

การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่



ปริญญานิพนธ์
ของ
พริฐา ศตะภาภิ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ธันวาคม 2557

การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่



ปริญญานิพนธ์
ของ
พรีฐา ศະกะภูริ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม

ธันวาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ธันวาคม 2557

พีรฐา ศตะภูริ. (2557). การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่.

ปริญญาานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผศ.ดร.อาจรี ศุภสุทธิกุล,

ผศ.ดร.วิชากร จารุศิริ

อาคารหน่วยงานราชการมีการใช้พลังงานเป็นปริมาณมากเพื่อให้บริการประชาชน แต่รัฐบาลมีงบประมาณจำกัดในการลงทุนเพื่อการประหยัดพลังงาน ดังนั้นการกำหนดมาตรการการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพและใช้การลงทุนต่ำจึงเป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารหน่วยงานราชการ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นด้านการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้า แสงสว่างและระบบปรับอากาศ ผลการวิจัยพบว่า การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการให้ประสบความสำเร็จได้ ต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรในอาคาร และใช้มาตรการที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่นการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น และการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น อีกทั้งผลการวิจัยแสดงผลประหยัดของอาคารตัวอย่างในด้านการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเท่ากับ 169,574 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี หรือคิดเป็นประมาณ 11.28% /เดือน และลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าคิดเป็น 91.91 ton CO₂e/ปี ส่วนผลประหยัดในด้านระบบปรับอากาศ หลังปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเป็น 48°F, 50°F, 52°F เท่ากับ 1,819 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน 3,598 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน 7,452 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน หรือคิดเป็น 6%, 13%, 26% ตามลำดับ จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้หน่วยงานราชการต่างๆ ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้

INTEGRATED-BASED ENERGY CONSERVATION IN THE LARGE
GOVERNMENT BUILDING



AN ABSTRACT
BY
PEERATA SASAPHURE

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Engineering Degree in Engineering Management
at Srinakharinwirot University

December 2014

Peerata Sasaphure. (2014). *Integrated-Based Conservation In The Large Government Building*. Master thesis, M.Eng. (Engineering Management). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr.Ajaree Supasuteekul, Asst. Prof. Dr.Witchakorn Charusiri

Buildings in the public sector consume large amounts of energy; however, the government energy conservation budget is quite small so expensive, large-scale renovations are cost prohibitive. Therefore, it is critical to maximize energy savings while at the same time minimizing financial expenditures. This is the best accomplished through energy consumption regulations and other low investment measures. In this research, such low-investment measures are pursued by studying the investigation of energy consumption and management in government buildings through monitoring the energy management and energy consumption of both the illumination system and air conditioning system in the large government building. The results showed that the keys to successfully integrating energy consumption and management were good cooperation from all government officer involved and fast action such as the implementation of high efficacy tubular fluorescent lamp, a reduction in unnecessary tubular fluorescent lamp and an increase water temperature outlet from chiller. The results also showed the amount of energy saving from illumination system of 169,574 KWh/year or 11.28% /month and carbon dioxide emissions were equivalent to 91.91 ton CO₂e/year plus the amount of energy saving from air conditioning system after setting water temperature outlet to be 48°F, 50°F, 52°F equal to 1,819 KWh/month, 3,598 KWh/month, 7,452 KWh/month or 6%, 13%, 26% respectively. In conclusion, this research work can be used as the guideline for energy conservation in the government sector's buildings.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่
ของ
พริฐา ศตะภูริ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

.....ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชากร จารุศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร ธเนศวรณิษฐ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจรี ศุภสุธิกุล ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษชากร จารุศิริ คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องตั้งแต่เริ่มดำเนินการกระทั่งได้ปริญญานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร ธเนศวรณิชย์ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ตรวจสอบ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา อีกทั้งเป็นผู้ให้กำลังใจและกำลังใจทั้งในการศึกษาจนจบหลักสูตร รวมถึงคุณवरกร สุวรรณลี คุณฐิติกร บุญชูวงศ์ คุณปราชญา ตรีสุทธาชีพ คุณศิริวรรณ บุญวิบูลวัฒน์ และทีมช่างเทคนิคประจำอาคารตัวอย่าง นิสิตปริญญโททุกท่านที่ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือโดยตลอดการศึกษา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ให้หน่วยงานราชการ และผู้ที่สนใจศึกษาส่วนคุณประโยชน์ และความดีพึงได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้คุณพ่อ คุณแม่ที่ได้อบรมสั่งสอนให้เรียนหนังสือ มีความพยายามและความอดทนสู้ ตลอดจนคุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำให้ประสบความสำเร็จทางการศึกษา

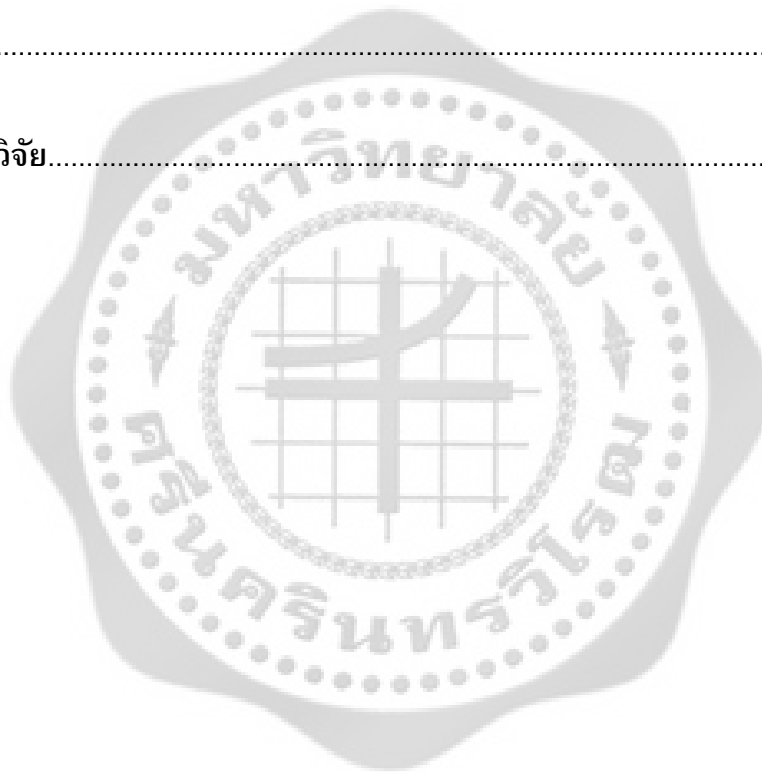
พีรฐา ศตะภูริ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ข้อมูลทั่วไปของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง.....	4
ข้อมูลทางเทคนิคของค่าไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ.....	8
ขั้นตอนการจัดการพลังงาน.....	49
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
3 วิธีดำเนินการวิจัย	58
ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาคารตัวอย่าง.....	58
การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix : EMM).....	58
กำหนดเป้าหมายและแผนการจัดการพลังงาน.....	61
เก็บรวบรวมข้อมูล.....	63
วิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและปรับอากาศในอาคาร.....	68
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	69
การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix: EMM).....	69
การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร.....	71
การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในอาคาร.....	75

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	88
สรุปผลการวิจัย.....	88
ข้อเสนอแนะ.....	90
บรรณานุกรม.....	91
ภาคผนวก.....	94
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	121



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 โรงงาน/อาคารควบคุมที่ต้องกำหนดผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน.....	8
2 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของประเทศต่าง ๆ	16
3 แสดงความต้องการไฟฟ้าของไทย.....	17
4 อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ไฟฟ้า.....	19
5 ตัวประกอบการบำรุงรักษา.....	27
6 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดอินแคนเดสเซนต์ธรรมดา.....	29
7 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดทังสเตน ฮาโลเจน.....	30
8 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	31
9 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์.....	32
10 ข้อดี-ข้อเสียของบัลลาสต์แกนเหล็ก.....	33
11 ข้อดี-ข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์.....	34
12 ตัวอย่างตารางประเมินการจัดการด้านพลังงาน.....	52
13 ลักษณะเส้นแบบต่าง ๆ และการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการ พลังงาน.....	54
14 ลักษณะเส้นแบบต่าง ๆ และการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการ พลังงาน.....	60
15 เปรียบเทียบผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน ทั้ง 4 กรณีศึกษา.....	71
16 มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น.....	73
17 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานหลังใช้มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้า แสงสว่างที่ไม่จำเป็น.....	74
18 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้งปัจจุบันกับ เครื่องรุ่นใหม่.....	81
19 การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง.....	82
20 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ประสิทธิภาพสูง.....	84
21 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานหลังติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ มอเตอร์ปั๊มน้ำ.....	86

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
22 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ.....	86
23 ผลการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ.....	89



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2 สารสำคัญของกฎหมายที่เกี่ยวกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535....	7
3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า.....	11
4 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า.....	12
5 ตัวอย่างการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุง P.F. ที่ทั้ง 3 ตำแหน่ง.....	13
6 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงในสายเคเบิล เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบ กำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น.....	15
7 กราฟโหลดรายวัน.....	20
8 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter).....	24
9 การส่องสว่าง General Lighting และ Task-ambient Lighting.....	36
10 วัฏจักรการทำความเย็นโดยการอัดไอ.....	40
11 ความดัน – เอนทัลปีของวัฏจักรการอัดไอหนึ่งขั้นตอน.....	40
12 ฉลากแสดงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ.....	42
13 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน.....	50
14 ตัวอย่างการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น.....	53
15 ผลการประเมินการจัดการด้านพลังงานของอาคาร.....	59
16 วิธีการและขั้นตอนการประเมินให้คะแนน.....	59
17 เป้าหมายในการประเมิน.....	61
18 แผนการดำเนินงานวิจัยการประหยัดพลังงานในอาคารที่ศึกษา.....	62
19 เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส.....	63
20 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter).....	63
21 เบรกเกอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น.....	65
22 ลักษณะการคล้องสายวัดและติดสายหนีบ.....	65
23 การเสียบสายวัดค่าเข้าเครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส.....	66
24 เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟสขณะทำการบันทึกค่าพลังงาน.....	66

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
25 ข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการนำมาวิเคราะห์.....	67
26 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มขึ้นของค่า COP.....	67
27 ผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินการจัดการด้านพลังงานตัวอย่าง.....	69
28 ปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นของอาคารตัวอย่างก่อน ปรับปรุง.....	76
29 ปริมาณความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่างๆ.....	77
30 การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนที่อุณหภูมิต่างๆ.....	78
31 ค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่อุณหภูมิต่างๆ	79
32 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่างๆ..	80



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพของคนแต่ละประเทศ ทั้งประเทศที่เจริญแล้วและประเทศกำลังพัฒนา การใช้พลังงานในแต่ละประเทศจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของการพัฒนาทางอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากแหล่งพลังงานในประเทศไทยมีจำนวนจำกัด เราจึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการใช้พลังงานให้ประหยัดและคุ้มค่าที่สุด และเมื่อประเมินจากอัตราการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ปริมาณน้ำมันและก๊าซธรรมชาติกำลังจะหมดไปในระยะเวลาอันใกล้ สถานการณ์ที่ประเทศไทยต้องเผชิญกับภาวะวิกฤติและความผันผวนของราคาพลังงาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วน รัฐบาลจึงเร่งหามาตรการเพื่อลดการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารของหน่วยงานราชการ เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับอาคารของภาคเอกชน ซึ่งจากการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดของหน่วยงานราชการพบว่า ในภาคราชการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณปีละ 4,500 ล้านบาท หรือประมาณร้อยละ 4 ของการใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศคิดเป็นเงินประมาณ 13,500 ล้านบาทต่อปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550) รัฐบาลจึงกำหนดให้การประหยัดพลังงานในหน่วยงานราชการเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานเพื่อจูงใจให้หน่วยงานราชการเกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานมีสัดส่วนค่อนข้างมาก ดังนั้นผลการประหยัดพลังงานที่ได้จะหมายความว่าความถึงการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานมีทุนเหลือเพิ่มขึ้นสำหรับการใช้สอยในโครงการพัฒนาทางด้านอื่นที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานภายในและกำลังคนเพื่อเพิ่มประสิทธิผลให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยประเทศชาติในการลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ตลอดจนชะลอการใช้ก๊าซธรรมชาติในส่วนของการผลิตไฟฟ้าอีกด้วย

หน่วยงานราชการได้ให้ความสำคัญกับการประหยัดพลังงาน จึงกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ภายในหน่วยงานถือปฏิบัติ ซึ่งผลการใช้พลังงานก็ลดลงในช่วงปฏิบัติระยะแรกๆ ของการกำหนดมาตรการ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะพบว่าการขาดการดูแลเอาใจใส่ ติดตามการดำเนินการประหยัดพลังงาน ผลการใช้พลังงานจึงเพิ่มขึ้น การประหยัดพลังงานให้เห็นผลเป็นรูปธรรมนั้นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง ปัจจัยที่สำคัญคือการมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานของทุกคนโดยมีจิตสำนึกด้วยตัวเอง ด้วยความสมัครใจที่จะช่วยกันทำ ไม่ใช่ทำโดยคำสั่งจากผู้บริหารหรือเป็นมาตรการบังคับ ซึ่งเชื่อว่าหากทุกคนมีส่วนร่วมและมีจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานกันแล้ว จะสามารถทำให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในหน่วยงานได้

จากที่กล่าวมาจึงนำมาสู่การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานแบบบูรณาการ ครอบคลุมทั้งมาตรการที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน งานวิจัยนี้ปรับปรุงศักยภาพในการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในอาคารของรัฐ บนการประยุกต์ศาสตร์ด้าน

วิศวกรรมและการจัดการ ขั้นตอนทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ดำเนินการในแบบบูรณาการ และนำเสนอการดำเนินการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ การคำนวณหาความเป็นไปได้ของแนวทางการประหยัดพลังงานในการใช้พลังงานในอาคารเช่น ระบบปรับอากาศ, ไฟฟ้าแสงสว่าง รวมทั้งศึกษาแนวทางวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 พร้อมสร้างมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารของรัฐ เพื่อสามารถแสดงผลการประหยัดพลังงานได้จริง

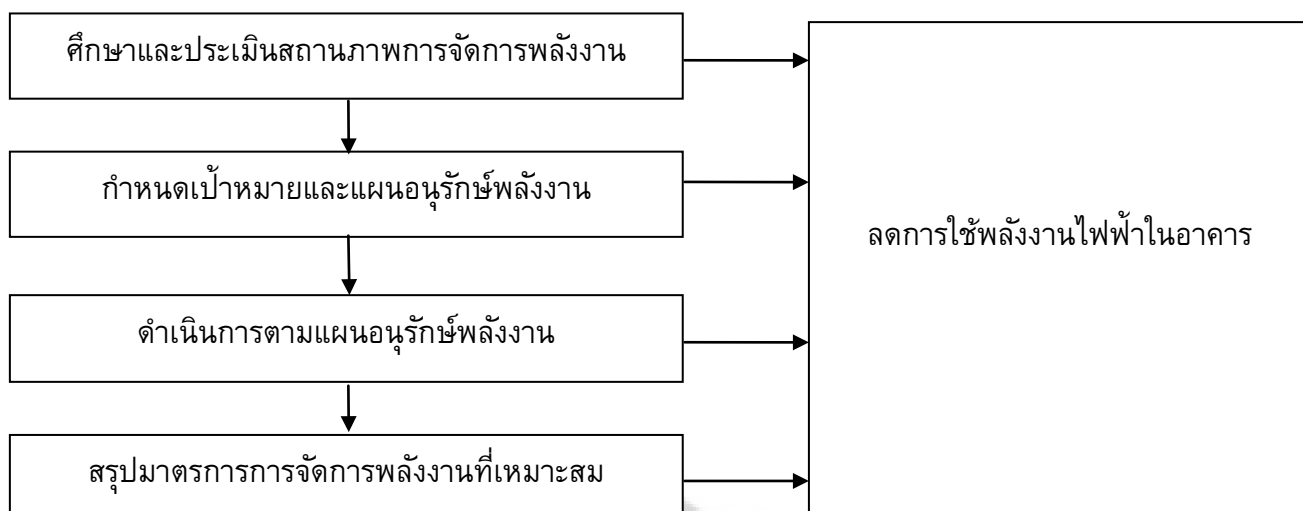
1.2 วัตถุประสงค์

ในการทำวิจัยเรื่องการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่ มีความมุ่งหมายของการทำวิจัยดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์แนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่ใช้ในอาคารของรัฐขนาดใหญ่
2. พัฒนาระบบการจัดการพลังงานของระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร
3. เสนอมาตรการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร
4. ประเมินผลการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารขนาดใหญ่ของหน่วยงานราชการ
2. วิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานภายในอาคารจากระดับผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้ตารางการประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix: EMM) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์
3. วิเคราะห์แนวทางการจัดการพลังงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิผลภายในอาคาร



ภาพประกอบ 1 ขอบเขตของการวิจัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. ได้แนวทางการประหยัดค่าไฟฟ้าให้กับอาคารตัวอย่างและอาคารของรัฐขนาดใหญ่ทั่วประเทศไทยในการอนุรักษ์พลังงาน
2. ได้แนวทางและมาตรการการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในอาคารของรัฐได้
3. ได้ข้อมูลการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่ มีแนวคิดและทฤษฎีรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
2. ข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับค่าไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ
3. ขั้นตอนการจัดการพลังงาน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550)

เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง อันเป็นภาระแก่ประเทศในการลงทุนเพื่อจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว และปัจจุบันการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการก่อให้เกิดการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศนั้น ยังไม่สามารถเร่งรัดดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายได้ ด้วยเหตุนี้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) จึงได้ยกร่างกฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานขึ้นมาเพื่อกำหนดมาตรการในการกำกับ ดูแล ส่งเสริม และช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้พลังงาน โดยมีการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน การตรวจสอบและวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงาน วิธีปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงาน การกำหนดระดับการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ การจัดตั้งกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้การอุดหนุน ช่วยเหลือในการอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาส่งแวดล้อมจากการใช้พลังงาน ตลอดจนการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพลังงานและกำหนดมาตรการเพื่อส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงาน หรือผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงหรือวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน ในท้ายที่สุด “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535” ก็ได้ผ่านการพิจารณาจากสภานิติบัญญัติแห่งชาติและได้มีพระบรมราชโองการฯ ให้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ.2535 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ.2535 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 มีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสภาพการณ์ในปัจจุบัน ฝ่ายนิติบัญญัติจึงเห็นสมควรแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติดังกล่าวเพื่อให้สามารถกำกับและ

ส่งเสริมการใช้พลังงานการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพและสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยี กำหนดมาตรฐานด้านประสิทธิภาพของการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ การเก็บรักษาเงินและทรัพย์สินของกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตลอดจนการมอบหมายให้บุคคลหรือนิติบุคคลตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน การใช้พลังงานในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และคุณภาพวัสดุหรืออุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงานแทนพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม จึงได้ตรา “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550” ขึ้นใช้บังคับ โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2550 และให้มีผลใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนด 180 วันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษา ซึ่งมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ.2551 เป็นต้นไป

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 3 ประการดังนี้

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

2.1.2 พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 (ราชกิจจานุเบกษา. 2538)

อาคารควบคุมคือ เป็นอาคารอยู่ภายใต้บ้านเลขที่เดียวกันติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า(มิเตอร์) ตัวเดียวหรือหลายตัวรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 1,175 กิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าความร้อนจากไอน้ำหรือพลังงานสิ้นเปลืองอย่างใดอย่างหนึ่งรวมกันในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

- การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า

กรณีไฟฟ้า : $kWh \times 3.60$ (เมกะจูล/ปี)

กรณีความร้อนจากไอน้ำ : $Es = (hs - hw) \times S \times \text{eff}$

Es = ปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า(เมกะจูล/ปี) .

hs = Enthalpy ของไอน้ำที่ใช้ (เมกะจูล/ตัน)

hw = Enthalpy น้ำ 27°C, 1บาร์ เท่ากับ 113 เมกะจูล/ตัน

S = ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (ตัน/ปี)

eff = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ใช้

ค่า 0.45

กรณีพลังงานสิ้นเปลืองอื่น : $E_f = F \times HHV \times eff$

E_f = ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองคิดเทียบเท่าเป็นพลังงานไฟฟ้า
(เมกะจูล/ปี)

F = ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง(เช่น ลิตร/ปี)

HHV = ค่าความร้อนสูงของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้(เช่น เมกะจูล/ลิตร ฯลฯ)

eff = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า

ใช้ค่า 0.45

กฎกระทรวง พ.ศ.2547 ซึ่งออกตามพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ.2538 และพระราชกฤษฎีกาโรงงานควบคุม พ.ศ.2540 การกำหนดระยะเวลาและวิธีการส่งข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุมโดย

- ให้เจ้าของสถานประกอบการส่งข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนของเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนภายในเดือนกรกฎาคม ของปีนั้น และข้อมูลรายเดือนของเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมภายในเดือนมกราคมของปีถัดไป โดยมีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเป็นผู้ลงนามรับรองความถูกต้องของข้อมูล

- ให้เจ้าของสถานประกอบการดำเนินการกำหนดเป้าหมายและแผนฯ ส่งให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทุก 3 ปี โดยในครั้งแรกต้องทำภายใน 1 ปี หลังจากกฎกระทรวงใช้บังคับ (ภายใน มี.ย.2548)

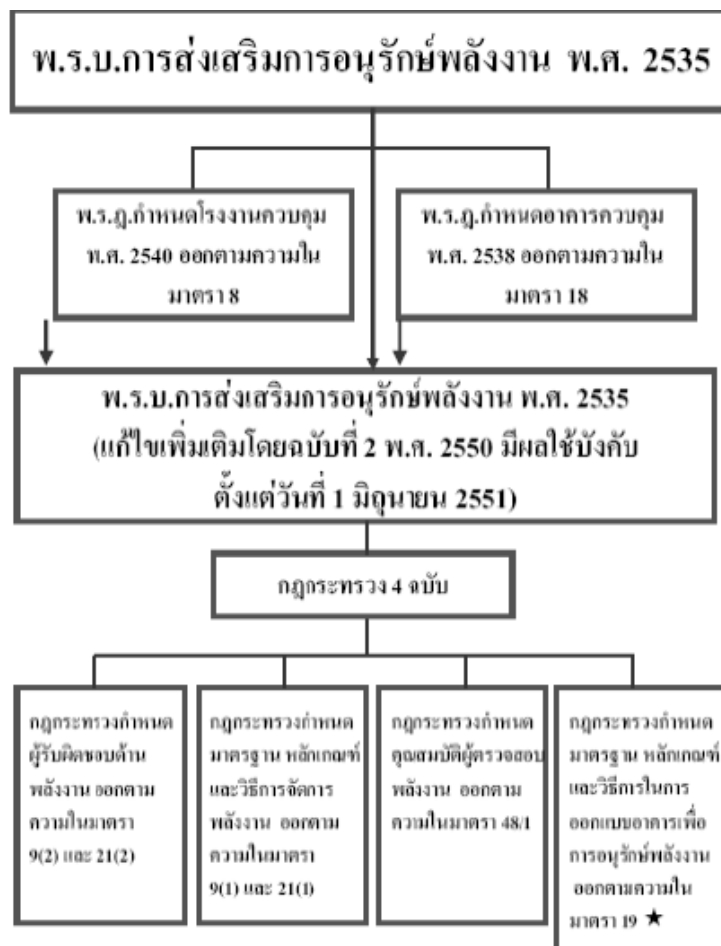
- วิธีการที่กำหนดเป้าหมายและแผนฯ ต้องดำเนินการโดยผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม หรือวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุม

- หน้าที่ของอาคารควบคุม

- จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีคุณสมบัติและจำนวนตามที่กำหนดในกฎกระทรวงประจำอาคารควบคุมภายในเวลา 180 วันหลังจากวันที่ขึ้นทะเบียนเป็นอาคารควบคุม และหากมีการแจ้งเปลี่ยนแปลงต้องแจ้งภายใน 90 วัน

- ต้องดำเนินการจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการ การจัดการพลังงานที่กำหนดในกฎกระทรวง

- ส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานภายในเดือนมีนาคมของทุกปี โดยต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองจากผู้ตรวจสอบพลังงานที่ได้รับใบอนุญาตจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน



ภาพประกอบ 2 สารสำคัญของกฎหมายที่เกี่ยวกับการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

- คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
 - เป็นผู้ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและมีประสบการณ์การทำงานในโรงงานหรืออาคารอย่างน้อยสามปี โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงาน/อาคารควบคุม
 - เป็นผู้ได้รับปริญญาทางวิศวกรรมศาสตร์/วิทยาศาสตร์โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของโรงงาน/อาคารควบคุม
 - เป็นผู้สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกับที่อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้ความเห็นชอบ

- เป็นผู้ที่สามารถการฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสหรือการฝึกอบรมที่มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกับที่อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานให้ความเห็นชอบ

- เป็นผู้ผ่านเกณฑ์การสอบตามเกณฑ์หลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานซึ่งจัดโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตาราง 1 โรงงาน/อาคารควบคุมที่ต้องกำหนดผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

ประเภท	โรงงานควบคุม/อาคารควบคุม	
ขนาดเครื่องวัดไฟฟ้า	<3,000 kw	≥3,000 kw
ขนาดหม้อแปลง	<3,530 KVA	≥3,530 KVA
ปริมาณการใช้พลังงาน	<60 ล้าน MJ/y	≥60 ล้าน MJ/y
จำนวนผู้รับผิดชอบพลังงาน	1 คน	2 คน
	โดยอย่างน้อย 1 คนต้องได้รับการอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสหรือผู้ที่สอบได้ตามเกณฑ์	

- หน้าที่ของผู้รับผิดชอบพลังงาน

- บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นระยะๆ

- ปรับปรุงวิธีการใช้พลังงานให้เป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

- ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมในการจัดการพลังงาน

- ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมหรือเจ้าของอาคารควบคุมปฏิบัติตามคำสั่งของ

อธิบดีกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานตามมาตรา 10

2.2 ข้อมูลทางเทคนิคของค่าไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศ

2.2.1 ข้อมูลทางเทคนิคของค่าไฟฟ้า

การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและวิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (พลังงาน ประสิทธิภาพและการเพิ่มผลผลิต. 2551)

พลังงานไฟฟ้านับเป็นพลังงานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อโรงงานอุตสาหกรรม อาคารธุรกิจตลอดจนชีวิตประจำวัน ในแต่ละปีประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตรามหาศาลในอันที่จะจัดหาแหล่งเชื้อเพลิงพลังงาน เพื่อนำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ โรงงานอุตสาหกรรมหรืออาคารธุรกิจบางแห่งกลับมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไม่มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ

ไม่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือไม่มีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด องค์ประกอบของค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับการไฟฟ้าฯ ในแต่ละเดือนในส่วนของ กำลังไฟฟ้า และความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดนั้นมีสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นหากผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างเหมาะสม ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าลงได้มาก อีกทั้งยังช่วยเศรษฐกิจของประเทศโดยรวมให้ดีขึ้นอีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
 - 1.1 ความเข้าใจเรื่องอัตราค่าไฟฟ้า
 - 1.2 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า
 - 1.3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
 - 1.4 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
 - 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
2. วิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
 - 2.1 การผลิตพลังงานไฟฟ้าของไทย
 - 2.2 อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
 - 2.3 ลักษณะของการใช้ไฟฟ้า
 - 2.4 วิธีการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
 - 2.5 ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่าย

1. การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

1.1 ความเข้าใจเรื่องอัตราค่าไฟฟ้า

ก่อนที่จะศึกษาถึงการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และวิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เราควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฯ เรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟในแต่ละเดือนเสียก่อน (พลังงาน ประสิทธิภาพและการเพิ่มผลผลิต. 2551)

- ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า

ตามอัตราค่าไฟฟ้าใหม่ของการไฟฟ้าฯ นับตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 เป็นต้นไป การไฟฟ้าได้แบ่งประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

- ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย
- ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก
- ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
- ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่
- ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

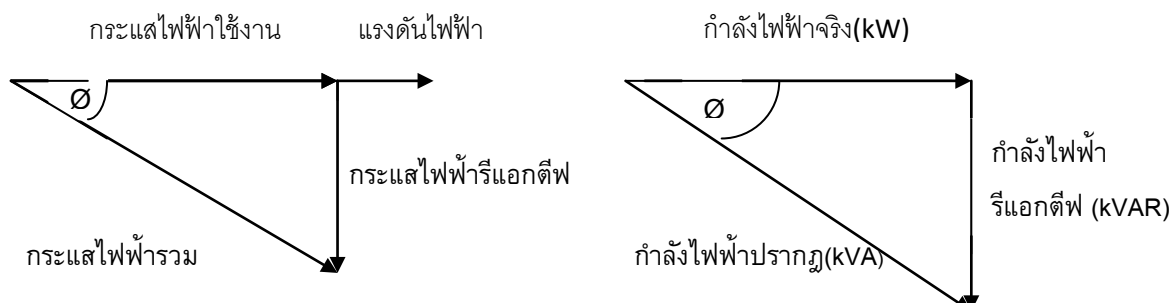
ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

- องค์ประกอบของค่าไฟฟ้าที่เสียในแต่ละเดือน
 - ค่าพลังงานไฟฟ้า (energy charge)
 - ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (demand charge)
 - ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (ที่ต่ำกว่า 0.85)
 - ค่าบริการรายเดือน
 - ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (ค่า Ft)
 - ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT)
- ระบบโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในปัจจุบัน
 - อัตราปกติ
- อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use rate ; TOU)
 - 09.00 – 22.00 น. จันทร์-ศุกร์ เป็นช่วง on peak
 - 22.00 – 09.00 น. จันทร์-ศุกร์ เป็นช่วง off peak
 - วันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์ทั้งวัน เป็นช่วง off peak
- อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day rate ; TOD)
 - 18.30 – 21.30 น. ของทุกวัน เป็นช่วง on peak
 - 08.00 – 18.30 น. ของทุกวัน เป็นช่วง partial peak
 - 21.30 – 08.00 น. ของทุกวัน เป็นช่วง off peak
- อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่สามารถจดจ่ายไฟได้
- อัตราค่าไฟฟ้าสำรอง

1.2 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

โดยทั่วไปแล้วกำลังงานในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือกำลังงานจริง (real power) มีหน่วยเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์ (W or kW) เป็นกำลังงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น ความร้อน แสงสว่างหรือพลังงานกล กำลังงานส่วนนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้าใช้งาน (active current) และอีกส่วนหนึ่งคือ กำลังงานรีแอกทีฟ (reactive power) มีหน่วยเป็นวาร์ หรือกิโลวาร์ (VAR or kVAR) เป็นกำลังงานที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้ แต่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก เช่น หม้อแปลง มอเตอร์ บัลลาสต์ ฯลฯ ต้องใช้กำลังรีแอกทีฟนี้สร้างสนามแม่เหล็ก ถ้าไม่มีสนามแม่เหล็กอุปกรณ์ดังกล่าวจะไม่สามารถทำงานได้ กำลังงานในส่วนนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้รีแอกทีฟ (reactive current) ผลรวมทางเวกเตอร์ของกำลังงานทั้งสอง เรียกว่า กำลังงานปรากฏ (apparent power) มีหน่วยเป็นโวลต์ แอมแปร์ หรือกิโลโวลต์แอมแปร์ (VA or

kVA) เป็นกำลังงานที่แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าต้องจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และมีขนาดเท่ากับผลคูณของกระแสไฟฟ้าในวงจรกับแรงดันของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า กำลังงานทั้งสามสามารถเขียนเป็นสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า

1.3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor ; PF)

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor ; PF) คือ อัตราส่วนของกำลังงานจริง (real power) ต่อกำลังงานปรากฏ (apparent power) ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ยังมีค่าสูงยิ่งดี ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.85 จะต้องเสียค่าปรับเนื่องจากตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฯ โดยคิดจากกิโลวาร์ที่เกิน 61.97 % ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนนั้น กิโลวาร์ละ 14.02 บาท

$$PF = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA)}} = \cos \theta$$

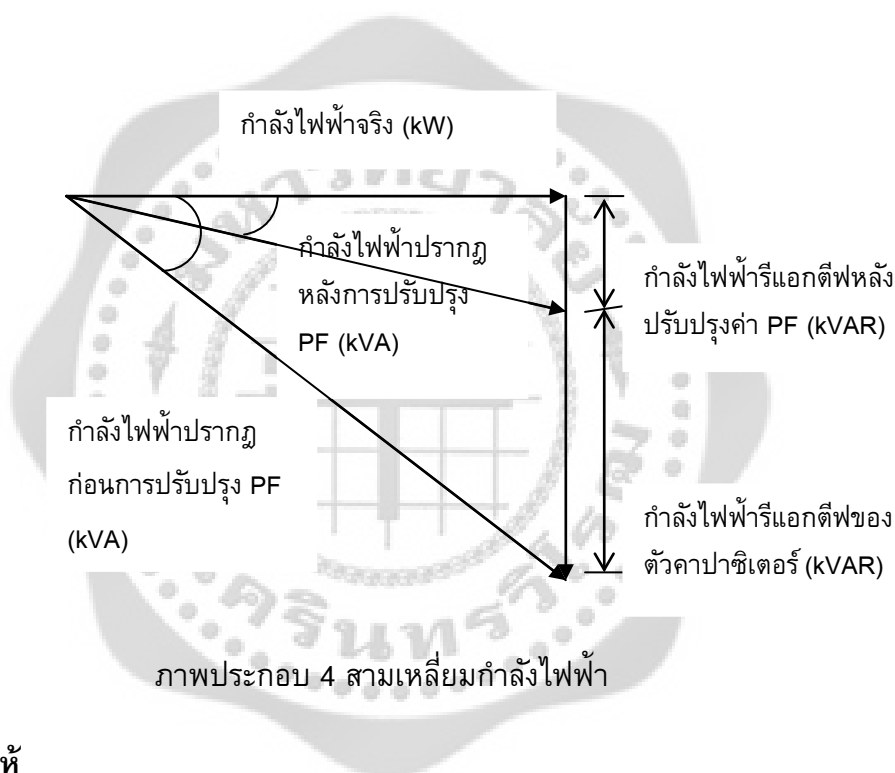
$$\text{จากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA)} = \sqrt{(\text{กำลังไฟฟ้าจริง})^2 + (\text{กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ})^2}$$

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอาจเป็นแบบนำหน้า (leading) หรือแบบตามหลัง (lagging) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับโหลดทางไฟฟ้า ถ้าโหลดทางไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง บัลลาสต์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะเป็นแบบตามหลัง แต่ถ้าโหลดทางไฟฟ้าสามารถจ่ายกำลังงานรีแอกทีฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้าได้เช่น ตัวคาปาซิเตอร์ ชิงโครนัส มอเตอร์ เป็นต้น ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะเป็นแบบนำหน้า โดยทั่วไปค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม หรืออาคารต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบตามหลังทั้งสิ้น

ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเราสามารถวัดค่าได้โดยตรงจากเครื่องมือวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor meter) หรือคำนวณจากความสัมพันธ์ข้างต้น เนื่องจากเครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้ารุ่นใหม่ สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าได้หลายอย่างในเครื่องเดียวกัน เช่น I, V, P, kVAR, kVA ฯลฯ

1.4 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ในทางปฏิบัติการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น นิยมใช้ตัวคาปาซิเตอร์ต่อขนานเข้ากับโหลดเพื่อจ่ายกำลังงานรีแอกทีฟ (reactive power) ให้กับโหลด พิจารณาสภาพเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าภาพประกอบ 4



กำหนดให้

$$\text{ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเดิม} = \cos \theta_1$$

$$\text{ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ปรับปรุง} = \cos \theta_2$$

$$\text{โดย } \theta_1 < \theta_2$$

$$\text{kVAR (เดิม)} = \text{kW} \times \tan \theta_1$$

$$\text{kVAR (ใหม่)} = \text{kW} \times \tan \theta_2$$

$$\text{kVAR ของคาปาซิเตอร์ที่ต้องใช้} = \text{kW} \times (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

ตำแหน่งการติดตั้ง คาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ในระบบไฟฟ้านั้นจะมีตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์หลักสำหรับการแก้ไขตัวประกอบ

กำลังไฟฟ้าอยู่ 3 ตำแหน่ง

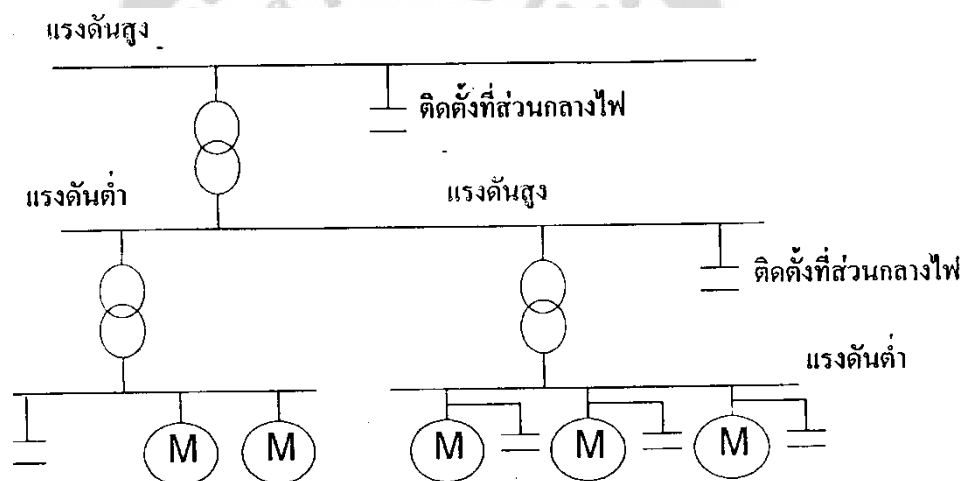
ติดตั้งที่ส่วนกลาง (Central)

- โดยทั่วไปแล้วติดตั้งที่จุดเดียว
- แก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่จุดจ่ายไฟฟ้าของระบบ
- ติดตั้งได้ทั้งด้านแรงดันต่ำหรือด้านแรงดันสูงขึ้นอยู่กับว่าราคาด้านไหนถูกกว่ากัน
- จะไม่เกิดประโยชน์ในการแก้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในแต่ละจุดติดตั้งที่แต่ละโหลด

(Individual)

- แก้ไขสำหรับโหลดแต่ละแห่ง เช่น มอเตอร์ขนาดใหญ่
- ถ้าเป็นการติดตั้งระบบใหม่การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่แต่ละโหลดนี้จะ

ช่วยลดขนาดของสวิตช์เกียร์ และกระแสโดยรวมของระบบลงได้ติดตั้งที่กลุ่มของ โหลด (Group)



- ใช้สำหรับโหลดที่มีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ ๆ และสามารถรวมกลุ่มกันได้
- ในกรณีติดตั้งใหม่ จะมีการลงทุนน้อย เพราะใช้เคเบิลและสวิตช์เกียร์เล็กลงได้

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุง P.F. ที่ทั้ง 3 ตำแหน่ง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

เมื่อทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น จะเกิดผลดีหลายประการสามารถสรุปได้ดังนี้

1.5.1 ระบบไฟฟ้าสามารถรับโหลดได้มากขึ้น

เมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น กระแสที่ไหลอยู่ในระบบระหว่างแหล่งจ่ายไฟ กับจุดที่มีการปรับปรุงจะมีค่าลดลง นั่นคือ เครื่องจักรต้นกำลังหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง ทำให้สามารถเพิ่มโหลดเข้าไปในระบบได้โดยไม่ทำให้ระบบรับโหลดเกินพิกัด

