหล็ก	18.00
7	ห้องน้ำหญิง	กรองแสง	-	2	แกนเหล็ก	72.00
8	ทางเดิน	กรองแสง	-	3	แกนเหล็ก	108.00
Office ชั้น 2						
9	ห้องทองประกาย	กรองแสง	-	2	แกนเหล็ก	72.00
10	ห้องเพชรพิมาน	ตะแกรง	AL.Reflector	2	แกนเหล็ก	216.00
11	ห้องทำการ	ตะแกรง	AL.Reflector	28	แกนเหล็ก	2,016.00
12	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	กรองแสง	-	2	แกนเหล็ก	72.00
13	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	กรองแสง	-	1	แกนเหล็ก	18.00
14	ห้องน้ำหญิง	กรองแสง	-	2	แกนเหล็ก	72.00
15	ทางเดิน	กรองแสง	-	3	แกนเหล็ก	108.00
รวมทั้งหมด				91		5,832.00

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) แสดงรายละเอียดการตรวจวัดและแบบการติดตั้ง

ลำดับที่	ชื่อห้อง/บริเวณ	Ballast Loss (watt)	โหลดรวมทั้งหมด (watt)	การใช้พลังงาน			
				เวลาทำงาน		Factor การเปิดใช้งาน	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)
				วัน/ปี	ชม./วัน		
Office ชั้น 1							
1	ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
2	ห้องผู้จัดการ	10	368.00	300	8	90	794.88
3	ห้องทำการ ส่วนที่ 1	10	1,104.00	300	11	90	3,278.88
4	ห้องทำการ ส่วนที่ 2	10	2,208.00	300	11	90	6,557.76
5	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	10	92.00	300	8	10	22.08
6	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	10	28.00	300	8	10	6.72
7	ห้องน้ำหญิง	10	92.00	300	8	10	22.08
8	ทางเดิน	10	138.00	300	8	10	33.12
Office ชั้น 2							
9	ห้องทองประกาย	10	92.00	300	8	10	22.08
10	ห้องเพชรพิมาน	10	276.00	300	8	10	66.24
11	ห้องทำการ	10	2,576.00	300	11	90	7,650.72
12	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	10	92.00	300	8	10	22.08
13	ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	10	28.00	300	8	10	6.72
14	ห้องน้ำหญิง	10	92.00	300	8	10	22.08
15	ทางเดิน	10	138.00	300	8	10	33.12
รวมทั้งหมด			7,462.00				18,836.64

พื้นที่ใช้งาน	524	ตร.ม.
กำลังการติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน	14.25	วัตต์/ตร.ม.
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	18,836.64	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นโหลดไฟฟ้า	16.98	%

หมายเหตุ FL = ฟลูออเรสเซนต์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.7 แสดงรายละเอียดการตรวจวัดความสว่าง

Location	Minimum (LUX)	Maximum (LUX)	Average (LUX)	ค่ามาตรฐาน (LUX)*
Office ชั้น 1				
ห้องมั่นคง	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	502	847	675	500
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	412	627	520	500
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	329	717	523	500
ห้องน้ำชาย	165	422	294	200
ห้องน้ำหญิง	164	434	299	200
ทางเดิน	149	306	228	200
Office ชั้น 2				
ห้องทองประกาย	9	34	22	200
ห้องเพชรพิมาน	143	202	173	200
ห้องทำการ	520	844	682	500
ห้องน้ำชาย	165	422	294	200
ห้องน้ำหญิง	164	434	299	200
ทางเดิน	149	306	228	200

หมายเหตุ * อ้างอิงจาก Illumination Engineering Society (IES)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.8 แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	จำนวนหลอด	จำนวนหลอดต่อโคม	การใช้งาน		เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (%)
			ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	
Office ชั้น 1					
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	8	2	8	300	90
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	24	2	11	300	90
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	48	2	11	300	90
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	2	1	8	300	10
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	8	300	10
ห้องน้ำหญิง	2	1	8	300	10
ทางเดิน	3	1	8	300	10
Office ชั้น 2					
ห้องทองประกาย	2	1	8	300	10
ห้องเพชรพิมาน	6	3	8	300	10
ห้องทำการ	56	2	11	300	90
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	2	1	8	300	10
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	8	300	10
ห้องน้ำหญิง	2	1	8	300	10
ทางเดิน	3	1	8	300	10
รวม	160				

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	บัลลาสต์ที่ใช้ในปัจจุบัน			บัลลาสต์ที่ปรับปรุง		
	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย		กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย		กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม
	หลอด วัตต์/ หลอด	บัล ลาสต์ วัตต์/ตัว		หลอด วัตต์/ หลอด	บัล ลาสต์ วัตต์/ตัว	
Office ชั้น 1						
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	36	10	368	32.5	2.5	270
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	36	10	1104	32.5	2.5	810
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	36	10	2208	32.5	2.5	1620
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	36	10	92	32.5	2.5	70
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	18	10	28	16.25	2.5	18.75
ห้องน้ำหญิง	36	10	92	32.5	2.5	70
ทางเดิน	18	10	84	16.25	2.5	56.25
Office ชั้น 2						
ห้องทองประกาย	36	10	92	32.5	2.5	70
ห้องเพชรพิมาน	36	10	276	32.5	2.5	200
ห้องทำการ	36	10	2576	32.5	2.5	1890
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	36	10	92	32.5	2.5	70
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	18	10	28	16.25	2.5	18.75
ห้องน้ำหญิง	36	10	92	32.5	2.5	70
ทางเดิน	18	10	84	16.25	2.5	56.25

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)
Office ชั้น 1				
ห้องมั่นคง	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	0.37	794.88	0.27	583.20
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	1.10	3,278.88	0.81	2,405.70
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	2.21	6,557.76	1.62	4,811.40
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.09	22.08	0.07	16.80
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.03	6.72	0.019	4.50
ห้องน้ำหญิง	0.09	22.08	0.07	16.80
ทางเดิน	0.08	20.16	0.056	13.50
Office ชั้น 2				
ห้องทองประกาย	0.09	22.08	0.07	16.80
ห้องเพชรพิมาน	0.28	66.24	0.2	48.00
ห้องทำการ	2.58	7,650.72	1.89	5,613.30
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.09	22.08	0.07	16.80
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.03	6.72	0.019	4.50
ห้องน้ำหญิง	0.09	22.08	0.07	16.80
ทางเดิน	0.08	20.16	0.056	13.50
รวม	7.22	18,512.64	5.29	13581.60

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	ผลการปรับปรุง					
	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (kW)	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด (kWh/ปี)	เงินที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ราคาค่าอุปกรณ์ (บาท/ตัว)	ราคาค่าแรงติดตั้ง (บาท/ตัว)	เงินลงทุนค่าอุปกรณ์+ค่าแรง (บาท)
Office ชั้น 1						
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	0.098	211.68	711.24	481.5	20	2,006.00
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	0.294	873.18	2,933.88	481.5	20	6,018.00
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	0.588	1,746.36	5,867.77	481.5	20	12,036.00
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.022	05.28	17.74	321	20	682.00
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.00925	02.22	07.46	321	20	341.00
ห้องน้ำหญิง	0.022	05.28	17.74	321	20	682.00
ทางเดิน	0.02775	06.66	22.38	321	20	1,023.00
Office ชั้น 2						
ห้องทองประกาย	0.022	05.28	17.74	321	20	682.00
ห้องเพชรพิมาน	0.076	18.24	61.29	802.5	20	1,645.00
ห้องทำการ	0.686	2,037.42	6,845.73	481.5	20	14,042.00
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.022	05.28	17.74	321	20	682.00
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.00925	02.22	07.46	321	20	341.00
ห้องน้ำหญิง	0.022	05.28	17.74	321	20	682.00
ทางเดิน	0.02775	06.66	22.38	321	20	1,023.00
รวม	1.926	4,931.04	16,568.2	-	-	41,885.00

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.9 แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	จำนวนหลอด	จำนวนหลอดต่อโคม	การใช้งาน		เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (%)
			ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	
Office ชั้น 1					
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	8	2	8	300	90
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	24	2	11	300	90
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	48	2	11	300	90
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	2	1	8	300	10
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	8	300	10
ห้องน้ำหญิง	2	1	8	300	10
ทางเดิน	3	1	8	300	10
Office ชั้น 2					
ห้องทองประกาย	2	1	8	300	10
ห้องเพชรพิมาน	6	3	8	300	10
ห้องทำการ	56	2	11	300	90
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	2	1	8	300	10
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	1	1	8	300	10
ห้องน้ำหญิง	2	1	8	300	10
ทางเดิน	3	1	8	300	10
รวม	160				