1.5.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบลดลง

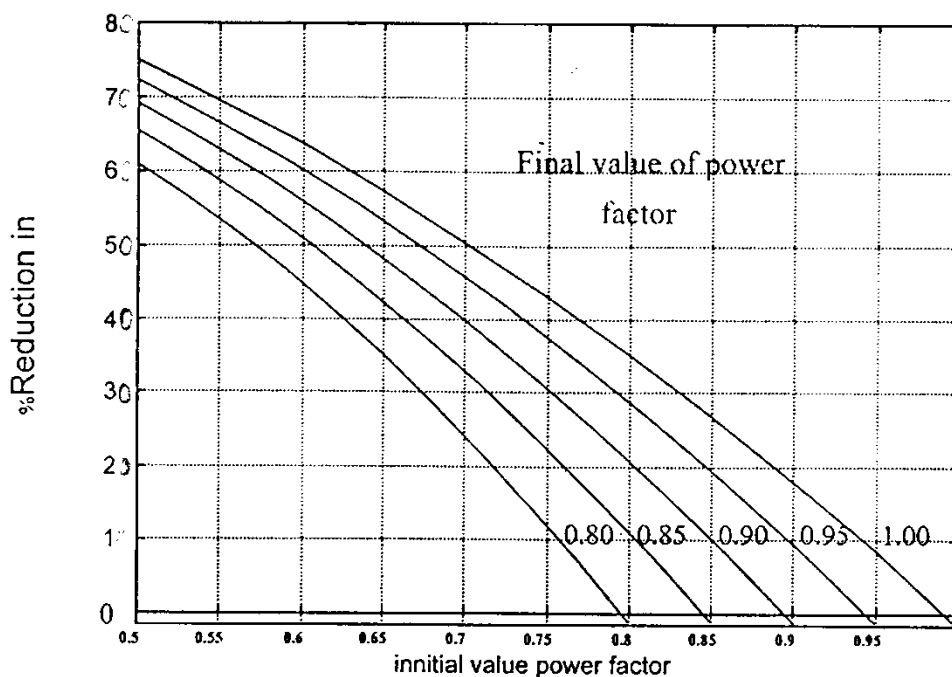
กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟต่าง ๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแสยกกำลังสอง แต่เนื่องจากกระแสจะลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในสายไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ จึงเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

loss $\propto i^2$

เมื่อ PF มีค่าสูงขึ้น กระแสไฟฟ้า(i) มีค่าลดลง

$$P_L \propto \left(\frac{PF_{เดิม}}{PF_{ใหม่}} \right)^2$$

$$\% \text{ loss reduction} = 100 \left[1 - \left(\frac{PF_{เดิม}}{PF_{ใหม่}} \right)^2 \right]$$



ภาพประกอบ 6 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงในสายเคเบิล เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น (พลังงาน ประสิทธิภาพและการเพิ่มผลผลิต. 2551)

จากภาพประกอบ 6 จะเห็นว่า การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจาก 0.6 เป็น 0.8 จะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายเคเบิลได้ถึง 44 % และถ้าเปลี่ยนจาก 0.6 เป็น 1.0 จะลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้ถึง 64 %

1.5.3 ลดแรงดันตกในสายส่ง

สายส่งไฟฟ้าโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีคุณสมบัติซึ่งแทนได้ด้วยความต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกับความเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยปกติจะมีค่าประมาณ 0.4 ถึง 0.9 $\mu\text{H/m}$ สำหรับไฟฟ้า 3 เฟส แรงดันตก (voltage drop) ในสายส่ง สามารถหาได้จาก

$$\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos \phi + X_L \sin \phi)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง (A)

R คือ ความต้านทานไฟฟ้าของสายส่ง (Ω)

X_L คือ ค่ารีแอกแตนซ์ของสายส่ง (Ω)

ϕ คือ ค่ามุมของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

เมื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้น จะทำให้ค่า I , ϕ และ ΔV มีค่าลดลง

1.5.4 ค่าไฟฟ้าลดลง

เมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น จะมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าลดลง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบไฟฟ้าก็จะมีค่าลดลง และค่าปรับในส่วนของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.85) ก็ไม่จำเป็นต้องเสีย ทำให้ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือนมีค่าลดลง

2. วิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

2.1 การผลิตไฟฟ้าของไทย

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตส่วนใหญ่ได้จากการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าของประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ก๊าซ	ถ่านหิน	น้ำมัน	นิวเคลียร์	พลังน้ำ	อื่น ๆ
ไทย	69.8	18.9	2.7	0	6.1	2.5
มาเลเซีย	70.9	3.2	22.3	0	3.6	0
ฮ่องกง	32.5	66.5	1.0	0	0	0
จีน	0.7	86.5	5.7	1.2	5.9	0
อเมริกา	15.8	54.8	4.2	20.9	2.8	1.5
อังกฤษ	26.1	37.4	1.6	34.2	0.6	0.1
สิงคโปร์	24.8	0	74.8	0	0	0.4
ฝรั่งเศส	0.6	7.6	1.7	85.5	4.5	0
ญี่ปุ่น	19.6	19.1	14.7	41.4	3.8	1.5

สำหรับกำลังการผลิตไฟฟ้าติดตั้งของไทยในปัจจุบันรวมทั้งสิ้น 22,335 MW โดยแบ่งออกได้ดังนี้

- กำลังการผลิตของ กฟผ. 15,116 MW
- รับซื้อจาก IPP 5,266 MW
- รับซื้อจาก SPP 1,613 MW
- รับซื้อจากลาว 340 MW

ตาราง 3 แสดงความต้องการไฟฟ้าของไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2556)

พ.ศ.	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
2546	18,587 MW	72.8 %
2547	19,913 MW	72.4 %
2548	21,222 MW	72.5 %
2549	22,552 MW	72.7 %
2550	23,951 MW	72.8 %
2551	25,450 MW	72.8 %
2552	27,232 MW	72.7 %
2553	28,912 MW	72.7 %
2554	30,587 MW	72.7 %
2555	32,405 MW	72.8 %

2.2 อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (demand) คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานเฉลี่ยในช่วง 15 นาที ที่มีค่าสูงสุดในรอบ 1 เดือน มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถหาได้จาก

2.2.1 จดค่าจากมิเตอร์กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kilowatt-hour meter) ทุกๆ 15 นาที แล้วนำมาคำนวณหาค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

หมายเหตุ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่มีค่าสูงสุดในรอบเดือน เราเรียกว่าค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

2.2.2 การจดค่ามิเตอร์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้า (maximum demand meter)

มิเตอร์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าซึ่งติดตั้งให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดมีทั้งชนิดที่ขับเคลื่อนด้วยสนามแม่เหล็กเพื่อไปผลักดันเข็มชี้ค่ากิโลวัตต์สูงสุด หรือชนิดที่แสดงค่าด้วยตัวเลขดิจิตอลซึ่งค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์นั้นจะต้องนำไปคูณกับ CT Ratio เสียก่อน จึงจะเป็นค่าที่ถูกต้อง การทำงานของ Maximum-Demand Meter แบบจานหมุนของการไฟฟ้าเป็นเครื่องวัด Maximum Demand ซึ่งโดยทั่วไปและที่มีใช้อยู่ในกิจการของการไฟฟ้า จะประกอบอยู่กับ Kilowatt Hour Meter รวมเป็นเครื่องเดียวกัน และทำงานสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ใช้อุปกรณ์ในการขับเคลื่อนร่วมกัน

2.2.3 การใช้อุปกรณ์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดติดตั้งในระบบจ่ายไฟฟ้า

อุปกรณ์วัดค่าไฟฟ้าสูงสุดที่มีอยู่หลายประเภท เช่น Power Meter Analyzer สามารถวัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดทุกๆ ช่วง 15 นาที แสดงออกมาบนจอภาพและพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ในรูปของกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดกับเวลารวมทั้งสามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นๆ ด้วย

อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้า เรียกเก็บจากผู้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน จะมีอัตราแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้และอัตราโครงสร้างค่าไฟ (อัตราปกติ TOU, TOD) ผู้ไฟฟ้าที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้า สูงสุดคือ ผู้ไฟฟ้าประเภทที่ 3, 4, 5 และประเภทที่ 6 ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบ 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วย โดยมีอัตราดังตาราง 4

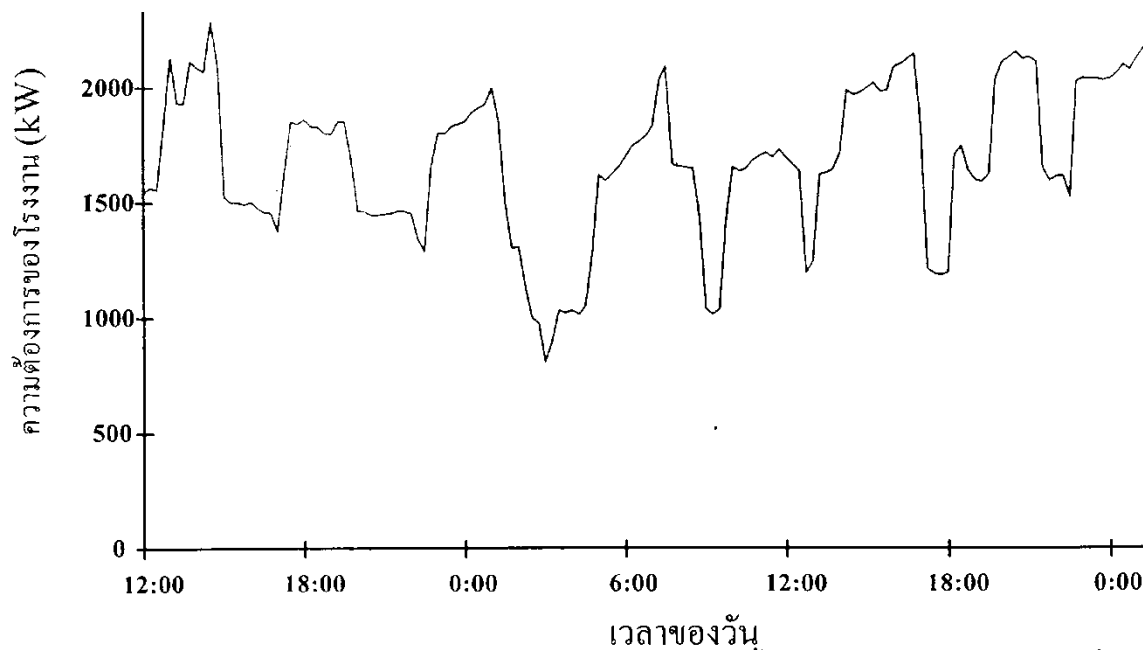
ตาราง 4 อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้า

หน่วย : บาท/กิโลวัตต์

แรงดันไฟฟ้า	อัตราปกติ		อัตรา TOU		อัตรา TOD		
	กิจการ ทั่วไป	กิจการ เฉพาะอย่าง	Peak	Off peak	Peak	Partial peak	Off peak
ต่ำกว่า 12 kV (กฟน.)	221.50	276.64	210	-	332.71	68.22	-
ต่ำกว่า 11 kV (กฟภ.)							
12-24 kV (กฟน.)	196.26	256.07	132.93	-	285.05	58.88	-
11-33 kV (กฟภ.)							
69 kV ขึ้นไป	175.70	220.56	74.14	-	224.30	29.91	-

2.3 ลักษณะของการใช้ไฟฟ้า

การใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจการต่าง ๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บางขณะมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงแต่บางขณะมีความต้องการพลังไฟฟ้าน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของกิจการนั้นๆ การบันทึกข้อมูลความต้องการไฟฟ้า และนำข้อมูลนี้มาเขียนกราฟการใช้ไฟฟ้า กราฟที่ได้นี้ เรียกว่า เส้นโค้งของโหลดหรือกราฟโหลด (load curve) โดยกราฟนี้อาจจัดทำแบบกราฟรายวัน กราฟรายเดือน หรือกราฟรายปี ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปวิเคราะห์ลักษณะการใช้พลังงานที่เวลาต่างๆ เพื่อวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้วิเคราะห์หาแนวทางการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด



ภาพประกอบ 7 กราฟโหลดรายวัน

2.4 วิธีการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (load factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอ ของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีค่าจำกัดความดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดต่อเดือน}}{\text{กิโลวัตต์สูงสุด} \times \text{จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \times 100\%$$

พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นว่า ตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่สองตัว คือ จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ดังนั้นเราสามารถที่จะเพิ่มค่าประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ 2 วิธีคือ

1. ลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) ลง

2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) ลง เพื่อสมดุลกับจำนวน Peak demand ที่ลดลง อันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) จะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง

โดยปกติทั่วไปสถานประกอบการที่ทำงาน 24 ชม./วัน ตัวประกอบโหลดควรจะประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หรือการทำงานที่ 16 และ 8 ชั่วโมง ตัวประกอบโหลดควรจะประมาณ 53 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น เราสามารถคำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดจากใบเสร็จค่า

ไฟฟ้าได้ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบดู ถ้ามีผลที่ต่ำกว่าค่าที่กล่าวไว้แสดงว่าอาคารธุรกิจนั้นมีศักยภาพที่จะสามารถลดค่า Peak Demand ลงได้

ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการคือ

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง จะเห็นว่ายิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นถ้าทุกโรงงานสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานลงได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงอีกด้วย

2. โรงงานอุตสาหกรรมจะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) ลดลง

3. ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

4. การที่ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลง สายเมนและสายป้อนกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้มีความจุเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

ขั้นตอนการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล

1. จัดทำรายการแสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อง่ายต่อการค้นคว้าและตรวจสอบ

2. จัดทำวงจรทางไฟฟ้า (Single Line Diagram) เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าและขนาดแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ใช้

3. สำนวนปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอย่างละเอียด เช่น ต้องรู้ว่าเป็นเครื่องชนิดไหน มีขนาดเท่าไร สภาพการใช้งานเป็นอย่างไร (เดินเครื่องตลอดเวลา เดินบ้างหยุดบ้าง เดินเป็นระยะๆ หรือว่าพักการใช้งาน) แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจะทำให้การควบคุมทำได้ผลดี

4. คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดและจัดทำกราฟโหลด (Load Curve) โดยปกติช่วงเวลา การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บางชนิดมีโหลดคงที่ บางชนิดมีโหลดไม่คงที่ มากบ้างน้อยบ้าง บางชนิดใช้งานตลอดเวลา บางชนิดหยุดทำงานเป็นระยะๆ เมื่อดูผลของการใช้โหลดรวมกัน ปรากฏว่า การใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการในแต่ละเวลามีค่าไม่เท่ากัน ในการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ควรพิจารณาค่าตัวประกอบโหลดทั้งรายเดือนและรายวัน

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผนดำเนินการ

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานไปเป็นเวลาอื่นได้บ้าง ในขณะที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด

2. ตามหลักการประหยัดพลังงานทั่วไป ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (โดยพิจารณาจาก Load Curve) ควรจะมีไฟสัญญาณบอกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องไหนที่จำเป็น หรือ อาจมีความจำเป็นไม่มากก็ควรตัดหรือหยุดการใช้งานชั่วคราวจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าวได้ผ่านไป จึงจะเปิดใช้ตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งในการที่จะหยุดการใช้งานควรแจ้งช่วงเวลาที่หยุดและแจ้งช่วงเวลาที่อาจกลับมาใช้งานได้ โดยไม่ควรตั้งเป้าหมายความต้องการใช้ไฟฟ้าไว้สูงเกินขอบเขตความจำเป็น

3. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนขนาดให้ใช้พลังงานน้อยลง โดยยอมให้เดินเครื่องนานขึ้นได้หรือไม่ การลดขนาดของเครื่องให้เล็กลงโดยยอมให้ทำงานนานขึ้นนี้ นอกจากจะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงได้ในช่วงเวลาโหลดสูงสุดแล้ว ยังช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบลงได้ และ จะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตนั้นต่ำลงด้วย

4. พิจารณาเลือกสิ่งที่จะไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการทำงานให้สำเร็จได้ในช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เช่น แสงงานคน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม ฯลฯ เป็นต้น

5. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ใช้มีขนาดใหญ่ไป หรือใช้เต็มกำลังหรือไม่ โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าทางไฟฟ้าที่แผนป้ายประจำเครื่องกับค่าที่วัดได้จริง ถ้าค่าที่วัดได้จริงต่ำกว่าที่ระบุไว้ที่แผนป้ายมากจะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องต่ำ ประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูง เมื่อใช้งานที่โหลด 80-100 % ถ้าพบว่ามีความต่ำควรพิจารณาลดขนาดลง

6. พิจารณาว่าในปัจจุบันมีอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน และสามารถนำมาใช้กับระบบการผลิตได้หรือไม่ เช่น Inverter สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ Peak Demand Controller ลดลดประหยัดพลังงาน สายพานแบบ Flat ฯลฯ เป็นต้น

7. พิจารณาเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงระบบการผลิต พยายามศึกษากระบวนการผลิตบางอย่างเท่าที่สามารถจะทำได้ เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วง 15 นาที สูงเกินกว่าที่ควรจะเป็น

8. หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์ให้ความร้อนต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน เช่น เตาหลอดไฟฟ้า หรือเตาอบไฟฟ้า เป็นต้น

9. ในการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ทำน้ำร้อนและน้ำเย็นไม่ควรเลือกเวลา ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และในเวลาดังกล่าวควรจัดการให้มีถึงเก็บน้ำร้อนและน้ำเย็นให้เพียงพอับความต้องการสูงสุดด้วย

10. สนับสนุนให้มีการประหยัดในช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เช่น ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดเครื่องทำน้ำเย็น ฯลฯ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำเอกสารสรุปผลเสนอฝ่ายบริหาร

ในการควบคุมค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีประสิทธิภาพ บางเรื่องก็ไม่มีค่าใช้จ่าย บางเรื่องก็มี ค่าใช้จ่ายหรือต้องลงทุนเพิ่มเติม บางกรณีอาจมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน เพื่อความสะดวกของฝ่ายบริหารที่จะตัดสินใจว่าควรดำเนินการหรือไม่ ผู้ที่ได้รับมอบหมายจากฝ่ายบริหารให้มาพิจารณาปรับปรุงจะต้องเสนอการปรับปรุงเป็นลายลักษณ์อักษรระบุสภาพเดิม และสภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อได้ ปรับปรุงแล้ว วิธีการดำเนินการ ประมาณการเงินลงทุนค่าใช้จ่าย และผลตอบแทน เพื่อให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลคุ้มค่าเพียงใด รวมทั้งผลดีผลเสียที่ไม่สามารถตีค่าเป็นเงินได้ ระยะเวลาที่จะใช้ดำเนินการ ผลกระทบต่อกิจการของโรงงานขณะดำเนินการปรับปรุง การทำเอกสารนั้นนอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อฝ่ายบริหารในการพิจารณาตัดสินใจว่าจะให้ดำเนินการได้หรือไม่ ถ้าตกลงดำเนินการเอกสารดังกล่าวจะใช้เป็น เอกสารประกอบการควบคุมการดำเนินการปรับปรุงให้เป็นไปตามที่กำหนด และใช้ประโยชน์ในการวัดผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการควบคุมและติดตามผล

เมื่อได้มีการวางแผนอย่างรอบคอบแล้วก็มาถึงขั้นตอนการปฏิบัติ การควบคุมการปฏิบัติงานมี 2 วิธี คือ

1. ใช้พนักงานควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การควบคุมโดยใช้พนักงานนี้จะต้องให้แน่ใจว่ามีการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่ทำอย่างเข้มงวดในระยะแรก พอนานๆ ไปก็ละเลยและลืมไปในที่สุด เพราะความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจะคิดทุกช่วงเวลา 15 นาทีที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังไฟฟ้า ดังนั้นฝ่ายบริหารจะต้องมอบหมายให้บุคคลและคณะบุคคลควบคุมติดตามดูแลอย่างใกล้ชิด และมีการเสนอผลที่ได้รับเป็นระยะ ๆ

2. การใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติทำการตัดต่อโหลด การใช้เครื่องควบคุมนี้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน แต่การลงทุนค่อนข้างสูง

2.5 ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่าย

โดยปกติค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนอยู่ประมาณ 30 % ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ถ้าเราสามารถหาหนทางลดการใช้พลังงานลงโดยที่กิจกรรมการผลิตของโรงงานยังเหมือนเดิม ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มาก ความจริงแล้วศักยภาพในการประหยัดพลังงานในโรงงานมีหลายอย่างด้วยกัน ถ้าอยากทราบว่ามีศักยภาพอะไรบ้าง จำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานเสียก่อน ในที่นี้จะนำเสนอศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเฉพาะการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เราได้ทราบมาแล้วว่าอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าค่อนข้างสูง เช่น ผู้ใช้อัตรา TOD ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak มีค่าถึง 285.05 บาท/กิโลวัตต์ นั่นคือ ถ้าเราลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ทุก ๆ กิโลวัตต์ จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 285.05 บาท

การพิจารณาศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จะพิจารณาจากค่าตัวประกอบโหลด (load factor) ว่ามีค่าต่ำหรือสูง ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่ามีศักยภาพในการประหยัด แต่ถ้ามีค่าสูงแล้วแสดงว่าได้มีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดดีอยู่แล้ว

2.2.2 ข้อมูลทางเทคนิคของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง

เครื่องมือวัดค่าความส่องสว่าง ซึ่งอ่านค่าเป็น ลักซ์ (ตามกฎหมายกระทรวงฯ เกี่ยวกับความร้อนแสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549) หรือ ฟุตแคนเดิล เครื่องมือวัดมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1) เซลล์รับแสง (Photo Cell) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอน (Silicon) หรือ เซเลเนียม (Selenium) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าค่าความส่องสว่างมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากตามไปเป็นสัดส่วน เซลล์รับแสง อาจถูกออกแบบให้โค้งมนเล็กน้อยเพื่อให้แสงจากทิศทางต่างๆ ตกกระทบในมุม 90° หรือใกล้เคียงที่สุดได้รอบด้าน

2) ส่วนมิเตอร์ (Meter) ส่วนนี้จะรับพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์รับแสง และแสดงค่าบนหน้าจอเป็นค่าความส่องสว่าง



ภาพประกอบ 8 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)

คุณลักษณะของเครื่องมือ

สามารถวัดค่าความส่องสว่างได้ตั้งแต่ 0 ถึง มากกว่า 10,000 ลักซ์ คุณลักษณะของเครื่องวัดค่าความส่องสว่างต้องเป็นไปตามมาตรฐาน CIE 1931 ของคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยความส่องสว่าง (International Commission on Illumination) หรือ ISO/CIE 10527 หรือ

เทียบเท่า เช่น JIS Z 8701 หรือดีกว่า (โดยเซลล์รับแสงต้องมีคุณลักษณะ Cosine-Corrected เพื่อปรับค่าของแสงที่ไม่ได้ตกตั้งฉากกับ Photo Cell และต้องมี Color Corrected ตามมาตรฐาน CIE)

- วิธีการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงาน

ในการวัดค่าความส่องสว่าง (Illuminance : E) ของพื้นที่ทำงานเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งเมื่อเราต้องการประหยัด เพราะเนื่องจากบางครั้งเราอาจจะเลยว่าการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประหยัดพลังงาน เช่น หลอดไฟ บัลลัสต์ โคมไฟ ซึ่งอาจสามารถลดการใช้พลังงานได้จริงแต่ระดับความส่องสว่างพื้นที่ทำงานอาจลดลงไปด้วย นั่นหมายถึงอาจมีผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงานหรือใช้งานพื้นที่นั้นๆ การวัดค่าความส่องสว่างพื้นที่ทำงาน ควรกระทำทั้งก่อน และหลังการปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งควรวัดและตรวจสอบค่าความส่องสว่างให้เป็นตามมาตรฐาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552.) ในแต่ละพื้นที่ โดยกำหนดเป็นขั้นตอน ดังนี้

ก) เลือกเครื่องมือวัด ควรเลือกเครื่องมือวัดที่มีย่านวัดที่เหมาะสม เช่น หากเราต้องการตรวจสอบความส่องสว่างในอาคารก็ควรใช้ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) ที่มีย่านสูงสุดมากกว่า 2,000 ลักซ์ขึ้นไป แต่ถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติในอาคาร ควรเลือกเครื่องมือวัดที่มีย่านสูงสุด 20,000 ลักซ์ขึ้นไป และถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติเวลากลางวันนอกอาคาร ควรเลือกเครื่องมือวัดที่มีย่านสูงสุด 100,000 ลักซ์ขึ้นไป และควรเลือกเครื่องมือที่มีมาตรฐานรับรองด้วย

ข) กำหนดพื้นที่ห้องที่ต้องการวัด เช่น ตีตารางกำหนดพื้นที่ในห้องหรือบริเวณที่ต้องการวัดความส่องสว่างทุกๆ 1 ตารางเมตร หรือถ้าพื้นที่ใหญ่มาก อาจกำหนดเป็นทุกๆ 2 หรือ 5 ตารางเมตรก็ได้ ซึ่งถ้ายังกำหนดจุดวัดมากเท่าใด ความละเอียดก็จะสูงขึ้นตามด้วย ควรกำหนดจุดวัดอยู่ตำแหน่งกลางของพื้นที่ด้วย

ค) ตำแหน่งการตั้งเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดความส่องสว่างเพื่อตรวจสอบค่าความส่องสว่างพื้นที่นั้น จะวัดความส่องสว่างแนวระนาบหรือแนวนอนขนานไปกับพื้น และห่างเซนเซอร์รับแสงขึ้นด้านบน(เนื่องจากต้องการตรวจสอบแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ทำงาน) และตั้งเครื่องมือวัดอยู่ระดับพื้นที่ทำงานในห้องนั้นเช่น ถ้าทำงานบนโต๊ะ (ความสูงโต๊ะมาตรฐาน 0.85 ม.) ก็ตั้งเครื่องมือวัดระดับโต๊ะทำงาน และควรระวังเรื่องเงาของผู้ทำการวัด เนื่องจากบางครั้งอาจบังเงาแหล่งกำเนิดแสงที่เข้าสู่เซนเซอร์รับแสง ดังนั้นเครื่องมือวัดบางรุ่นจะมีสายต่อแยกเซนเซอร์รับแสงแยกออกจากตัวเครื่องมือวัดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ง) จัดทำตารางบันทึกค่าจากการตรวจวัด ควรจัดทำตารางบันทึกค่าความส่องสว่าง (E) ทุกตำแหน่งต่าง ๆ ดังที่ได้กำหนดจุดวัดในพื้นที่ไว้

จ) **คำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Average Illuminance, E_{avg})** เราสามารถหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ยจากการนำค่าความส่องสว่างของจุด P แต่ละจุด (E_p)หารด้วยจำนวนจุดที่สนใจ (n) และสำหรับความสม่ำเสมอของแสง (U) หาจากความส่องสว่างต่ำสุดจากจุดที่สนใจ (E_{min}) ต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg})

$$E_{av} = \frac{\sum E_p}{n}$$

ฉ) **ตรวจสอบค่าความส่องสว่างเฉลี่ย** เมื่อคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเสร็จสิ้นแล้ว ทำการตรวจสอบค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน ค่าที่วัดได้ไม่ควรต่ำกว่าค่ามาตรฐานหลังจากมีการปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแล้ว

ช) **ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Illuminance Uniformity : U)** ในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดี จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเรื่องของความสม่ำเสมอของความส่องสว่างในบริเวณที่สนใจ โดยพิจารณาได้จากความส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) ต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av})

$$U = \frac{E_{min}}{E_{avg}}$$

- **การคำนวณความส่องสว่างแบบลูเมน (Lumen Method) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2556)**

เหมาะสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงทั่วทั้งพื้นที่เช่น สำนักงาน สถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการคำนวณแบบลูเมนนี้จะรวมผลของการสะท้อนแสงของเพดาน กำแพง และพื้นด้วย ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$E = \frac{N \times \phi L \times UF \times MF}{A}$$

โดยที่ E คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Lux)

N คือ จำนวนโคม

ϕL คือ ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดต่อโคม (Lm)

MF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)

UF คือ ตัวประกอบการใช้งานของโคม (Utilization Factor)

A คือ พื้นที่ (m^2)

ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา เป็นค่าที่ขึ้นเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับกับการบำรุงรักษาหลอดไฟฟ้า หลอดไฟที่ไม่ได้ทำความสะอาดจะมีฝุ่นละอองมาเกาะ มีผลทำให้แสงที่ออกมาจากโคมมีปริมาณลดน้อยลง นอกจากนี้แล้วปริมาณแสงที่ลดลงขึ้นอยู่กับความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation: LLD) และเนื่องมาจากความสกปรกของโคมไฟ (Luminaire Dirt Depreciation: LDD) อีกด้วย ความสกปรกของหลอดไฟและโคมไฟ ก่อให้เกิดการสูญเสียแสงอย่างมาก ส่วนใหญ่เกิดจากความสกปรกเนื่องจากการสะสมของฝุ่นละอองบนหลอดไฟหรือบริเวณผิวหน้าของโคมไฟ โคมไฟที่มีลักษณะเปิดกว้าง และติดตั้งอยู่บนที่สูง จะมีโอกาสเกิดการสะสมของฝุ่นละอองมากกว่าโคมไฟที่ติดตั้งในที่ที่มีการระบายอากาศที่ดี ความสกปรกของห้องมีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียทางแสงได้เช่นกัน เนื่องจากฝุ่นละอองที่สะสมอยู่บนเพดานและผนังห้องจะทำให้ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงลดลง สำหรับความเสื่อมของหลอดไฟ มีสาเหตุมาจากการที่ความส่องสว่างที่ได้จากหลอดไฟทั้งหมดจะลดลงตามอายุการใช้งาน ซึ่งอัตราการลดลงจะขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของห้องแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 ตัวประกอบการบำรุงรักษา

ประเภทของห้อง	ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา
สะอาด	0.8
ปานกลาง	0.7
สกปรก	0.6

- การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (ศิริพรรณและพิชัย. 2548.) การใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของอาคารโดยทั่วไปมักมีสัดส่วนเพียงส่วนน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มักจะให้ความสำคัญกับเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ แต่จะมองข้ามความสำคัญของการติดตั้งใช้งานระบบแสงสว่างอย่างเพียงพอ เพราะเห็นว่าเป็นการสิ้นเปลืองและเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ทั้งที่จริงแล้วการให้แสงสว่างอย่างเหมาะสมในอาคาร มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานนอกจากนี้ยังมีผลต่อขวัญกำลังใจของผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งสามารถลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุและการเจ็บป่วยจากการทำงานอีกด้วย

ปริมาณและหน่วยวัดแสง

ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux) : Φ หน่วยเป็นลูเมนส์ (lm) เป็นค่าอัตราการเดินทางของพลังงานแสง ใช้วัดความสามารถในการทำใหัรับรู้ได้ด้วยการมองเห็น หรือเรียกว่าปริมาณแสงเช่น การบอกค่าปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Day light ขนาด 36 วัตต์ มีค่าลูเมน ประมาณ 2,700 ลูเมน เป็นต้น

ความสว่าง (Illuminance) : E หน่วยเป็นลักซ์ (lux) หรือลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) นั่นคือ การวัดปริมาณแสงตกกระทบบต่อพื้นที่ใช้งาน หรือเรียกว่า ระดับความสว่าง (Lighting Level) เป็นตัวที่บอกว่าแสงที่ได้รับเพียงพอหรือไม่ เช่น ระดับความสว่างไฟสำนักงานต้องไม่ต่ำกว่า 500 lux

ความเข้มแสง (Luminous intensity) : I หน่วยเป็นแคนเดลลา (cd) คือ ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางหนึ่ง โดยทั่วไปจะวัดเป็นจำนวนเท่าของความเข้มที่ได้จากเทียนไข 1 เล่ม จึงมีหน่วยเป็น Candela (cd) เช่น หลอดไส้ชนิดพิเศษมีค่าความเข้มแสง 10,000 cd

ความเข้มแสงต่อพื้นที่ (Luminance) : L หน่วยเป็นแคนเดลลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) คือ การวัดความเข้มแสงต่อพื้นที่การใช้งานตั้งฉาก เป็นตัวที่บอกปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวใดๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง บางครั้งเรียกว่า ความจ้า (Brightness)

ประสิทธิภาพแสง (Luminous efficacy) : η หน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (lm/W หรือ LPW) คือ การวัดประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสง โดยคิดอัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างต่อพลังงานที่ใช้ในการผลิตแสง หลอดที่มีค่าประสิทธิภาพทางแสงสูง หมายถึง หลอดที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามาก เพราะใช้ไฟฟ้าเท่ากันแต่ให้ปริมาณแสงมากกว่าภาระแสงสว่าง (Light Load) หรือประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) คือ การวัดอัตราพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำให้เกิดแสงสว่าง เพื่อป้องกันการประหยัดพลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง โดยหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้ในอาคาร มีดังนี้

1. หลอดเผาไส้หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp)
2. หลอดทังสเตน ฮาโลเจน (Tungsten halogen Lamp)
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

1. หลอดเผาไส้ หรือหลอดอินแคนเดสเซนต์

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่เปล่งแสง ด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไส้หลอดทังสเตนที่ม้วนเป็นรูปคอยล์จนมีอุณหภูมิสูง หลักการเปล่งแสง คือ Thermal Radiation อุณหภูมิยิ่งสูงไส้หลอดยิ่งเปล่งแสงในช่วงที่ตามองเห็นได้มากขึ้น ลักษณะของไส้หลอดนั้นมีตั้งแต่เป็นเส้นตรง เป็นขดลวด หรือขดเป็นแผ่น อย่างไรก็ตามแบบขดลวดนั้น จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด ภายในกระเปาะแห้งจะเป็นสุญญากาศ แต่ถ้าเป็นหลอดขนาด 40 วัตต์ หรือสูงกว่าจะเป็นหลอดบรรจุก๊าซ ได้แก่ ก๊าซอาร์กอนและไนโตรเจน เพื่อลดการระเหยของไส้หลอด

กระเปาะแห้ง ที่ใช้ในปัจุบันนี้ได้รับการพัฒนาจากกระเปาะแก้วใส ทำให้ผิวเป็นผ้าโดยการเคลือบสารซิลิกาสีขาว เพื่อทำหน้าที่กระจายแสงทำให้กระเปาะแก้วดูสว่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผิว

ตาราง 6 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดอินแคนเดสเซนต์ธรรมดา

ข้อดี	ข้อเสีย
• ราคาหลอดต่ำที่สุด แต่มีค่าเสื่อมสูง • ค่าดัชนีเทียบสีสูงที่สุด ($R_a = 100$) • ให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดใช้งาน • ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ อุณหภูมิไม่มีผลต่อความสว่าง • หรีแสงได้ง่ายโดยปรับลดแรงดันไฟฟ้าขาเข้า • มีขนาดและรูปทรงให้เลือกได้มาก • มีขนาดเล็ก เบา ติดตั้ง และควบคุมทิศทางแสงได้ง่าย • กลมกลืนกับโคมไฟได้ดี และมีประกายสวยงาม	• ประสิทธิภาพแสงต่ำที่สุดเพียง 8-14 lm/W. • พลังงานที่สูญเสียก่อให้เกิดความร้อนสูงกว่า 90% • แสงมีความร้อนที่ทำให้สีของวัตถุซีดจางเสื่อมสภาพ • อายุใช้งานสั้นที่สุดคือ 1,000 ชั่วโมง • ความเสื่อมของหลอดไฟฟ้าเร็วมากเมื่อเทียบกับหลอดประเภทอื่นๆ • เลือกอุณหภูมิสีไม่ได้ และมีค่าต่ำประมาณ 2,700 K • มีเฉพาะหลอดขนาดกำลังวัตต์ต่ำ

หมายเหตุ ค่าดัชนีเทียบสี (Color Rendering Index, R_a or CRI)

ค่าอุณหภูมิสี (Color Temperature, หน่วย Kelvin, K)

2. หลอดทั้งสแตน ฮาโลเจน

เนื่องจากหลอดเผาไส้ธรรมดาอุณหภูมิจะสูงขณะใช้งานทำให้กระเปาะแก้วมีสีดำเรียกว่า Blackening Effect และไส้หลอดบางลงจนขาดในที่สุด จึงได้มีการพัฒนาหลอดเผาไส้ธรรมดานี้โดยบรรจุธาตุตระกูลฮาโลเจนเข้าไปกับก๊าซที่บรรจุในหลอด แล้วทำงานโดยอาศัยหลักการวนรอบของฮาโลเจน โดยฮาโลเจนจะนำทั้งสแตนที่ระเหยออกมากลับไปให้ไส้หลอดจะทำให้มีอายุการใช้งานยืนยาวขึ้นหรือมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ตาราง 7 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดทั้งสแตน ฮาโลเจน

ข้อดี	ข้อเสีย
• หลอดกำลังต่ำ ราคาค่อนข้างสูง ส่วนหลอดกำลังสูงราคาต่ำที่สุด แต่มีค่าเสื่อมสูงทุกขนาด • ค่าดัชนีเทียบสีสูงที่สุด ($R_a=100$) • ให้แสงสว่างทันทีเมื่อเปิดใช้งาน • ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ อูณหภูมิไม่มีผลต่อความสว่าง • ความเสื่อมของหลอดไฟฟ้าต่ำที่สุด คือไม่ถึง 10% • หรีแสงได้ง่าย โดยปรับลดแรงดันไฟฟ้าเข้า • มีขนาดเล็ก เบา ติดตั้ง และควบคุมทิศทางแสงได้ง่าย	• ประสิทธิภาพแสงยังต่ำมาก เพียง 16-25lm/W. • พลังงานที่สูญเสียก่อให้เกิดความร้อนสูงกว่า 80% • แสงมีความร้อนที่ทำให้สีของวัตถุซีดจางเสื่อมสภาพ (ยกเว้นหลอดแบบติดกับถ้วยที่ให้แสงเย็น) • ตัวหลอดมีความร้อนสูง การใช้งานจึงต้องระมัดระวัง • อายุใช้งานยังสั้นมาก คือ 2-3,000 ชั่วโมง • เลือกอุณหภูมิสีไม่ได้ และมีค่าต่ำประมาณ 3,000 K • ต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับหลอดกำลังต่ำ

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์หรือบางที่เรียกกันว่า หลอดนีออนเป็นหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันมากที่สุดตามอาคารบ้านเรือน มีคุณสมบัติเด่นจะมีสีของแสงที่เหมาะสมกับระดับความสว่างในการทำงาน คือหลอดยูวีไลท์ ซึ่งมีระดับแสงสว่างที่ต้องการในพื้นที่สำนักงานตกประมาณ 500 ลักซ์ นอกจากนี้สีของแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังมีให้เลือกหลายโทนสีตั้งแต่ Warm White จนถึง Day Light นั้นจะมีโครงสร้างภายในหลอดที่เหมือนกันจะต่างกันเพียงสารเรืองแสงที่อยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงแตกต่างกันเท่านั้น

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด Discharge Lamp ที่กำเนิดแสงซึ่งมองเห็นได้ด้วยรังสี อัลตราไวโอเลตที่เกิดจากการคายประจุของไอปรอทความดันต่ำไปกระตุ้นสารเรืองแสงโดยภายในผิวหลอดแก้วจะมีสารเรืองแสงเคลือบอยู่ และที่ไส้หลอดรูปคอยล์ตรงขั้วหลอดจะมีสาร Emitter เคลือบอยู่ ในหลอดจะมีปรอทจำนวนเล็กน้อยกับก๊าซอาร์กอนบรรจุอยู่ เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเกิดการคายประจุขึ้น ขั้วหลอดจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนร้อนออกมา อิเล็กตรอนจะไปชนกับอะตอมของปรอทเกิดรังสีอัลตราไวโอเลตขึ้น รังสีอัลตราไวโอเลตจะไปกระตุ้นสารเรืองแสงและถูกแปลงเป็นแสงที่มองเห็นได้ (ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Photoluminescence)

โดยปกติวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประกอบด้วยมีบัลลาสต์ (ขดลวดพันบนแกนเหล็ก) และสตาร์ทเตอร์ โดยบัลลาสต์จะต่ออนุกรมกับหลอดทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าสู่ขั้วหลอด ส่วนสตาร์ทเตอร์จะต่ออนุกรมกับขั้วหลอดทั้งสองข้าง ทำหน้าที่จุดหลอดและถูกตัดออกมาจากวงจรเมื่อหลอดติดแล้ว