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	บัลลาสต์ที่ใช้ในปัจจุบัน			บัลลาสต์ที่ปรับปรุง		
	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย		กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม	กำลังไฟฟ้าสูญเสีย		กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวม
	หลอด วัตต์/ หลอด	บัลลาสต์ วัตต์/ตัว		หลอด วัตต์/ หลอด	บัลลาสต์ วัตต์/ตัว	
Office ชั้น 1						
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	36	10	368	36	5.5	332
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	36	10	1,104	36	5.5	996
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	36	10	2,208	36	5.5	1,992
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	36	10	92	36	5.5	83
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	18	10	28	18	5.5	23.5
ห้องน้ำหญิง	36	10	92	36	5.5	83
ทางเดิน	18	10	84	18	5.5	70.5
Office ชั้น 2						
ห้องทองประกาย	36	10	92	36	5.5	83
ห้องเพชรพิมาน	36	10	276	36	5.5	249
ห้องทำการ	36	10	2,576	36	5.5	2,324
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	36	10	92	36	5.5	83
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	18	10	28	18	5.5	23.5
ห้องน้ำหญิง	36	10	92	36	5.5	83
ทางเดิน	18	10	84	18	5.5	70.5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	กำลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)
Office ชั้น 1				
ห้องมั่นคง	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	0.37	794.88	0.33	717.12
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	1.10	3,278.88	1	2,958.12
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	2.21	6,557.76	1.99	5,916.24
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.09	22.08	0.08	19.92
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.03	6.72	0.02	5.64
ห้องน้ำหญิง	0.09	22.08	0.08	19.92
ทางเดิน	0.08	20.16	0.07	16.92
Office ชั้น 2				
ห้องทองประกาย	0.09	22.08	0.08	19.92
ห้องเพชรพิมาน	0.28	66.24	0.25	59.76
ห้องทำการ	2.58	7,650.72	2.32	6,902.28
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	0.09	22.08	0.08	19.92
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	0.03	6.72	0.02	5.64
ห้องน้ำหญิง	0.09	22.08	0.08	19.92
ทางเดิน	0.08	20.16	0.07	16.92
รวม	7.22	18,512.64	6.50	16,698.24

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) แสดงรายละเอียดมาตรการการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

ชื่อห้อง/บริเวณ	ผลการปรับปรุง					
	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง (kW)	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด (kWh/ปี)	เงินที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ราคาค่าอุปกรณ์ (บาท/ตัว)	ราคาค่าแรงติดตั้ง (บาท/ตัว)	เงินลงทุนค่าอุปกรณ์+ค่าแรง (บาท)
Office ชั้น 1						
ห้องมั่นคง	-	-	-	-	-	-
ห้องผู้จัดการ	00.04	77.76	261.27	128.4	20	1,187.20
ห้องทำการ ส่วนที่ 1	00.11	320.76	1,077.75	128.4	20	3,561.60
ห้องทำการ ส่วนที่ 2	00.22	641.52	2,155.51	128.4	20	7,123.20
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	00.01	02.16	07.26	128.4	20	296.80
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	00.00	01.08	03.63	128.4	20	148.40
ห้องน้ำหญิง	00.01	02.16	07.26	128.4	20	296.80
ทางเดิน	00.01	03.24	10.89	128.4	20	445.20
Office ชั้น 2						
ห้องทองประกาย	00.01	02.16	07.26	128.4	20	296.80
ห้องเพชรพิมาน	00.03	06.48	21.77	128.4	20	890.40
ห้องทำการ	00.25	748.44	2,514.76	128.4	20	8,310.40
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 1	00.01	02.16	07.26	128.4	20	296.80
ห้องน้ำชาย ส่วนที่ 2	00.00	01.08	03.63	128.4	20	148.40
ห้องน้ำหญิง	00.01	02.16	07.26	128.4	20	296.80
ทางเดิน	00.01	03.24	10.89	128.4	20	445.20
รวม	00.72	1,814.40	6,096.38	-	-	23,744.00

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.10. แสดงผลส่วนของการปรับอากาศ

ลำดับเครื่องที่	สถานที่ติดตั้ง	ชื่อผู้ผลิต	พิกัดขนาดทำความเย็นติดตั้ง (Btu/h)	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	อายุเครื่องปรับอากาศ(ปี)	พื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น (cm^2)	ความเร็วลม (m/s)	ft^3/min	Air Flow m^3/s
1	ห้องทำการชั้น 1 ห้องผู้จัดการ	-	120,000	Package Type	12	13,354.8	2.22	6,282.0	2.96
2	ห้องทำการชั้น 2	Air Temp	36,000	Split Type	12	700	3.31	490.9	0.23
3	ห้องทำการชั้น 2	Air Temp	36,000	Split Type	12	700	3.48	516.2	0.24
4	ห้องทำการชั้น 2	Air Temp	36,000	Split Type	12	700	3.31	490.9	0.23
5	ห้องทำการชั้น 2	Air Temp	36,000	Split Type	12	700	3.48	516.2	0.24

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.10. (ต่อ) แสดงผลส่วนของการปรับอากาศ

ลำดับเครื่องที่	สถานที่ติดตั้ง	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Return Enthalpy h1				Supply				(h1-h2) (Btu/lb)
			Temp		%RH		Temp		%RH	Enthalpy h2	
			(°C)	(°F)		(Btu/lb)	(°C)	(°F)		(Btu/lb)	
1	ห้องทำการชั้น 1 ห้องผู้จัดการ	Package Type	22.60	72.68	57.30	27.85	16.025	60.85	90.70	23.75	4.1
2	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	25.50	77.90	53.47	30.75	15.47	59.84	85.47	24.45	6.3
3	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	24.87	76.76	54.70	30.50	13.90	57.02	84.03	22.65	7.85
4	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	25.50	77.90	53.47	30.75	15.47	59.84	85.47	24.45	6.3
5	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	24.87	76.76	54.70	30.50	13.90	57.02	84.03	22.65	7.85

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.10. (ต่อ) แสดงผลส่วนของการปรับอากาศ

ลำดับเครื่องที่	สถานที่ติดตั้ง	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	Btu/h	Ton	kW	EER (Btu/h/W)	COP	kW/ton
1	ห้องทำการชั้น 1 ห้องผู้จัดการ	Package Type	115,903	9.66	15.09	7.68	2.25	1.56
2	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	13,918	1.16	1.94	7.16	2.10	1.68
3	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	18,233	1.52	1.78	10.25	3.00	1.17
4	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	13,918	1.16	1.94	7.16	2.10	1.68
5	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	18,233	1.52	1.78	10.25	3.00	1.17
เฉลี่ย			16,075.80	1.34	1.86	8.70	2.55	1.42

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ก.11. แสดงผลส่วนของการปรับอากาศ

ลำดับที่	สถานที่ติดตั้ง	ชนิดเครื่องปรับอากาศ	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (Btu h)	จำนวน	ชนิด Thermostat	กำลังไฟฟ้าใช้งาน (kW)	ชั่วโมงการใช้งาน (ชม./ปี)	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (%)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งาน (kWh/ปี)
ชั้นที่ 1									
1	ห้องทำการชั้น 1 ห้องผู้จัดการ	Package Type	120,000	1	Electronic	15.09	3,300	100	49,789
ชั้นที่ 2									
2	ห้องทำการชั้น 2	Split Type	36,000	4	Electronic	1.86	3,300	100	24,575
รวม									74,363.47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข.
ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ข.1. ตัวอย่างการคำนวณสมการไฟฟ้า

ข.1.1. การคำนวณ Load Factor

ตัวอย่างการคำนวณ Load Factor เดือน ธันวาคม 2545

Load Factor = (kWh x 100) / (kW x hr / เดือน)

= (7320.44 x 100) / (47.74 x 31 x 24)

= 20.61%

ข.1.2. การปรับลดแรงดันไฟฟ้า

Core loss ลดลง = $kVA_{Tr.rated}$ x (1 - eff) x % Core Loss x $[(V_1/V_2)^2 - 1]$ x hr

จากตารางคุณสมบัติหม้อแปลง

Tr 250 kVA, eff = 98.43%, Core loss = 0.17%

การดำเนินการปรับลดแรงดันหม้อแปลงดังกล่าว จะสามารถประหยัดไฟฟ้าของอาคาร

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 250 x (1-0.9843) x 0.17 x $[(404 / 394)^2-1]$ x 24 x 365

= 300.4714 kWh/ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.36 บาท/kWh

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 300.471 x 3.36

= 1,009.58 บาท/ปี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.2 ตัวอย่างการคำนวณสมการแสงสว่าง

ข.2.1 ตัวอย่างการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดและเงินที่ประหยัดได้

จากตารางที่ ก.8 จำนวนหลอด 8 หลอด หลอดต่อโคม 2 โคม กำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอดที่ใช้ในปัจจุบัน 36 วัตต์/หลอด กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ที่ใช้ในปัจจุบัน 10 วัตต์/ตัว กำลังไฟฟ้าสูญเสียของหลอดที่ปรับปรุง 32.5 วัตต์/หลอด กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ที่ปรับปรุง 2.5วัตต์/ตัว จำนวนการใช้งาน 8 ชม/.วัน การใช้งาน 300 วัน/ปีเปอร์เซ็นต์การใช้งาน 90% ค่าไฟ 3.36 บาท

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมของบัลลาสต์ที่ใช้ในปัจจุบัน

$$P_T = \frac{(36+10)}{8} = 368 \quad W$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมของบัลลาสต์ที่ปรับปรุง

$$P_T = (8 \times 32.5) + \frac{(8 \times 2.5)}{2} = 270 \quad W$$

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง

$$E_B = \frac{(8 \times 300 \times 0.9 \times 368)}{1000} = 794.88 \text{ kWhต่อปี}$$