ตาราง 8 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี	ข้อเสีย
• อายุใช้งานค่อนข้างยาวนาน คือ 10,000-13,000 ชั่วโมง • ค่าดัชนีเทียบสีค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (Ra=63-85) • มีอุณหภูมิสีให้เลือกได้ครบทุกโทนสี • หนึ่งแสงได้โดยใช้หลอดชนิดติดเร็ว หรือใช้เครื่องหรี่ไฟ • อุณหภูมิสีแสงแวดล้อมรอบข้างต่ำที่สุด • เป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบกระจายแสงจึงไม่จ้าแยงตา	• ประสิทธิภาพแสงยังไม่สูง โดยขนาด 18 วัตต์ มี $\eta < 50 \text{ lm/W}$. • ใช้เวลา 2-3 วินาทีจึงให้แสงสว่าง และมีการกระพริบ (ยกเว้นชนิดติดเร็วหรือเมื่อใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์) • ต้องใช้บัลลาสต์ (และสตาร์ทเตอร์เมื่อใช้ชนิดอุ่นไส้) • อุณหภูมิมีผลต่อความสว่างมาก (ยกเว้นชนิดติดเร็ว) • มีแต่หลอดขนาดกำลังต่ำ ต้องติดตั้งจำนวนมาก

หลอดไฟฟ้าประหยัดพลังงานและประสิทธิภาพสูง (ศิริพรรณและพิชัย. 2548)

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง (High Efficacy Tubular Fluorescent Lamp)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่ที่มีกำลังส่องสว่างสูงเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา แต่กินไฟน้อยกว่า มีประสิทธิภาพแสงสูงกว่าและมีขนาดเรียวกะทัดรัด สามารถนำไปสวมกับขาหลอดเดิมได้ทันที โดยไม่ต้องเปลี่ยนบัลลาสต์หรือสตาร์ทเตอร์ ปัจจุบันได้มีการผลิตสารเคลือบเรืองแสง ซึ่งฉาบไว้ด้านในของหลอดแก้วได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงสามารถทำให้หลอดมีขนาดเล็กลงซึ่งความกว้างของหลอดวัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 2.6 เซนติเมตร มีกำลังไฟลดลงเหลือเป็นขนาด 18 วัตต์ วัดความยาวได้ 60 เซนติเมตร ฟลักซ์การส่องสว่าง 1,030 ลูเมน อายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมงและขนาด 36 วัตต์ วัดความยาวได้ 120 เซนติเมตร ฟลักซ์การส่องสว่าง 2,600 ลูเมน อายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงหรือหลอดผอม สามารถใช้แทนหลอดรุ่นเก่าที่เรียกว่าหลอดอ้วนได้ทันที และสามารถประหยัดไฟได้ 10 % ในปัจจุบันรัฐบาลไทยได้พยายามส่งเสริมและ

ประชาสัมพันธุ์ให้ประชาชนหันมาใช้หลอดผอมมากขึ้น อีกทั้งผู้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ในประเทศไทยได้เลิกผลิตหลอดอ้วนและหันมาผลิตหลอดผอมแทนแล้ว

2. หลอดไฟฟ้าประหยัดพลังงาน

2.1 หลอด TL5 หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ซูเปอร์ TLD

ในปี พ.ศ.2538 ได้มีการแนะนำหลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่นล่าสุด เรียกกันว่า หลอด TL5 หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ซูเปอร์ TLD ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 16 มิลลิเมตร และมีประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงถึง 104 lm/W. ของหลอด TLD และ 68 lm/W. ของหลอดอ้วน โดยหลอด TL5 นี้ ออกแบบมาให้ใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น ปัจจุบันเริ่มนิยมใช้ในยุโรปแล้ว

2.2 หลอดประหยัดไฟ CFL หรือหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

หลอดประหยัดไฟ ก็ใช้หลักการเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพียงแต่เป็นหลอดที่ย่อขนาดลง บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์มีขนาดเล็กลง และบรรจุอยู่ในหลอด สามารถเปลี่ยนแทนหลอดไส้ได้ทันที หลอด CFL นี้จะมีหลายแบบ คือ แบบ PLE/T และแบบ SL หลอด CFL จะประหยัดพลังงานมากเมื่อเทียบกับหลอดไส้แต่จะไม่ประหยัดไปกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปมากนัก เพราะหลอด CFL ออกแบบมาให้ใช้ทดแทนหลอดไส้ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่านอกจากนี้ ยังมีหลอด CFL ประเภทที่ต้องใช้บัลลาสต์ติดตั้งอยู่ภายนอกด้วย เช่น หลอด PL-S หรือหลอดตะเกียบ และหลอด PL เป็นต้น

ตาราง 9 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

ข้อดี	ข้อเสีย
• ประสิทธิภาพแสงสูงที่สุดสำหรับหลอดกำลังต่ำ (> 50 lm/W.) • อายุการใช้งานค่อนข้างยาวนาน คือ 8,000 - 12,000 ชั่วโมง • ค่าดัชนีเทียบสีสูงมาก (Ra=78-82) • มีขนาดเล็กลงจึงควบคุมทิศทางแสงได้ง่ายขึ้น • ข้ออื่นๆ เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์	• ราคาหลอดและค่าเสื่อมสูง โดยเฉพาะชนิดบัลลาสต์ภายในจะสูงที่สุด สำหรับหลอดกำลังต่ำ • ชนิดบัลลาสต์ภายในมีขนาดใหญ่ หนัก เมื่อหลอดเสียต้องทิ้งบัลลาสต์ไปด้วยกัน • ข้ออื่นๆ เหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์

บัลลาสต์ (Ballast)

บัลลาสต์ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์และจุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ในตอนเริ่มต้น บัลลาสต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. บัลลาสต์แกนเหล็ก (Magnetic Ballast)
 - บัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา
 - บัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง (Low Loss Ballast)
2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. บัลลาสต์แกนเหล็ก

บัลลาสต์แกนเหล็กที่ใช้งานกันทั่วไปจะเป็นชนิดความเหนียวนำ แกนเหล็กประกอบขึ้นมาจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกันและพันรอบด้วยขดลวดทองแดง มีการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วง 9-13 วัตต์ แล้วแต่คุณภาพของวัสดุแกนเหล็ก ขดลวดที่นำมาใช้ และขนาดกำลังของหลอดไฟฟ้าซึ่งจะทำให้บัลลาสต์มีอุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ในช่วง 55-70 °C ภายหลังมีการปรับปรุงวัสดุแกนเหล็กและขดลวดให้มีคุณภาพดีขึ้นที่เรียกว่า บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไม่เกิน 6 วัตต์ แล้วแต่คุณภาพและขนาดกำลังของหลอดไฟฟ้า ส่วนอุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ในช่วงระหว่าง 35-50 °C

ตาราง 10 ข้อดี-ข้อเสียของบัลลาสต์แกนเหล็ก

ข้อดี	ข้อเสีย
• ราคาต่ำ และอายุใช้งานยาวนานมาก(20 ปี) • ทนต่อสภาพแวดล้อม เช่น แรงดันไม่คงที่ อุณหภูมิสูง • ช่างติดตั้งได้อย่างคุ้นเคย และหาซื้อได้ทั่วไป	• มีการสูญเสียพลังงานสูงประมาณ 6-13 วัตต์ • เกิดความร้อนสู่สภาพแวดล้อมสูง และมีเสียงคราง • มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ (PF=0.27-0.52) • ใช้เวลา 2-3 วินาที จึงให้แสงสว่าง และมีการกระพริบ • มีการกระพริบเมื่อหลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ หรือสตาร์ทเตอร์เสื่อม ซึ่งนอกจากเปลืองไฟแล้วยังอาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้เพราะกระแสสูงผิดปกติ ทำให้ชุดขดลวดร้อนผิดปกติ

2. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้คู่กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อทดแทนบัลลาสต์แบบแกนเหล็กโดยอาศัยหลักการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูง ในการลดกำลังสูญเสียของบัลลาสต์ แต่ยังสามารถที่จะควบคุมกระแสที่ผ่านหลอดและจุดหลอดได้ในตอนเริ่มต้น โดยไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ จึงต้องใช้อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจะถูกต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปขดลวดเหนียวนาหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในขณะที่อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังชนิดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มักจะประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของบัลลาสต์

ตาราง 11 ข้อดี-ข้อเสียของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อดี	ข้อเสีย
- ลดการสูญเสียพลังงานที่ตัวบัลลาสต์ ประมาณ 8 – 9 วัตต์ (สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์) - ลดความร้อนสู่สภาพแวดล้อม และลดเสียงรบกวน - มีค่าตัวประกอบกำลังสูง (โดยทั่วไป $PF > 0.96$) - ให้แสงสว่างทันที ไม่มีการกระพริบ และหรี่แสงได้ - มีวงจรควบคุมตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้า เมื่อผิดปกติ - การเสื่อมของหลอดลดลง อายุใช้งานนานขึ้น - ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้ - น้ำหนักเบา ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอก	- ราคาสูง และอายุการใช้งานสั้น - มีข้อจำกัดในการใช้งานในสถานที่ที่มีอุณหภูมิสูง มีฝุ่นละอองน้ำ ไขมันน้ำมันหรือแรงดันไม่คงที่ - มีข้อที่ต้องระมัดระวังในการเลือกซื้อและการเลือกใช้ให้เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน - มีข้อเสียเรื่องสิ่งแวดล้อม ที่ขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถ Recycle ได้เหมือนขยะจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

โคมไฟส่องสว่าง (Luminaires)

โคมไฟนอกจากทำหน้าที่ยึดหลอดและอุปกรณ์ประกอบ เช่น บัลลาสต์แล้ว ยังมีหน้าที่สำคัญคือ ควบคุมทิศทางแสงให้กระจายไปตกบนพื้นที่ทำงานที่เราต้องการ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันอันตรายใดๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นกับหลอดไฟฟ้าได้อีกด้วย ปัจจุบันมีผู้ผลิตโคมไฟแบบต่างๆ มากมายวัสดุที่ใช้ทำโคมไฟเพื่อกรองแสงไม่ให้จ้าเกินไปก็มีหลายชนิด ในการเลือกใช้งานโคมไฟ จึงไม่ควรเลือกโดยคำนึงถึงแต่ความสวยงามเพียงอย่างเดียว คุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ นอกจากพิจารณา

ถึงการให้แสงสว่างที่เพียงพอแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงการป้องกันแสงจ้า ความปลอดภัย รวมถึงความยากง่ายในการซ่อมบำรุงด้วย

ประเภทของโคมส่องสว่างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีรายละเอียดดังนี้

1. โคมดาวนไลท์ ใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฮาโลเจน และหลอด CFL ส่วนมากติดตั้งไว้ที่ฝ้าเพดานเพื่อความสวยงาม

2. โคมสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีทั้งโคมเปลือยและโคมแบบมีแผ่นสะท้อนแสงด้านหลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนแสง

3. โคมไฟส่องอาคาร มักใช้กับหลอด HID ชนิด Double Ended ใช้สำหรับส่องภายนอกอาคารโคมไฟฟ้าที่ใช้กันแพร่หลายในอาคาร ได้แก่ โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งได้มีการพัฒนาให้ผิวด้านในมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงจากหลอดไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพความสว่างให้มากขึ้น เรียกว่าโคมประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะไม่ดูดกลืนและกักแสงไว้ แต่จะช่วยสะท้อนความสว่างให้กลับลงมายังพื้นที่ใช้งานได้เกือบเท่าตัว ทำให้ลดจำนวนหลอดแสงสว่างลงได้ในขณะที่ความสว่างคงเดิม เช่น จากเดิมใช้หลอดไฟฟ้า 4 หลอดต่อโคม จะสามารถลดลงเหลือ 2 หลอดต่อโคม โดยที่แสงสว่างที่ส่องลงมายังใกล้เคียงกับของเดิมนอกจากนี้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพโคมเก่าที่ติดตั้งอยู่แล้ว โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสงสามารถลดปริมาณหลอดไฟฟ้าจาก 4 หลอดเหลือ 2 หลอด หรือจาก 2 หลอด เป็น 1 หลอดได้ ขณะที่ความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและต้นทุนต่ำกว่าเปลี่ยนทั้งโคม แต่ต้องระมัดระวังเรื่องวัสดุที่ใช้แผ่นสะท้อนแสงที่ใช้ในการปรับปรุงโคมไฟฟ้าเดิมหรือในโคมประสิทธิภาพสูง ต้องมีการขึ้นรูปที่เหมาะสม เนื่องจากมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งกับประสิทธิภาพของโคม บางครั้งแผ่นสะท้อนแสงที่พับขึ้นรูปไม่ดี อาจทำให้มุมการสะท้อนแสงมีโฟกัสไปที่หลอด ซึ่งทำให้อุณหภูมิของหลอดเพิ่มขึ้น อายุการใช้งานหลอดลดลง และให้แสงแยกจากโคมที่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสงก็ได้ มีโคมไฟฟ้าบางประเภทใช้งานได้ดีและอายุการใช้งานอาจจะสั้นจึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน

แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง มีแนวทางการดำเนินการดังนี้

1. การออกแบบอาคารให้ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ได้เต็มที่

ก่อนการออกแบบระบบแสงสว่างต้องทราบถึงช่วงเวลาการใช้งาน สำหรับอาคารที่ใช้งานเฉพาะเวลากลางวัน สามารถออกแบบให้ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ได้เต็มที่ และอาคารที่ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง การออกแบบระบบแสงสว่างต้องมีหลอดไฟฟ้าไว้ในเวลากลางคืนได้อย่างเต็มที่ โดยปกติการออกแบบระบบแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ควรเป็นแบบอ้อม (Indirect Lighting) ซึ่งจะช่วยลดความร้อนภายในห้อง

2. เลือกวิธีให้แสงสว่างที่ตรงกับความต้องการ

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง มีวิธีให้แสงสว่างในอาคารจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะของงานที่ทำ เช่น อาคารโดยทั่วไปมีวิธีการให้แสงสว่าง 2 แบบคือ

2.1 วิธีให้แสงสว่างแบบเท่ากันตลอด หรือแบบทั่วไป (General Lighting)

2.2 วิธีให้แสงสว่างแบบเฉพาะตำแหน่ง หรือขึ้นอยู่กับงาน (Task-ambient Lighting)



ภาพประกอบ 9 การส่องสว่าง General Lighting และ Task-ambient Lighting

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการให้แสงสว่างทั้ง 2 วิธี ได้แก่ปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ระดับความสว่างที่ต้องการ
- ระดับการใช้สายตา
- ความสะดวกในการซ่อมบำรุง
- ความสะดวกในการติดตั้ง
- ความสบายตาและปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ
- ความสว่างที่บริเวณต่างๆ ไม่แตกต่างกันมากกว่า 10 เท่าตัว

ในการประหยัดพลังงานนั้นควรใช้วิธีการให้แสงสว่างทั้ง 2 วิธีร่วมกัน ซึ่งจะทำให้สามารถใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากันในการให้ความสว่างที่สูงกว่า และสภาพแวดล้อมที่ดีกว่าได้

3. การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ร่วมให้เหมาะสม มีอยู่ 2 แนวทางการพิจารณา ดังนี้

3.1 การเลือกหลอดไฟฟ้า

จำเป็นต้องเลือกหลอดที่ให้ความสว่างเหมาะสมกับงานและสภาพที่ใช้ และการจัดให้ช่วงเวลากการเปิดไฟสั้นลง ก็สามารถลดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ลงได้ สำหรับอาคารที่มีเพดานสูงจะใช้หลอดแสงจันทร์หรือหลอดโซเดียมความดันไอสูง นอกจากนั้นการใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous Efficacy) สูงติดที่ตำแหน่งที่จำเป็นและเปิดในเวลาที่เป็นเท่านั้นก็จะช่วยในการประหยัดพลังงานอีกเช่นกันการเลือกชนิดของหลอดต้องคำนึงถึงสีของแสง (Light Color) และฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดด้วย การเลือกอย่างเหมาะสมจะทำให้ได้แสงสว่างมากขึ้น เช่น ถ้าหากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ติดตั้งอยู่เป็นแบบ Day light แล้วเปลี่ยนมาเป็นแบบ White light

สามารถเพิ่มความสว่างได้ 30% ถ้าใช้เฉพาะตำแหน่งควรใช้โคมชนิดที่มีการสะท้อนแสงจะทำให้แสงสว่างเพิ่มขึ้นเป็น 70%

3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง

- การเลือกโคมที่มีประสิทธิภาพสูงที่เหมาะสมกับงานเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยประหยัดพลังงานได้มาก
- การเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีค่าสูญเสียต่ำ โดยพิจารณาจากสภาพการใช้งานให้เหมาะสมกับประเภทบัลลาสต์ที่จะใช้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยประหยัดพลังงานได้มาก

4. การเดินสายไฟและการเปิด- ปิดสวิตช์ต้องเป็นวิธีที่สะดวก มีแนวทางการดำเนินการดังนี้

4.1 การเปิด - ปิดสวิตช์ ทำได้ 2 วิธี คือ

4.1.1 การปิดทั้งหมด ในเวลาหยุดพักเที่ยงหรือหยุดพักการทำงานทั้งหมด ในอาคารให้ทำการปิดไฟทั้งหมดโดยปิดที่ตู้จ่ายไฟหลักหรือปิดสวิตช์ที่ควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมด

4.1.2 การปิดไฟบางส่วน ในกรณีต่อไปนี้จะให้ปิดไฟสถานที่หรือที่ปฏิบัติงาน แต่ละแห่งบริเวณที่แสงธรรมชาติเข้าถึงได้ เช่น บริเวณริมหน้าต่าง เป็นต้น บริเวณที่จะไม่ใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น ไฟส่องสว่างเฉพาะตำแหน่งที่ปฏิบัติงาน เป็นต้น

4.2 การเดินสายในการออกแบบการเดินสายเพื่อให้ได้ผลในการประหยัดพลังงานนั้นควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

4.2.1 บริเวณที่สามารถใช้แสงธรรมชาติ ให้ติดตั้งสวิตช์ที่สามารถเปิด/ปิดแบบง่ายๆใช้งานได้สะดวก เช่น แยกสายและสวิตช์ของหลอดไฟฟ้า แนวริมหน้าต่างจากแนวอื่น

4.2.2 วงจรของหลอดไฟฟ้าจะต้องแบ่งตาม Line ของการนั่งปฏิบัติงาน ไม่เช่นนั้นเวลาทำงานล่วงเวลาจะทำให้ต้องเปิดไฟในส่วนที่ไม่จำเป็นด้วย

4.2.3 ถ้าใช้วิธีปิดไฟบางดวงและหลอดที่ใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์และปิดโดยการถอดหลอดออกจะมีผลเสีย คือ ขั้วริมหลอดจะเป็นสนิมและจะมีการสูญเสียที่บัลลาสต์ในขณะที่ไม่มีหลอด ดังนั้นจึงควรที่จะติดหลอดไว้แล้วติดสวิตช์ไว้ทางด้านปฏิกิริยาของอุปกรณ์ เพื่อทำการปิดอุปกรณ์ทั้งคู่

4.2.4 ถ้าใช้วิธีปิดไฟบางดวงกรณีที่มีความสว่างตามตำแหน่งต่างๆสูญเสีย ความสม่ำเสมอให้ติดตั้งอุปกรณ์ส่องสว่าง เฉพาะตำแหน่งระหว่างอุปกรณ์ส่องสว่างทั่วพื้นที่อย่างเหมาะสมเพื่อปรับปรุงความสว่างให้ใกล้เคียงกัน

5. การจัดสภาพแวดล้อมภายในให้เหมาะสม

การจัดสภาพแวดล้อมภายใน คือ ฝ้าผนังและพื้นเพดานควรเลือกวิธีการใช้สีที่ส่งผลในการส่องสว่างสูงสุด ดังนั้นการทำฝ้าผนังและเครื่องจักรให้เป็นสีสว่างจะช่วยให้การใช้กำลังไฟฟ้าให้เป็นประโยชน์

อย่างเต็มที่ นอกจากนั้นการทำความสะอาดผาผนังและการทาสีใหม่จะให้ผลในการส่องสว่างเพิ่มมากขึ้น

6. การควบคุมการทำงานและการซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าส่องสว่างอย่างเหมาะสม

ไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งด้านนอกของอาคาร ถ้าใช้ระบบปิดแบบอัตโนมัติหรือระบบตั้งเวลาได้ก็就不用ใช้คนในการปิดซึ่งจะให้ผลในการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้การทำความสะอาดตัวหลอด อุปกรณ์ประกอบ และทำการเปลี่ยนหลอดทุกๆ ช่วงเวลาที่เหมาะสมจะช่วยรักษาสภาพการส่องสว่างให้ดียู่เสมอ เพราะเมื่อมีละอองมาจับที่ตัวหลอดหรือที่อุปกรณ์ที่ใช้รวมก็จะทำให้ปริมาณฟลักซ์ของแสงลดลงโดยเฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่ไม่ว่าจะเป็นหลอดไฟฟ้าชนิดใดหากนำไปใช้ในที่ๆ มีฝุ่นละอองมากก็ควรทำความสะอาดบ่อยขึ้น เพราะพบว่าหลอดที่มีคุณสมบัติเหมือนกันเมื่อนำไปใช้ในที่ๆ มีฝุ่นละอองน้อยกับในที่ๆ มีฝุ่นละอองมาก เมื่อใช้งานไปได้ 20 เดือน โดยใช้ในเงื่อนไขเดียวกันจะปรากฏว่าความสว่าง จะแตกต่างกันมากกว่า 30% เพราะฉะนั้นบริเวณใช้งานที่มีฝุ่นละอองจับได้ง่าย การวัด การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างเป็นประจำโดยใช้เครื่องวัดความสว่าง วัดและบันทึกค่าความสว่างที่เปลี่ยนไป เนื่องจากตัวหลอดเสื่อมและมีฝุ่นละอองมาจับที่อุปกรณ์ แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์เป็นข้อมูลประกอบในการจัดระบบบำรุงรักษาที่เหมาะสม

สรุปแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าส่องสว่าง

แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าส่องสว่างก็คือ “การใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด” ซึ่งหมายถึงจุดที่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างให้ใช้เต็มที่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานแต่จุดที่ไม่จำเป็นต้องให้ตัดออกหรือยกเลิกการใช้ในจุดนั้น ๆ รวมถึงการบำรุงรักษาระบบการใช้งานแสงสว่างเดิมให้ใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสามารถสรุปมาตรการการประหยัดพลังงานระบบแสงสว่าง ดังนี้

1. การบำรุงรักษา
 - การทำความสะอาดโคมไฟฟ้า
 - การทำความสะอาดหลอดไฟฟ้า
2. การใช้งานอย่างเหมาะสม
 - การประยุกต์ใช้แสงอาทิตย์
 - การปิดไฟเมื่อไม่ใช้งาน
 - การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด-เปิดเฉพาะจุด
 - การใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมการปิด-เปิด
 - การใช้ตัวตรวจจับแสง (Photo sensor) ควบคุมการปิด-เปิด
 - การใช้ตัวตรวจจับคน (Occupancy sensor) ควบคุมการปิด-เปิด
 - การใช้ระบบการจัดการแสงสว่าง (Lighting management system)

- การใช้เครื่องหรี่แสง (Dimming)

3. การใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน

- การเปลี่ยนจากหลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

(CFL)

- การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่น Super TLD แทนรุ่นธรรมดา
- การใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ รุ่น R หรือ PR แทนรุ่นธรรมดา
- ลดจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า
- ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า
- การใช้บัลลาสต์ชนิดการสูญเสียต่ำ
- การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง (High frequency electronic ballast)
- การติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูงที่โคมไฟฟ้าเดิม
- การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

2.2.3 ข้อมูลทางเทคนิคของระบบปรับอากาศ

- การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ (ศิริพรรณและพิชัย. 2548)

การทำงานของระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก จากการสำรวจพบว่า ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 30-50% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด การอนุรักษ์พลังงานระบบทำความเย็นและปรับอากาศให้ได้ผลจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงาน ประเภทและส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆ ของเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ ตลอดจนการเลือกใช้งานอย่างเหมาะสมการทำความเย็น คือ การลดและการรักษาระดับอุณหภูมิของภายในห้องหรือวัตถุต่างๆ ให้ต่ำกว่าปกติ เช่น การทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ ตู้เย็น ตู้แช่ ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง เป็นต้น การเกิดความร้อนในเครื่องทำความเย็นรวมทั้งเครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นตู้เย็น ตู้แช่เครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศในบ้าน เครื่องปรับอากาศในอาคาร หรือการทำความเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะมีหลักการเบื้องต้นในการทำให้เกิดความร้อนเหมือนกันคือ การทำให้สารทำความเย็น (Refrigerant) เปลี่ยนสถานะ เพราะขณะเปลี่ยนสถานะสารทุกชนิดต้องการความร้อนแฝงเพื่อการระเหย ดังนั้นถ้าเราทำให้สารนี้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอจะเกิดการดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงซึ่งจะทำให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลงจึงเกิดความร้อนขึ้นขนาดของเครื่องทำความเย็นจะบอกเป็น Btu/hr (หน่วยอังกฤษ) Kcal/hr (หน่วยเมตริก) KW (หน่วย SI) หรือบอกขนาดเป็นตัน โดย 1 ตันความเย็นมีค่า 12,000 Btu/hr ซึ่งมีที่มาจากคำจำกัดความคือ 1 TR (Ton of Refrigeration) = Heat required to melt 1 U.S. ton of ice (2,200 lb) at 0 °C per 24 hour. ซึ่งมีความหมายคือ 1 ตันความเย็น เป็นความร้อนที่ได้จากการเสียความร้อนไปใช้ในการหลอมละลาย

หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หลักในระบบปรับอากาศและทำความเย็น

1. คอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือบางที่เรียกว่าคอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นที่มีสภาพเป็นก๊าซร้อนให้เกิดการควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนที่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled)

2. อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ทำความเย็น ซึ่งเกิดจากการระเหยของสารทำความเย็นเหลวกลายเป็นก๊าซ โดยอาศัยความร้อนรอบๆ อีวาพอเรเตอร์

3. อุปกรณ์ลดความดัน คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลเข้าไปในอีวาพอเรเตอร์ เพื่อให้เกิดการระเหยและลดความดันลง เช่น Thermal Expansion Valve (TEV) และ Capillary Tube เป็นต้น

4. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนสารทำความเย็น ทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นในสภาพก๊าซและอัดให้เกิดความดันสูงซึ่งมีความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย คอมเพรสเซอร์มีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) และแบบโรตารี (Rotary Compressor) หรืออาจเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) และแบบสกรู (Screw Compressor) ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่

วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ภาพประกอบ 11 มีรายละเอียด ดังนี้

1. กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic Compression โดยคอมเพรสเซอร์จะทำการอัดสารทำความเย็นในสภาวะไออิ่มตัวให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน

2. กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่ได้ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอร้อน (Superheated Vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น

3. กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือกระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันตรงคอยล์เย็น

4. กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance ; COP)

สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นถูกกำหนดโดยใช้คำว่า สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance) และโดยส่วนใหญ่นิยมใช้อักษรย่อว่า COP แทน โดยที่สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (COP) มีความหมายอย่างเดียวกับคำว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ที่ใช้กับเครื่องยนต์ COP ของเครื่องทำความเย็น คือ ค่าที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็น โดยเปรียบเทียบระหว่างผลของความร้อนที่ได้ต่องานที่ให้กับระบบ หรือค่าความร้อนที่สามารถ ดึงออกจากระบบการทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ต่องาน สำหรับอัดสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์

$$\text{COP} = \frac{\text{ความร้อนที่ได้จากอีวาพอเรเตอร์ (หน่วยเป็นวัตต์ความร้อน, } W_R) = h_1 - h_4}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (หน่วยเป็นวัตต์, } W) = h_2 - h_1}$$

หมายเหตุ ค่าการแปลงหน่วยจาก 1 kW = 1.341 HP = 3,412.66 Btu/hr

ประสิทธิภาพด้านพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER)

ค่า EER คือ อัตราส่วนระหว่างความสามารถให้ทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr) ต่อกำลังไฟฟ้า (Watt) (ศิริพรรณและพิชัย. 2548) ที่เครื่องปรับอากาศใช้มีหน่วยเป็น Btu/hr/W ดังนั้นถ้าจะซื้อเครื่องปรับอากาศใหม่ควรเลือกเครื่องที่มีค่า EER สูง จะทำให้ได้รับความเย็นเท่ากัน แต่เสียเงินค่าไฟฟ้าน้อยกว่า หรือในทางกลับกัน หากจ่ายค่าไฟฟ้าเท่ากันก็จะได้รับความเย็นมากกว่าจากเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูงนั่นเอง

$$\text{ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ} = \frac{\text{ปริมาณความเย็นของเครื่อง (Btu/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)}}$$



ภาพประกอบ 12 ฉลากแสดงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (กฟผ.)

ปัจจุบันปี 2556 สำนักงานจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้จำแนกระดับประสิทธิภาพด้านพลังงานออกเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับที่ 5 ระดับประสิทธิภาพดีมาก EER ตั้งแต่ 11.6 ขึ้นไป

ระดับที่ 4 ระดับประสิทธิภาพดี EER ตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 11.6

ระดับที่ 3 ระดับประสิทธิภาพปานกลาง EER ตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10.6

ระดับที่ 2 ระดับประสิทธิภาพพอใช้ EER ตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6

ระดับที่ 1 ระดับประสิทธิภาพต่ำ EER ต่ำกว่า 8.6

จะเห็นว่า ระดับที่ 5 เป็นระดับที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานดีที่สุด ดังนั้นจึงมีการทำฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพดังกล่าวติดบนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่วางจำหน่ายทั่วไปเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคทราบ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type Air Conditioner)

เป็นเครื่องที่แยกมาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างโดยแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor Unit หรือ Condensing Unit ภาควิทยาที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor Unit หรือ Evaporator Unit หรือเชิงพาณิชย์อาจเรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit : FCU) หรือที่มีลักษณะเป็นตู้เรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) เครื่องปรับอากาศเหล่านี้จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะมักจะเป็นเครื่องๆ ที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75 -30 ตัน) ตำแหน่งที่วาง Condensing Unit (CDU) จะต้องระบายอากาศได้ดี และหากติดตั้งในอาคารสูง จะต้องพิจารณาผลจากแรงลมที่จะมาปะทะอาคาร โดยทั่วไป CDU ไม่ควรอยู่ห่างจาก FCU หรือ AHU เกิน 15 เมตร เนื่องจากจะผลกับประสิทธิภาพของเครื่อง และปัญหาระบบน้ำมันหล่อลื่นภายในระบบ ซึ่งจะมีผลกับการทำงานและอายุของคอมเพรสเซอร์ หากมีความจำเป็นที่จะต้องติดตั้งท่อน้ำยาไกลกว่านี้ จะต้องมั่นใจว่ามีความรู้ทางด้านเทคนิคการเดินท่อน้ำยาที่ถูกต้อง เช่น การขยายขนาดท่อน้ำยา และการทำ Oil Trap รวมทั้งการกำหนดความลาดเอียงของท่อการพิจารณาที่ตั้ง Condensing Unit ควรจะทราบถึงลักษณะของเครื่องที่จะใช้ด้วย เพราะมีทั้งรุ่นที่เป่าลมร้อนด้านข้าง และรุ่นที่เป่าลมร้อนขึ้นด้านบน รวมทั้งลักษณะการนำลมเข้ามาระบายความร้อนของเครื่องว่าลมเข้าในลักษณะใด เพื่อให้เครื่องระบายความร้อนได้ดี นอกจากนี้จะต้องพิจารณาไม่ให้ลมร้อนที่เป่าออกจากเครื่องย้อนกลับมาที่เครื่องอีก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงอย่างมากผู้นำสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในปัจจุบัน เห็นที่จะต้องยกให้ญี่ปุ่น โดยผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศญี่ปุ่นเป็นผู้คิดค้นในการออกแบบให้เครื่องมีขนาดกะทัดรัด สวยงาม และประหยัดไฟ ซึ่งก็อาจจะมีผลมาจากความคับแคบของสถานที่ในประเทศญี่ปุ่นเอง ความเป็นระเบียบของคนญี่ปุ่น และกฎหมายควบคุมความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แพง และความล้าหน้าทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในประเทศญี่ปุ่น รวมทั้งค่าแรงในการบริการที่แพง ทำให้มีการออกแบบเครื่องปรับอากาศให้ชาวบ้านธรรมดา สามารถติดตั้ง และซ่อม

บำรุงเครื่องปรับอากาศได้ด้วยตัวเอง แผงกรองอากาศสามารถถอดออกทำความสะอาดได้ง่ายกว่า เครื่องปรับอากาศในอดีตเป็นอย่างมาก การควบคุมอุณหภูมิ โดยทั่วไปอาศัยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ให้หยุดหรือเดินตาม อุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทรุ่นหลังๆ นี้ ที่มีคุณภาพจะเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความแม่นยำสูง กว่าเดิม ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และช่วยในการประหยัดไฟฟ้าอุปกรณ์นี้เราจะพบว่า มีทั้งรุ่นที่เป็นรีโมท(Remote) แบบมีสายหรือไร้สาย สามารถตั้งเวลาได้ มี Mode การทำงานมากขึ้น เช่น Econo Mode เพื่อประหยัดพลังงาน และ Sleep Mode เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นหลังจากที่เราหลับ แล้ว ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจต่ำลง และจะรู้สึกหนาวหากคงอุณหภูมิไว้ เช่น ขณะที่นอนหลับ นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่ใช้ Fuzzy Logic Control ที่จะทำให้ระบบควบคุมสั่งการทำงานของ เครื่องปรับอากาศ มีความคิดใกล้เคียงกับสมองของคนมากขึ้น เครื่องฯ รุ่นใหม่ๆ บางรุ่นยังมีเครื่อง ฟอกอากาศ (Air Cleaner) ติดตั้งมาภายในเครื่อง FCU เลยเนื่องจาก มีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับ คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality - IAQ) กันมากขึ้น เครื่องปรับอากาศแบบแยก ส่วนรุ่นใหม่มักเน้นที่การใช้ที่ตั้ง Condensing Unit (CDU) น้อยลง โดยออกแบบให้เครื่อง Condensing Unit เครื่องเดียวสามารถใช้กับ Fan-coil ได้หลายๆ ชุด เครื่องปรับอากาศแบบนี้ใน สมัยแรก ก็เหมือนกับการเอา Condensing Unit หลายๆ ชุดมารวมกันไว้ในตัวเดียว แต่ในรุ่นใหม่มัก จะใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับรอบได้ ประกอบกับถึงสารทำความเย็น และน้ำมันหล่อลื่น และใช้ วาล์วอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไปยัง Fan-coil Unit จุดเด่นของเครื่องรุ่น ใหม่ก็คือ Fan-coil Unit แต่ละตัวสามารถเปิดปิดได้โดยอิสระและสามารถมีขนาดที่แตกต่างกันได้ การทำความเย็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ที่ติดตั้งใช้งานในอาคารควบคุมมีขนาดพิกัด (Capacity) ของเครื่องปรับอากาศใช้ในหน่วย “วัตต์” สำหรับเครื่องปรับอากาศระบุหน่วยเป็น “บีทียู/ชั่วโมง” ให้แปลงหน่วยเป็น “วัตต์” ขนาดทำความเย็น 3,412 บีทียูต่อชั่วโมง เท่ากับ 1 วัตต์ ขนาดทำความเย็น 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง เท่ากับ 3,516 วัตต์

เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว (Packaged Unit)

เครื่องแบบนี้มีโครงสร้างเหมือนกับ เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่มีขนาดใหญ่ กว่า มีทั้งชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ เรียกว่า Packaged Air-cooled Air-conditioner และ ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เรียกว่า Packaged Water-cooled Air-conditioner การใช้น้ำในการ ระบายความร้อนมักจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีการระบายความร้อนที่ ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ

Packaged Air-cooled Air-conditioner

เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างแต่มีขนาดใหญ่กว่า คือเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ที่รวมเครื่อง CDU และ FCU ไว้ด้วยกัน (โดยทั่วไป 3-30 ตัน) การส่งลมเย็นมักจะใช้ระบบท่อม ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้กับอาคารประเภทสำนักงานคอนโดมิเนียมเนื่องจากติดตั้งง่าย การใช้งานเป็นเอกเทศ และผู้ลงทุนสร้างคอนโดมิเนียมประเภทสำนักงานนี้มักจะไม่ต้องการรับการการลงทุนในส่วนนี้ รวมทั้งเรื่องการรักษาภายหลังด้วย โดยผลกระทบทั้งหมดไปให้กับผู้ซื้อพื้นที่อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องปรับอากาศ ประเภทที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.4 - 1.7 กิโลวัตต์/ตัน (ตัน ในที่นี้ คือ ตันความเย็น และ 1 ตันความเย็น เท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง) ซึ่งนับว่าสูงมาก และสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 20 - 30 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว อาคารขนาดใหญ่หากใช้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะมีผลทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ระบบจ่ายไฟฟ้าจะมีราคาแพงมากขึ้น และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องปรับอากาศจะสูงมาก เพราะเครื่องปรับอากาศใช้กำลังไฟฟ้าถึงประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้ไฟฟ้าของอาคารความจริงหากจะสร้างให้เครื่องปรับอากาศชนิดนี้กินไฟน้อยลง ก็สามารถทำได้ เช่น การขยายคอนเดนเซอร์ให้ใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น การใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Compressor) การใช้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ก็อาจจะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลงมาที่ประมาณ 1.2 - 1.3 กิโลวัตต์/ตันได้ (กฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่ประกาศใช้ในปี 2538 บังคับให้เครื่องปรับอากาศที่ระบาย ความร้อนด้วยอากาศ จะต้องกินไฟไม่เกิน 1.4 กิโลวัตต์/ตัน ซึ่งจะช่วยให้การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศน้อยลงกว่าในอดีต) เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง และแบบแยกส่วนที่ดีๆ เช่นของญี่ปุ่นหลายๆยี่ห้อ หรือยี่ห้อดีๆของอเมริกา (ที่ผลิตในประเทศไทย แต่มีคุณภาพดีกว่าของบริษัทแม่ในอเมริกา) ก็มีประสิทธิภาพใกล้เคียง 1.2 กิโลวัตต์/ตัน ซึ่งนับว่าใกล้เคียงกับเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำการใช้เครื่องปรับอากาศ Packaged Air-cooled Air-conditioner ยังต้องพิจารณาดำเนินการที่ติดตั้งให้เหมาะสม มีการระบายความร้อนที่ดี และจะต้องพิจารณาแรงลมที่มาปะทะในกรณีของอาคารสูงถ้าให้ดีควรจะติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน สำหรับทางลมเข้า และทางลมออกตั้งฉากกัน คือให้ทางลมเข้าทางหนึ่งทำมุม 90 องศา กับทางระบายลมร้อนที่ออกในทิศที่ตั้งฉากกัน (หรือถ้าเข้าออกในทิศทางตรงกันข้ามกับทางลมเข้าก็ยังดี) และให้เกล็ดระบายลมร้อน มีลักษณะที่ช่วยให้ลมร้อนเป่าออกไปห่างเครื่องให้ได้ไกลๆ เช่น การใช้เกล็ดที่มีใบที่สามารถดัดทิศทางลมให้วิ่งไปในแนวราบ แทนที่จะเป่าเป็นมุมเอียงลง เพื่อป้องกันไม่ให้ลมร้อนย้อนกลับเข้ามาที่คอนเดนเซอร์จะทำให้มีประสิทธิภาพลดลง อากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงเกือบ 10 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียวการกล่าวถึงประสิทธิภาพนี้ มีคำนิยามที่เรียกว่า EER (Energy Efficiency Ratio)

$$\text{มาจาก EER} = [\text{Btu/hr}] / W$$

เมื่อ Btu/hr คือ ความเย็นที่ได้

W คือ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องปรับอากาศ

เช่น $[12,000 \text{ Btu/hr}] / 1,200 \text{ W}$ จะได้ $\text{EER} = 10$ หรือเท่ากับ 1.2 กิโลวัตต์/ตัน

การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อาศัยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสแตท (Thermostat) ซึ่งจะมีความแม่นยำ ± 1 องศาเซลเซียส โดยการวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศและไปสั่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้หยุดหรือเดิน ในกรณีของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ คอมเพรสเซอร์อาจจะมีหลายตัว หรือในแต่ละตัวอาจมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Unloader ที่ลดกำลังของตัวเองลงได้เป็นขั้นๆ ดังนั้นเทอร์โมสแตท จึงอาจจะเป็นแบบที่สั่งการทำงานเป็นขั้นๆ (Step Thermostat) ได้เช่นเดียว

ระบบท่อน้ำยา (Refrigeration Piping)

ในกรณีที่แยก Condensing Unit (CDU) ออกจาก Fan Coil Unit (FCU) อย่างในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ก็จำเป็นต้องมีท่อเพื่อส่งสารทำความเย็นไป-กลับระหว่างเครื่องทั้งสองนี้ ท่อจาก CDU ยังมีความดันสูง เพราะอุปกรณ์ลดความดันจะอยู่ใน FCU ท่อจึงอุ่นและไม่มีหุ้มฉนวน ส่วนท่อส่งสารทำความเย็นกลับจาก FCU ไป CDU จะมีความดันต่ำและเย็น จึงต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะ และป้องกันการสูญเสียความเย็นให้กับอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ หากเครื่องปรับอากาศของท่านทำงานปกติ ท่อจาก CDU ไป FCU หรือที่เรียกว่า Liquid Line จะอุ่นๆ จับได้ ถ้าร้อนมากแสดงว่า CDU ระบายความร้อนได้ไม่ดี ส่วนท่อจาก FCU ไป CDU หรือ เรียกว่า Suction Line จะเย็นๆ และบริเวณท่อที่หัวคอมเพรสเซอร์ที่ไม่ได้หุ้มฉนวนควรจะมีเหียงน้ำจับบ้าง หากอาการเป็นอย่างนี้แสดงว่าอาการปกติ ท่อน้ำยานี้เป็นท่อทองแดง เนื่องจากเป็นที่ได้รับความดันได้มาก ช่วงที่ติดตั้งจะเชื่อมท่อเข้าถึงกัน โดยภายในท่อจะต้องสะอาด หลังจากนั้นก็จะใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศและความชื้นออก ก่อนที่จะเติมสารทำความเย็นเข้าไปท่อน้ำยาไม่ควรจะมีความยาวมากเกินไป เพราะจะทำให้แรงเสียดทานมาก และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ๆ ที่ใช้โรตารีคอมเพรสเซอร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะกินไฟน้อยและเงียบ แต่ถ้าเดินท่อน้ำยายาวจะมีประสิทธิภาพลดลงมาก อีกเหตุผลหนึ่งที่ไม่ควรเดินท่อน้ำยายาวๆ คือ จะมีปัญหาทำให้น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ที่ปกติจะระเหยและปนไปกับสารทำความเย็นเวลาคอมเพรสเซอร์ทำงานจะไปตกค้างอยู่ในระบบท่อน้ำยาทำความเย็น หรือที่ FCU ได้ เมื่อเครื่องเดินไปเรื่อยๆ น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ก็จะลดลงทีละนิดไปเรื่อยๆ จนไม่เพียงพอกับการหล่อลื่น ก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายหรือไหม้ได้

แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ (ศิริพรรณและพิชัย, 2548)

การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่สามารถแยกวิธีการได้เป็น

2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การใช้งานอุปกรณ์ที่มีอยู่ในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร ถ้าหากมีการใช้อย่างเหมาะสมและคำนึงถึงการประหยัดพลังงานแล้ว ก็จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ โดยที่เจ้าของโรงงานและอาคารไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรือความรู้พิเศษและไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม โดยมีวิธีการต่อไปนี้

1. ควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำที่สุด

สำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled water chiller) การควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำๆ จะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ขณะที่การทำความเย็นยังคงทำงานเหมือนเดิมอยู่ ปกติภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารจะอยู่ในช่วงกลางวัน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน) ซึ่งเป็นเวลาที่อาคารได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์อย่างมากในช่วงเวลานี้เครื่องทำน้ำเย็นต้องทำงานอย่างหนักและใช้ไฟฟ้ามาก บางครั้งการถ่ายเทความร้อนที่ห่อหุ้มน้ำไม่สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นลดลงอย่างมากๆ ทำให้เครื่องทำน้ำเย็นยังทำงานมากขึ้น วิธีการลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้ต่ำลงอีกทำได้โดยเปิดห่อหุ้มขึ้นอีก 1 ชุด เป็นการเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้น และทำให้การใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นลดลงการเปิดห่อหุ้มน้ำเพิ่มขึ้นอีก 1 ชุดนี้ จำเป็นต้องตรวจสอบสถานะอากาศภายนอกประกอบด้วยเช่น เวลากลางคืนหรือวันที่มีอุณหภูมิภายนอกต่ำอยู่แล้วในฤดูหนาว ซึ่งน้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิต่ำอยู่พอสมควร การเปิดห่อหุ้มน้ำเพิ่มขึ้นนี้อาจไม่คุ้มค่ากับการใช้พลังงานที่ป้อนเข้าพัดลมของห่อหุ้มน้ำ ดังนั้นควรมีระบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อทำหน้าที่เปิด-ปิดห่อหุ้มน้ำอย่างเหมาะสม

2. จัดระบบให้เครื่องปรับอากาศทำงานเป็นช่วงๆ สลับกัน ต้องให้สัมพันธ์กับ

ความต้องการความเย็นในอาคารและ ควรปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่มีการใช้งาน

3. ปรับความเย็นให้เหมาะสม โดยตั้งค่าเทอร์โมสแตทควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม

กับความสบาย โดยทั่วไปควรปรับอุณหภูมิที่ 25-26 องศาเซลเซียส

4. เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน

5. ดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ เช่น การทำ

ความสะอาดแผ่นกรองอากาศที่อยู่ด้านหน้ากากของเครื่องด้วยการล้างทำความสะอาดอย่างน้อยเดือนละครั้งการทำความสะอาดใหญ่ควรให้ช่างถอดออกมาล้างปีละครั้ง รวมทั้งแผ่นระบายความร้อนด้านหลังเครื่องด้วย

ส่วนที่ 2 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

การประหยัดไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจะไม่ประสบผลสำเร็จถ้าปราศจากการติดตามการใช้งานจริงของระบบปรับอากาศ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายและรักษาระดับการใช้ไฟฟ้าให้ต่ำที่สุดมีข้อแนะนำเกี่ยวกับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ ดังนี้

1. ทดลองและปรับแต่งระบบอย่างสมบูรณ์เป็นครั้งคราวตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ตลอดอายุการใช้งานของระบบ ส่วนใหญ่มักจะปรับแต่งในครั้งแรกเพียงครั้งเดียวเท่านั้นทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงเรื่อยๆ
2. ตั้งเทอร์โมสแตทให้ควบคุมอุณหภูมิที่พอเหมาะกับความสบายเท่านั้น ไม่ควรตั้งเทอร์โมสแตทไว้ต่ำเกินไป และหมั่นตรวจสอบการทำงานของเทอร์โมสแตทว่าเป็นปกติหรือไม่
3. ทำความสะอาดแผงกรองอากาศและชุดทำความเย็น (Cooling coil) ของเครื่องส่งลมเย็นเป็นประจำ ถ้ามีความสกปรก พื้นผิวรับความร้อนจะถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดีทำให้น้ำเย็นที่ไหลกลับไปยังเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำเป็นผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลงด้วย
4. หมั่นทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นประจำหมั่นตรวจสอบอย่าให้มีวัสดุปิดขวางทางลมที่ใช้ในการระบายความร้อน
5. ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เนื่องจากน้ำหมุนเวียนในระบบเป็นแบบน้ำระเหยตลอดเวลา ผิวด้านในของชุดควบแน่นมักมีตะกอนและสิ่งสกปรก เป็นผลให้อุณหภูมิควบแน่นสูงขึ้น ฉะนั้นต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ
6. ทำความสะอาดห่อฉนวนน้ำเพื่อให้ผิวระบายความร้อนสะอาดรวมทั้งทำความสะอาดหัวกระจายน้ำตามกำหนด
7. มีการบำบัดคุณภาพน้ำในระบบน้ำหล่อเย็นเพราะความสกปรกจะลดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้น้อยลง
8. หล่อลื่นพัดลมทุกตัวโดยการอัดจารบี หรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลา
9. ตรวจสอบความตึงของสายพานพัดลมที่ขับเคลื่อนด้วยสายพานให้พอเหมาะเสมอ
10. ตรวจสอบการรั่วของท่อลมที่อาจเกิดขึ้นรวมถึงการซ่อมแซมฉนวนท่อลมที่ฉีกขาด
11. ตรวจสอบรอยรั่วตามหน้าต่างและประตูของอาคารซึ่งจะทำให้อากาศร้อนภายนอกเข้าสู่อาคารได้

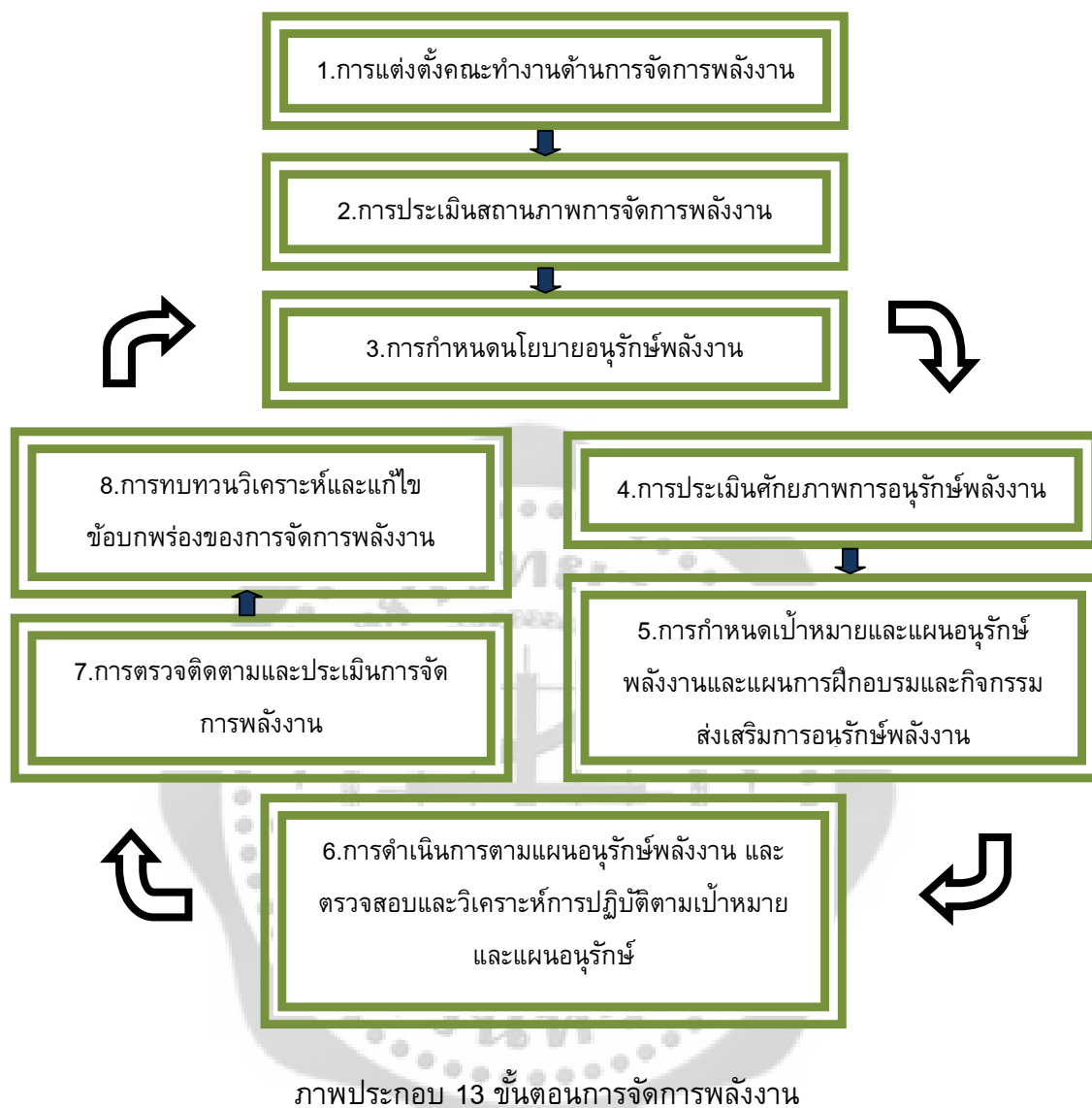
การติดตั้งระบบปรับอากาศให้เกิดการประหยัดพลังงาน

การติดตั้งระบบปรับอากาศให้เกิดการประหยัดพลังงานเป็นการติดตั้งที่มุ่งจัดการสูญเสียพลังงานในการใช้ระบบปรับอากาศ ข้อแนะนำในการติดตั้งระบบปรับอากาศให้เกิดการประหยัดพลังงาน มีดังนี้

1. ติดตั้งระบบปรับอากาศตามการออกแบบที่มีการประหยัดพลังงานแล้ว แต่ถ้าเห็นว่ามีส่วนใดสามารถปรับปรุงให้ประหยัดพลังงานได้อีก ก็ให้พิจารณาโดยละเอียดก่อนดำเนินการแก้ไข
2. ติดตั้งท่อลม ท่อน้ำ ให้มีความยาวและเป็นแนวตรงมากที่สุด เพื่อลดความเสียหายและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการใช้งานด้วย
3. การติดตั้งท่อลมต้องระวังไม่ให้มีรูรั่ว โดยเฉพาะตามรอยต่อต่างๆ ต้องมีการตรวจสอบและแก้ไขถ้าจำเป็น เพื่อลดการสูญเสียความสามารถในการทำความเย็น
4. อย่าให้มีสิ่งกีดขวางในท่อลม เพื่อลดความต้านทานการไหลของลมให้น้อยที่สุด
5. ในกรณีที่มีการเลี้ยวอาจให้มีคียบช่วยให้การไหลสม่ำเสมอเพื่อลดความต้านทานการไหล
6. ในกรณีที่มีการเปลี่ยนขนาดท่อให้เปลี่ยนไปที่ละท่อเพื่อลดความปั่นป่วนของการไหลและลดความต้านทานการไหลของลม
7. ติดตั้งแผ่นปรับลมที่สามารถปิดลมได้ดีจะช่วยลดการสูญเสียลมเย็นไปยังบริเวณที่ไม่ต้องการจ่ายลมได้
8. ติดตั้งเทอร์โมสตัทในตำแหน่งที่เหมาะสม ไม่ให้ตัวรับสัมผัส (Sensing Element) อยู่ในตำแหน่งที่จะทำงานผิดพลาดได้ เช่น อยู่ในบริเวณที่มีแสงแดดส่องกระทบอยู่ใกล้โคมไฟหรือใกล้ประตู ซึ่งจะมีผลให้การปรับอากาศทั้งระบบทำงานมากเกินไปจนความจำเป็น
9. ทดสอบและปรับการปรับอากาศทั้งระบบให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้

2.3 ขั้นตอนการจัดการพลังงาน

ในส่วนของวิธีการจัดการพลังงานนั้นต้องมีการปฏิบัติอย่างมีขั้นตอน รวมทั้งมีการวางแผนการดำเนินการที่ดีและเหมาะสมกับองค์กร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการจัดการพลังงาน การดำเนินการสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ขั้นตอน



ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การวิเคราะห์ผลการประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้นทำให้ทราบว่า นโยบายอนุรักษ์พลังงานที่จะจัดทำขึ้นของอาคารตัวอย่าง จำเป็นต้องมุ่งเน้นในการจัดโครงสร้างขององค์กรให้สอดคล้องกับการดำเนินงานด้านการจัดการพลังงาน โดยต้องกำหนดให้มีการจัดตั้ง คณะทำงานเข้ามารับผิดชอบในการจัดการพลังงานขององค์กรอย่างเป็นทางการ รวมทั้งกำหนด อำนาจและหน้าที่ของคณะทำงานดังกล่าวอย่างชัดเจน นอกจากนี้ นโยบายอนุรักษ์พลังงานที่จัดทำ ขึ้นจำเป็นต้องระบุให้มีการประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการ กระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงานทุกคนในองค์กรรับทราบและเพื่อนำไปสู่ความร่วมมือและ ประสานงานในการดำเนินงานด้านการจัดการพลังงาน รวมถึงกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน ต่างๆ ที่จัดขึ้น



ตาราง 12 ตัวอย่างตารางประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix: EMM)

ระดับคะแนน	1. นโยบายการจัดการพลังงาน	2. การจัดองค์กร	3. การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ	4. ระบบข้อมูลข่าวสาร	5. ประชาสัมพันธ์	6. การลงทุน
4	มีนโยบายการจัดการพลังงานจากฝ่ายบริหารและถือเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของบริษัท	มีการจัดองค์กรและเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของฝ่ายบริหาร กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบไว้ชัดเจน	มีการประสานงานระหว่างผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและทีมงานทุกระดับอย่างสม่ำเสมอ	กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุม ติดตามผลหาข้อผิดพลาดประเมินผล และควบคุมการใช้งบประมาณ	ประชาสัมพันธ์คุณค่าของการประหยัดพลังงานและผลการดำเนินงานของการจัดการพลังงาน	จัดสรรงบประมาณโดยละเอียดโดยพิจารณาถึงความสำคัญของโครงการซึ่งมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อม
3	มีนโยบายและมีการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานโดยตรงต่อคณะกรรมการ การจัดการ พลังงานซึ่งประกอบ ด้วยหัวหน้าฝ่ายต่างๆ	คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินงาน	แจ้งผลการใช้พลังงานจากมิเตอร์ย่อยในแต่ละฝ่ายทราบแต่ไม่มีการแจ้งถึงผลการประหยัด	ให้พนักงานรับทราบโครงการอนุรักษ์พลังงานและให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	โครงการอนุรักษ์พลังงานพิจารณาลงทุนจากผลตอบแทนเช่นเดียวกับโครงการอื่นๆ
2	ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจนโดยผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจแต่รายงานบังคับบัญชาไม่ชัดเจน	คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ	ทำรายงานติดตามประเมินผลโดยดูจากมิเตอร์ให้คณะกรรมการเฉพาะกิจเข้ามาเกี่ยวข้องกับการตั้งงบประมาณ	จัดฝึกอบรมให้พนักงานรับทราบเป็นครั้งคราว	ลงทุนโดยดูมาตรการที่มีระยะเวลาคุ้มทุนเร็ว
1	ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบจำกัดปฏิบัติหน้าที่เพียงตามกฎหมาย	มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการระหว่างวิศวกรกับผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน)	มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม	แจ้งให้พนักงานทราบอย่างไม่เป็นทางการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ
0	ไม่มีนโยบายที่ชัดเจน	ไม่มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้พลังงาน	ไม่มีระบรวบรวมข้อมูลและบัญชีการใช้พลังงาน	ไม่มีการสนับสนุนการประหยัดพลังงาน	ไม่มีการลงทุนใดๆในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ตาราง 13 ลักษณะเส้นแบบต่างๆ และการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการพลังงาน

ลักษณะเส้น	รายละเอียด	การวิเคราะห์
1. High Balance. 	ทุกประเด็นมีคะแนนมากกว่า 3	ระบบการจัดการดีมาก เป้าหมายคือรักษาให้ยั่งยืน
2. Low Balance 	ทุกประเด็นคะแนนน้อยกว่า 3	ต้องมีการพัฒนาในทุกประเด็นอย่างเร่งด่วน
3. U-Shaped 	2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่นๆ	ความคาดหวังสูง คือ มีนโยบายและการจัดสรรเงินลงทุนที่ดี แต่ต้องพัฒนาในด้านอื่นๆ เช่น การกระตุ้นและการสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงาน การจัดทำระบบข้อมูลข่าวสารด้านพลังงาน เป็นต้น
4. N-Shaped 	2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่นๆ	การสร้างแรงจูงใจ และการจัดทำระบบข้อมูลข่าวสารที่ดี ไม่ช่วยทำให้การจัดการพลังงานประสบความสำเร็จเพราะไม่มีการกำหนดนโยบายที่ดี และไม่มีการสนับสนุนเงินลงทุนหรือสนับสนุนเงินลงทุนน้อยมาก
5. Trough 	1 ประเด็นมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่น	ประเด็นที่ล้าหลัง เช่น การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจหรือระบบข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น อาจทำให้ระบบการจัดการพลังงานไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร

ตาราง 13 (ต่อ)