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง

$$E_A = \frac{(8 \times 300 \times 0.9 \times 270)}{1000} = 583.20 \text{ kWhต่อปี}$$

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด

$$E_R = 794.88 - 583.20 = 211.63 \text{ kWhต่อปี}$$

เงินที่ประหยัดได้

$$B = 211.68 \times 3.36 = 711.24 \quad \text{บาท/ปี}$$

การคำนวณทั้งสองมาตรการจะใช้สูตรเหมือนกันและการคำนวณที่เหมือนกัน จึงไม่ได้แสดงการคำนวณให้ดู

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.2.2 การติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

บัลลาสต์ที่ใช้นั้นเป็นบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียประมาณ 10 วัตต์ต่อตัว การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 2.5 วัตต์ต่อตัว ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ รวมสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 11 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 36 วัตต์ สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 9.25 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 18 วัตต์

จำนวนบัลลาสต์ที่ต้องเปลี่ยน	= 160	ตัว
การวิเคราะห์ผลตอบแทน		
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	= 1.93	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 4,931.04	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 16,568.29	บาท/ปี
การวิเคราะห์การลงทุน		
จำนวนบัลลาสต์เก่าที่ต้องเปลี่ยน	= 160	ตัว
ราคาบัลลาสต์ชนิด 1 ตัวต่อ 3 หลอด *ขนาด 36 วัตต์	= 750	บาท/ตัว
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 52.5	บาท/ตัว
รวมราคาบัลลาสต์ชนิด 1 ตัว ต่อ 3 หลอด	= 802.5	บาท/ตัว
จำนวนติดตั้งทั้งสิ้น	= 2	ตัว
ราคาบัลลาสต์ชนิด 1 ตัวต่อ 2 หลอด ขนาด 36 วัตต์	= 450	บาท/ตัว
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 31.5	บาท/ตัว
รวมราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 2 หลอด	= 481.5	บาท/ตัว
จำนวนติดตั้งทั้งสิ้น	= 68	ตัว
ราคาบัลลาสต์ชนิด 1 ตัวต่อ 1 หลอด ขนาด 36 วัตต์	= 300	บาท/ตัว
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 21	บาท/ตัว
รวมราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 1 หลอด	= 321	บาท/ตัว
จำนวนติดตั้งทั้งสิ้น	= 10	ตัว
ราคาบัลลาสต์ชนิด 1 ตัวต่อ 1 หลอด ขนาด 18 วัตต์	= 300	บาท/ตัว
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 21	บาท/ตัว
รวมราคาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิด 1 ตัว ต่อ 1 หลอด	= 321	บาท/ตัว
จำนวนติดตั้งทั้งสิ้น	= 8	ตัว
ค่าแรงในการติดตั้ง	= 20	บาท

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รวมเงินลงทุน	= 41,885	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	= 2.53	ปี
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน) FIRR)	= 40.68	%
อายุการใช้งานของบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ	= 7	ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ต่ออายุการใช้งานของบัลลาสต์	= 96,958	บาท/7ปี

หมายเหตุ * เป็นการรวมราคาของบัลลาสต์แบบ 1 ตัวต่อหลอด และแบบ 1 ตัวต่อ 2 หลอด

ข.2.3 การวิเคราะห์ทางการเงินการติดตั้งบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. ข้อมูลเบื้องต้น

1.1Conversion Factor สำหรับมูลค่าทางการเงิน

ก ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ	1.00	บาท
ข ค่าแรงงาน	1.00	บาท
1.2ค่าไฟฟ้า	3.36	บาท/kWh

1.3ค่าเงินเฟ้อ

ก สำหรับอุปกรณ์/เครื่องมือและค่าดำเนินการ	6.5	%
ข สำหรับค่าพลังงาน	4.5	% (จากปี ค.ศ .2003 ขึ้นไป)

2. ข้อมูลด้านการลงทุน

2.1เงินลงทุนเบื้องต้น	41,885	บาท	โดยแยกเป็น		
ก ค่าอุปกรณ์	40,125	บาท	อายุใช้งาน	7	ปี
ข ค่าแรง	1,760	บาท			
ค อื่นๆ	-	บาท			
2.2ค่าแรงงาน	-	บาท			
2.3ค่าดำเนินการ	-	บาท/ปี			
2.4ค่าบำรุงรักษา	-	บาท/ปี			

3. ข้อมูลด้านผลตอบแทน

3.1ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า	4,931	kWh/ปี

4. อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน (FIRR) 40.68 %

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.2.4 การติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็ก

บัลลาสต์ที่ใช้นั้นเป็นบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียประมาณ 10 วัตต์ต่อตัว การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ความสูญเสียต่ำซึ่งมีกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 5.5 วัตต์ต่อตัว ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ รวมสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียลงได้ 4.5 วัตต์สำหรับหลอดขนาด 36 วัตต์ และขนาด 18 วัตต์

จำนวนบัลลาสต์ที่ต้องเปลี่ยน	= 160	ตัว
การวิเคราะห์ผลตอบแทน		
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	= 0.72	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 1,814.40	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 6,096.38	บาท/ปี
การวิเคราะห์การลงทุน		
จำนวนบัลลาสต์เก่าที่ต้องเปลี่ยน	= 160	ตัว
ราคาบัลลาสต์ความสูญเสียชนิดต่ำ 1 ตัวต่อ 1 หลอด	= 200	บาท/ตัว
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 14	บาท/ตัว
รวมราคาบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำชนิด 1 ตัว ต่อ 1 หลอด	= 214	บาท/ตัว
จำนวนติดตั้งทั้งสิ้น	= 160	ตัว
ค่าแรงในการติดตั้ง	= 20	บาท
รวมเงินลงทุน	= 37,440	บาท
ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น	= 6.14	ปี
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน) FIRR)	= 19.13	%
อายุการใช้งานของบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ	= 15	ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ต่ออายุการใช้งานของบัลลาสต์	= 94,969	บาท/7ปี

หมายเหตุ * เป็นการรวมราคาของบัลลาสต์แบบ 1 ตัวต่อหลอด และแบบ 1 ตัวต่อ 2 หลอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.2.5 การวิเคราะห์ทางการเงินการติดตั้งบัลลาสต์ความสูญเสียต่ำ

1. ข้อมูลเบื้องต้น

1.1Conversion Factor สำหรับมูลค่าทางการเงิน

ก ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ			1.00	บาท
ข ค่าแรงงาน			1.00	บาท
1.2ค่าไฟฟ้า			3.36	บาท/kWh
1.3ค่าเงินเฟ้อ				
ก สำหรับอุปกรณ์/เครื่องมือและค่าดำเนินการ		6.5	%	
ข สำหรับค่าพลังงาน		4.5	%(จากปี ค.ศ .2003 ขึ้นไป)	

2. ข้อมูลด้านการลงทุน

2.1เงินลงทุนเบื้องต้น	37,440	บาท	โดยแยกเป็น	
ก ค่าอุปกรณ์	34,240	บาท	อายุใช้งาน	15 ปี
ข ค่าแรง	3,200	บาท		
ค อื่นๆ	-	บาท		
2.2ค่าแรงงาน	-	บาท		
2.3ค่าดำเนินการ	-	บาท/ปี		
2.4ค่าบำรุงรักษา	-	บาท/ปี		

3. ข้อมูลด้านผลตอบแทน

3.1ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า	1,814	kWh/ปี

4. อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน (FIRR) 19.13%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.3. ตัวอย่างการคำนวณของการปรับอากาศ

ข 3.1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่า COP,EER และ ChP ของเครื่องปรับอากาศ

ในที่นี้จะเลือกตัวอย่างเครื่องปรับอากาศมาเพียง 1 ตัวในการคำนวณหาค่าต่างๆ ของระบบปรับอากาศนี้ โดยใช้เครื่องปรับอากาศในบริเวณที่ทำการชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนชนิด Split Type มีช่องลมจ่ายเท่ากับ 700 cm^2 มีอุณหภูมิทางลมจ่ายเท่ากับ 15.47 °C ค่าความชื้น 85.47 %ที่ช่องลมกลับมีอุณหภูมิเท่ากับ 25.50 °C ค่าความชื้น 53.47 % มีความเร็วลมเท่ากับ 3.31 m/s ใช้กำลังไฟเท่ากับ 1.94 kW

นำค่าที่ได้มาทำการหาค่า ChP,COP และ EER เพื่อตรวจความคุ้มค่าของเครื่องปรับอากาศ

เปิดไซโครเมตริกชาร์ทที่สภาวะที่1

อุณหภูมิทางช่องลมจ่ายเท่ากับ 15.47 °C ⟶ 59.84 °F

ค่าความชื้น 85.47%

ได้ h_1 = 30.75 Btu/lb

เปิดไซโครเมตริกชาร์ทที่สภาวะที่2

อุณหภูมิทางช่องลมกลับเท่ากับ 25.50 °C ⟶ 77.90 °F

ค่าความชื้น 53.47 %

ได้ h_2 = 24.45 Btu/lb

โหลดทำความเย็นของห้องปรับอากาศ

$$\Delta q = h_2 - h_1$$

$$\Delta q = 24.45 - 30.75$$

$$\Delta q = 6.30 \text{ Btu/lb}$$

หาโหลดทำความเย็นต่อชั่วโมง

ความเร็วลมเท่ากับ	3.31	m/s
มีอัตราการไหลของอากาศ ($\dot{m}$) เท่ากับ	490.9	ft^3/min

$$\text{โหลดทำความเย็นต่อชั่วโมง} = 4.5(\dot{m})(\Delta q)$$

$$= 4.5 \times 490.9 \times 6.30$$

$$= 13{,}918 \text{ Btu/h}$$

ตันทำความเย็น (TON)

$$TON = Btu/h \,/\, 12{,}000$$

$$TON = 13{,}918 \,/\, 12{,}000$$

$$= 1.16 \text{ TON}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \frac{Btu/hr}{W}$$

$$EER = \frac{13,918}{1.94 \times 1000} = 7.16 \frac{Btu/hr}{W}$$

ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{Btu/hr}{kW} = \frac{Cooling\ Load}{Power}$$

$$COP = 13,918\ X(2.93/10,000)/1.94$$

$$= 2.10$$

ค่าสมรรถนะของส่วนทำความเย็น

$$ChP = \frac{kW}{TON}$$

$$ChP = 1.94 / 1.16$$

$$= 1.68\ kW/TON$$

เราสามารถหาค่าของพลังไฟฟ้าได้จาก

$$kWh/ปี = kW \times n \times h \times \%$$

โดยที่

n เท่ากับ1

h เท่ากับ 3,300 ช.ม/.ปี

% เท่ากับ 100%

จะได้

$$kWh/ปี = 1.94 \times 1 \times 3,300 \times \frac{100}{100} \%$$

$$= 6,402\ \ kWh/ปี$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.3.2 ตัวอย่างการคำนวณเรื่องการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง

การคำนวณในที่นี้จะทำการคำนวณในส่วนของการทำความเย็นเท่านั้น ซึ่งมีพื้นที่การทำความเย็น 327 ตารางเมตร มีพื้นที่ของกำแพงผนังด้านถูกแสงแดดคิดเป็นพื้นที่ได้ดังนี้

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าของทิศ,ชนิดของผนังและพื้นที่ผนังทึบ

ทิศ	ชนิดของผนัง	Area (m^2)
N	- ผนังทึบ	50.2
	- ผนังทึบ	8.8
	- ผนังโปร่งแสง	36
S	- ผนังทึบ	68.2
	- ผนังทึบ	8.8
	- ผนังโปร่งแสง	18
W	- ผนังทึบ	24
	- ผนังโปร่งแสง	18
Roof	- ผนังทึบ	170.5
	- ผนังทึบ	10.5

จากตาราง ข.3 เราสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใส่ในโปรแกรม OTTVEE1.0 a โปรแกรมนี้ใช้ในการหา OTTV และ RTTV ของอาคาร โดยสามารถทำได้ดังนี้

1. ทำการบันทึกข้อมูลของอาคารโดยการกรอกชื่อโครงการและรายละเอียดต่างๆ
2. หลังจากนั้นทำการกรอกข้อมูลของกรอบอาคารโดยการกำหนดทิศและชนิดของผนัง ในส่วนนี้เองจะมีการกรอกรายละเอียดและชนิดของผนังด้วย โปรแกรมจะทำการบอกค่า U (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง) ให้ทราบ
3. เมื่อทำการกรอกค่าทั้งหมดแล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าต่างๆ ของ OTTV และ RTTV ให้

โดยจะได้ค่า OTTV และ RTTV ดังนี้

ค่า OTTV มีค่าเท่ากับ 40.62 W/m^2

ค่า RTTV มีค่าเท่ากับ 13.98 W/m^2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.3.3 ตัวอย่างการคำนวณเรื่องการปรับอุณหภูมิของเทอร์โมสตัท

จากการสุ่มตรวจสอบค่าอุณหภูมิการปรับอากาศในพื้นที่ต่างๆ ของบริเวณทำการชั้น 1 พบว่าค่าอุณหภูมิมีค่าดังนี้

อากาศภายนอก ที่ 30 °C ความชื้น 65 %

อากาศภายใน ที่ 22.6 °C ความชื้น 57.3 %

ทำการปรับค่าเป็น

อากาศภายใน ที่ 25 °C ความชื้น 57.3 %

โดยเครื่องปรับอากาศเป็นแบบแยกส่วนชนิด Package Type ทำการระบายความร้อนโดยใช้ Fan ใช้พลังงาน 49,789 kWh/ปี ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.36 บาท/kWh

จากไซโครเมตริกชาร์ท

Enthalpy ของอากาศภายนอก ที่ 30 °C ความชื้น 65 %; h_o = 39.56 Btu/lb

Enthalpy ของอากาศภายใน ที่ 22.6 °C ความชื้น 57.3 % ; hi_1 = 27.85 Btu/lb

ข้อมูลของอุณหภูมิที่ต้องการปรับ

Enthalpy ของอากาศภายใน ที่ 25 °C ความชื้น 57.3 %; hi_2 = 30.85 Btu/lb

ดังนั้นผลที่ประหยัดได้ $= \dfrac{(ho - hi1) - (ho - hi2) \times 100\%}{(ho - hi1)}$

$= \dfrac{(39.56 - 27.85) - (39.56 - 30.85) \times 100\%}{(39.56 - 27.85)}$

= 25.62 %

พลังงานที่ใช้ของระบบปรับอากาศ = 49,789 kWh/ปี

พลังงานที่สามารถประหยัดได้ = 49,789 x 25.62%

= 12,755.41 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ = 3.36 บาท/kWh

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 12,755.41 x 3.36 บาท/ปี

= 42,858.18 บาท/ปี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข.3.4. ตัวอย่างการคำนวณเรื่องการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน 15 นาที

ทางอาคารมีเครื่องปรับอากาศที่มีศักยภาพ ในการดำเนินการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกงาน จำนวน 5 ชุดด้วยกัน ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 74,363.47 kWh/ปี เป็นเวลาทั้งสิ้น 3,300 ชั่วโมง ซึ่งได้ทำการประหยัดได้ดังนี้

ชนิดของเครื่องปรับอากาศ	=	Package Unit และ Split Unit	
ขนาดของเครื่องปรับอากาศ	=	120,000 กับ 36,000 Btu/h	
จำนวนเครื่องปรับอากาศ	=	5	เครื่อง
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	74,363.47	kWh/ปี
ชั่วโมงการใช้งาน	=	3,300	ชั่วโมง/ปี
ระยะเวลาที่ปิดเครื่องปรับอากาศ	=	15	นาที/วัน
คิดเป็นชั่วโมงที่ปิดเครื่องปรับอากาศ	=	75	ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	74,363.47 / 3,300 x75	
	=	1,690.08	kWh/ปี
คิดเป็นจำนวนเงิน	=	1,690.08 x 3.36	
	=	5,678.67	บาท/ปี

ข.3.5 การคำนวณค่าความร้อนแฝงจากคนและค่าความร้อนสัมผัสของคนทั้งหมดที่เกิดขึ้น

มีบุคลากรที่ทำงาน	2	คน
มีเครื่องคอมพิวเตอร์	8	เครื่อง
มีปริมาณการเปิดประตู	50	ครั้ง/วัน
ลักษณะการทำงาน นั่งพิมพ์ดีด ทำงานเบาๆ		
ค่าความร้อนแฝง (q_L)	255	Btu/h
ค่าความร้อนสัมผัส (q_s)	255	Btu/h

คิดเป็นค่าของการทำความเย็นเท่ากับ

ค่าความร้อนแฝงจากคนทั้งหมดที่เกิดขึ้น Q_L = 2x255

= 510 Btu/h

ค่าความร้อนสัมผัสของคนทั้งหมดที่เกิดขึ้น Q_S = 2x255x0.04

= 20.4 Btu/h

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประวัติผู้ทำโครงงาน

นายกวิส สกุลเขมฤทัย จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพนัสพิทยาคาร ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีความสนใจในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เช่น ไมโครซอฟท์ออฟฟิศ แมทแลบ แมทแคด ออโตแคด ซอบและถนัดในวิชาการสั่นสะเทือน อุณหพลศาสตร์ การถ่ายโอนความร้อน และโรงจักรต้นกำลัง

นายสิทธิฤกษ์ เอกวิชกุล จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียน สาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพาปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีความสนใจในการเขียนแบบทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซอบและถนัดในวิชาการถ่ายโอนความร้อนและระบบปรับอากาศ

นายวชิรนันท์ แก้วระคน จบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสามัคคีวิทยาคม ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มีความสนใจในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่นไมโครซอฟท์ออฟฟิศ โฟโต้ซอป แมทแคด ซอบและถนัดในวิชาอุณหพลศาสตร์ การถ่ายโอนความร้อนและระบบปรับอากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University