ลักษณะเส้น	รายละเอียด	การวิเคราะห์
6. Peak 	1 ประเด็นมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่น	ความสำเร็จในประเด็นที่คะแนนสูงสุด เช่น การกระตุ้นและการสร้างแรงจูงใจ หรือระบบข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น อาจเป็นการสูญเปล่า เพราะประเด็นอื่นๆ ยังล้าหลังมาก ทำให้ระบบไม่ก้าวหน้า โดยเฉพาะในด้านนโยบายและการลงทุน
7. Unbalanced 	มี 2 ประเด็นหรือมากกว่าที่มีคะแนนสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย	ต้องรีบพัฒนาประเด็นที่มีคะแนนต่ำให้สูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยโดยเร็ว (ควรมีการปรับปรุง)

ที่มา: คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกษมสุข เฟ่งพินิจ (2554) ทำการวิจัยศึกษาแนวทางการจัดการพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอขนาดกลางถึงขนาดเล็กที่มุ่งเน้นปัจจัยจากการมีส่วนร่วมจัดระบบพลังงานของบุคลากรในองค์กรเป็นหลัก โดยนำตารางการประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix : EMM) มาเพื่อใช้ประเมินถึงทัศนคติของตัวแทนพนักงานในทุกระดับที่มีการจัดระบบพลังงานในองค์กรแล้วจึงนำมากำหนดมาตรการในการจัดการพลังงานร่วมกับพนักงานในแต่ละสายการผลิตเพื่อให้เกิดผลในการอนุรักษ์พลังงานควบคู่ไปกับความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงาน

บุตรบำรุง ธรรมโชติ (2541) ทำการวิจัยเรื่องการประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ กรณีศึกษา อาคารพหลโยธิน ธนาคารกสิกรไทย วัดอุปประสงค์ของการวิจัยเพื่อนำเสนอวิธีการประหยัดพลังงานที่เป็นไปได้หลังจากเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคาร พบว่าสามารถดำเนินการอนุรักษ์พลังงานได้ 6 แนวทาง ได้แก่ (1) การใช้ระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (2) ปรับปรุงการบำรุงรักษาห่อหุ้มฉนวนเย็น (3) ติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังห้อง (4) การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (5) การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบประหยัด

พลังงาน (6) การใช้บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง หลังจากดำเนินการปรับปรุงแล้วจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ 184,310 บาท/เดือน หรือลดการใช้พลังงานลงประมาณร้อยละ 6.5

ประทีป ช่วยเกิด (2547) ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานสามารถดำเนินการได้ด้วยเทคนิคการจัดการควบคู่กับเทคนิคเฉพาะทางโดยนำข้อดีของแต่ละเทคนิคมาบูรณาการร่วมกัน เพื่อกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยที่เทคนิคการจัดการเชิงวิศวกรรมคุณค่าเป็นกลไกในการขับเคลื่อนกระบวนการอนุรักษ์พลังงานให้ประสบความสำเร็จและยั่งยืน เนื่องจากเน้นการเปลี่ยนพฤติกรรมมนุษย์ ขณะที่เทคนิคเฉพาะทางอันได้แก่ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า เป็นต้น จะเพิ่มความมั่นใจให้แก่ผู้ประกอบการและคณะทำงานว่ามาตรการต่าง ๆ ที่ดำเนินการปรับปรุงจะได้ตามความคาดหวังเนื่องจากมีข้อมูลทางเทคนิคประกอบการพิจารณา

วัชร มังวิฑิตกุล (2548) ศึกษาการลดต้นทุนพลังงานใน SMEs โดยใช้วิธีที่ง่ายแต่เห็นผลสำหรับวินิจฉัยศักยภาพการลดต้นทุนพลังงานใน SMEs ประเด็นหลักในการวินิจฉัย คือ นโยบายขององค์กร ความพร้อมของบุคลากร และมีการดำเนินการประหยัดพลังงานในอดีตหรือไม่ ข้อมูลการวินิจฉัยพลังงาน ภาพรวมการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิง กระบวนการผลิต อุปกรณ์หลัก หากนำผลการวินิจฉัยไปดำเนินการและทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงโดยแสดงเป็นค่าดัชนีความสำเร็จโครงการ คือ ต้นทุนพลังงานเหลือกี่บาท/ผลผลิต หรือใช้พลังงานกี่ kWh/ผลผลิต เชื้อเพลิงกี่ลิตร/ผลผลิต ต้นทุนพลังงานต่อยอดขาย เป็นต้น

ดาวัลย์ วิจารณ์เดช (2548) ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมเป็นการอนุรักษ์พลังงานเชิงบูรณาการ ประยุกต์มาจากหลักการของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ซึ่งเป็นวิธีการจัดการทางวิศวกรรมที่นำไปสู่การประหยัดพลังงานและลดต้นทุน ด้วยการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งาน (Function Analysis) เพื่อค้นหาและขจัดความสูญเปล่าที่เกิดจาก 5 M's ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการมองข้ามของ “คน” หรือ “ผู้ปฏิบัติงาน” การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมจึงมุ่งเน้นที่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมมนุษย์แทนที่จะเปลี่ยนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามแนวทางแบบดั้งเดิมดังนี้ “สำนักสาธารณะ” และการมีส่วนร่วมของทุกคนในองค์กร เป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จ

ศักดา พรหมดีบ (2548) ศึกษาการปรับปรุงการบริหารงานด้านพลังงาน สามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานและลดค่าใช้จ่ายด้านกระแสไฟฟ้าได้จริง โดยบางวิธีบริษัทไม่ต้องการลงทุนใดๆ เมื่อปฏิบัติและดำเนินงานแล้วพบว่า มีผลดีต่อทางบริษัท ซึ่งช่วยในการลดต้นทุนการผลิตและเป็นผลดีต่อการประหยัดพลังงานโดยรวมของประเทศ ที่ช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าตามนโยบายของรัฐบาล พร้อมกับช่วยลดปัญหาในด้านการใช้พลังงานในระดับนานาชาติอีกทางหนึ่ง

ศิริพรรณ ธงชัยและพิชัย อัมภมมงคล (2548) ทำการวิจัยเรื่องเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดต่างๆ ผลจากการดำเนินการพบว่า การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานอุตสาหกรรม จะต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจ อย่างจริงจังของพนักงาน โดยจะต้องมีการฝึกอบรมเพื่อสร้างจิตสำนึก ในการใช้พลังงาน อย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการให้ความรู้ทางด้านเทคนิค อย่างเหมาะสมตามประเภทของอุตสาหกรรม และจากผลการดำเนินการกับอุตสาหกรรมตัวอย่างจำนวน 30 แห่ง ทำให้สามารถประหยัดเงินได้มากกว่า 25 ล้านบาทต่อปี

ศิริพรรณ ธงชัยและพิชัย อัมภมมงคล (2549) ทำการวิจัยเรื่องเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการ ซึ่งเป็นการบูรณาการ กิจกรรมด้านการจัดการควบคู่กับการอนุรักษ์พลังงาน เช่น ทีพีเอ็ม (TPM) ทีคิวเอ็ม (TQM) ไคเซ็น (Kaizen) คิวซี (QC) พีเอ็ม (PM) 5ส และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับพื้นฐานความรู้ และวัฒนธรรมองค์กรนั้น การดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการสามารถนำไปปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง จากการทดลองที่ได้จากการดำเนินการจริง พบว่าการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการ ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการอนุรักษ์พลังงานแบบยั่งยืนด้วย

สมิทธิ ชังสมบุญและโจเซฟ เคดารี (2550) ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอการผลิตพรม การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมเป็นวิธีการประหยัดพลังงานวิธีหนึ่ง ที่มุ่งเน้นการสร้างจิตสำนึกและการพัฒนาบุคคล สามารถช่วยให้ทราบถึงปัญหาที่ถูกมองข้ามที่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม เป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืนและเหมาะสมสำหรับประเทศไทยการศึกษาผลของการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในอุตสาหกรรมสิ่งทอการผลิตพรม กรณีศึกษา บริษัท คาร์เปท อินเตอร์เนชั่นแนลไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน) ได้เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในส่วนของไฟฟ้า ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง ธันวาคม พ.ศ.2548 พบว่า ดัชนีการใช้พลังงานรวม ลดลง 0.563 เมกกะจูล/ตารางเมตร และมีประสิทธิผลการดำเนินการ 4.18 เปอร์เซนต์ และจากการวิเคราะห์ศักยภาพของการอนุรักษ์พลังงานทางด้านการร่อนพบว่าให้เกิดการประหยัด 917,129 บาท/ปี ด้วยเงินลงทุน 34,436 บาท ระยะเวลาคุ้มทุน 0.2 ปี สำหรับนโยบายที่ต้องลงทุนสูงเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งในด้านไฟฟ้าและความร้อนซึ่งได้จัดทำ เป็นเป้าหมายและแผนดำเนินการในระยะเวลา 3 ปี สามารถประหยัดได้ 3,341,576 บาท/ปี เงินลงทุน 2,325,500 บาท ระยะเวลาคุ้มทุน 0.69 ปีจากการสัมภาษณ์ทีมอนุรักษ์พลังงานพบว่า ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมประกอบไปด้วย นโยบายการอนุรักษ์พลังงานและการสนับสนุนด้านการเงิน การทำกิจกรรมระดมสมอง การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารด้านอนุรักษ์พลังงาน และขวัญกำลังใจของพนักงานในองค์กร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของรัฐขนาดใหญ่โดยมุ่งเน้นด้านจัดการพลังงานในเรื่องการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศเป็นสำคัญ โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเสนอเป็นมาตรการในการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ ให้เกิดผลอย่างแท้จริง อีกทั้งให้บุคลากรในอาคารของรัฐมีความรู้ความเข้าใจ มีจิตสำนึกและมีขวัญกำลังใจในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาคารตัวอย่าง
- 3.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix : EMM)
- 3.3 กำหนดเป้าหมายและแผนการจัดการพลังงาน
- 3.4 เก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและปรับอากาศในอาคาร

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับอาคารตัวอย่าง

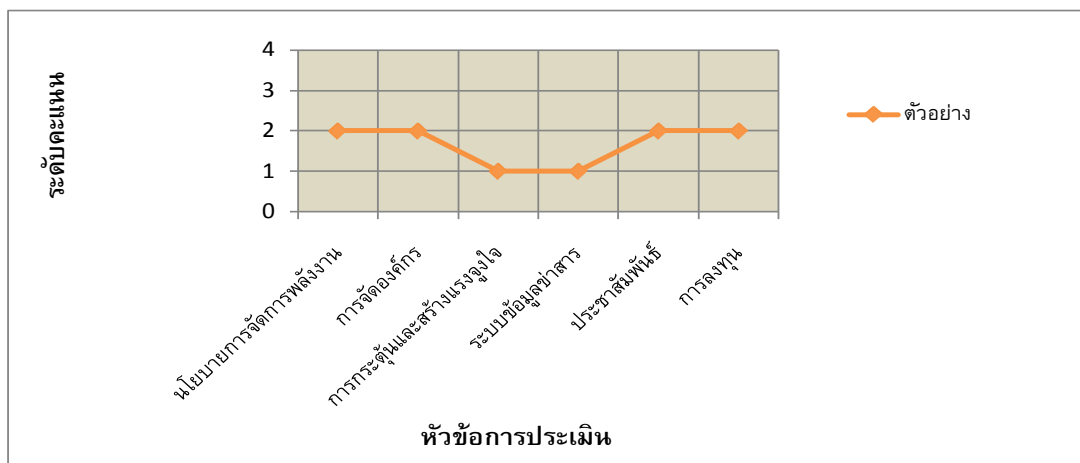
ข้อมูลเบื้องต้นของการสำรวจ

- | | |
|---------------------|---|
| 1. ที่ตั้ง | ถ.รัตนธิเบศร์ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 |
| 2. ลักษณะอาคาร | อาคารสำนักงาน 9 ชั้น มีชั้นดาดฟ้าและมีชั้นใต้ดิน 1 ชั้น |
| 3. ลักษณะการใช้งาน | อาคารสำนักงาน |
| 4. เวลาทำการ | 12 ชั่วโมงต่อวัน, 300 วันต่อปี |
| 5. พื้นที่ใช้สอยรวม | 19,635.36 ตร.ม. |
| 6. พื้นที่ปรับอากาศ | 7,201.07 ตร.ม. |

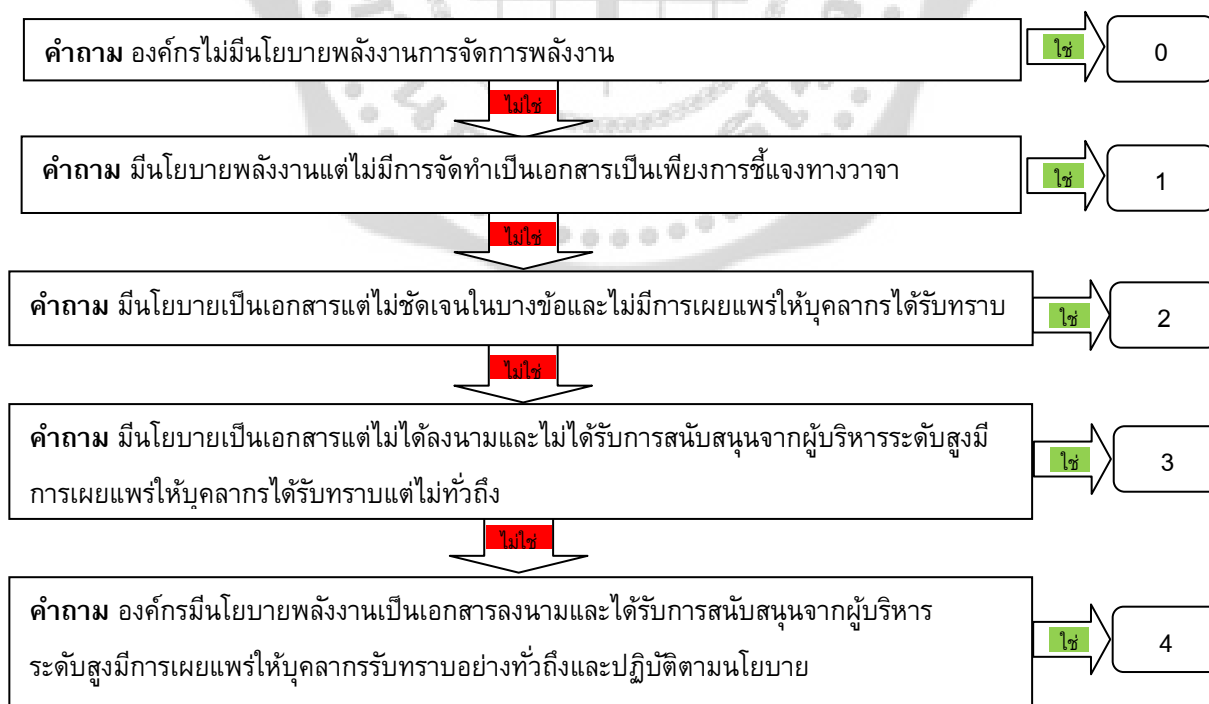
3.2 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management Matrix: EMM)

ดำเนินการโดยใช้ตารางประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix : EMM) จากการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องทั้งในระดับบริหารและระดับปฏิบัติการ องค์ประกอบในการจัดการพลังงานประกอบไปด้วย 6 ด้าน ได้แก่ นโยบายการจัดการพลังงาน การจัดองค์กร การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ ระบบข้อมูลข่าวสาร ประชาสัมพันธ์ และการลงทุน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: 2552) แต่ละด้านมี 5 ระดับคะแนน ได้แก่ 0 1 2 3 และ 4 ดังแสดงในภาพประกอบ 16 การนำตารางประเมินการจัดการด้านพลังงานมาใช้ในการวิจัยนี้

มีผู้เกี่ยวข้องให้ความเห็นตามทัศนคติและความเข้าใจ และนำมาหาค่าเฉลี่ย เมื่อได้คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินจากคำถามในทุกองค์ประกอบแล้วทำการลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดตามคะแนนที่ได้ และทำการเปรียบเทียบรูปร่างของลักษณะเส้นที่ได้จากการประเมินกับลักษณะรูปร่างของเส้นแบบต่างๆ ในตาราง 14 เพื่อแปลความหมาย และนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานของอาคารตัวอย่าง



ภาพประกอบ 15 ผลการประเมินการจัดการด้านพลังงานของอาคาร



ภาพประกอบ 16 วิธีการและขั้นตอนการประเมินให้คะแนน
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552)

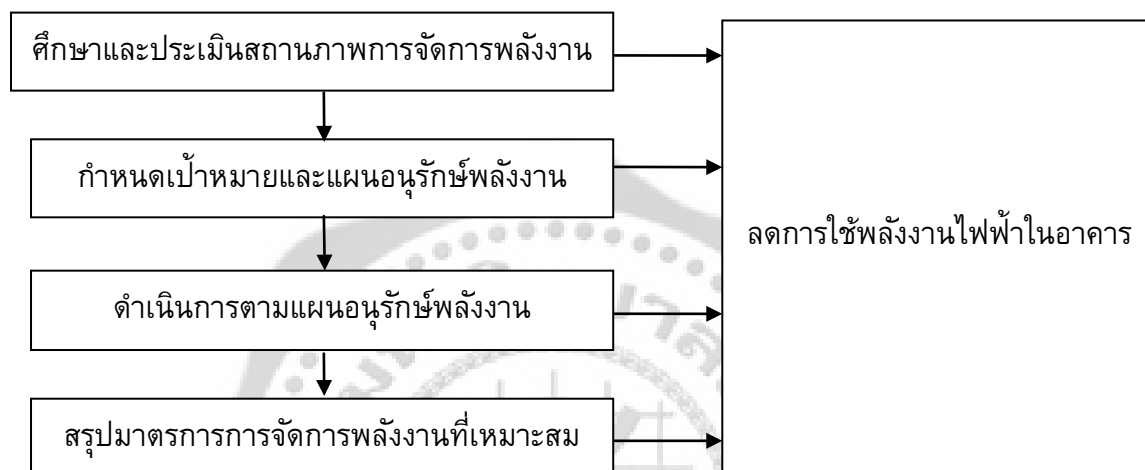
ตาราง 14 ลักษณะเส้นแบบต่าง ๆ และการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552)

ลักษณะเส้น		รายละเอียด	การวิเคราะห์
1. High Balance		ทุกประเด็นมีคะแนนมากกว่า 3	ระบบการจัดการดีมาก เป้าหมายคือรักษาให้ยั่งยืน
2. Low Balance		ทุกประเด็นคะแนนน้อยกว่า 3	ต้องมีการพัฒนาในทุกประเด็นอย่างเร่งด่วน
3.U-Shaped		2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่นๆ	ความคาดหวังสูง คือ มีนโยบายและการจัดสรรเงินลงทุนที่ดี แต่ต้องพัฒนาในด้านอื่นๆ เช่น การกระตุ้นและการสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงาน การจัดทำระบบข้อมูลข่าวสาร ด้านพลังงาน เป็นต้น
4. N-Shaped		2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่นๆ	การสร้างแรงจูงใจ และการจัดทำระบบข้อมูลข่าวสารที่ดี ไม่ช่วยทำให้การจัดการพลังงานประสบความสำเร็จเพราะไม่มีการกำหนดนโยบายที่ดี และไม่มีการสนับสนุนเงินลงทุนหรือสนับสนุนเงินลงทุนน้อยมาก
5. Trough		1 ประเด็นมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่น	ประเด็นที่ล้าหลัง เช่น การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจหรือระบบข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น อาจทำให้ระบบการจัดการพลังงานไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร
6. Peak		1 ประเด็นมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่น	ความสำเร็จในประเด็นที่คะแนนสูงสุด เช่น การกระตุ้นและการสร้างแรงจูงใจ หรือระบบข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น อาจเป็นการสูญเปล่าเพราะประเด็นอื่นๆ ยังล้าหลังมาก ทำให้ระบบไม่ก้าวหน้า โดยเฉพาะในด้านนโยบายและการลงทุน
7. Unbalanced		มี 2 ประเด็นหรือมากกว่าที่มีคะแนนสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย	ต้องรีบพัฒนาประเด็นที่มีคะแนนต่ำให้สูงขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยโดยเร็ว (ควรมีการปรับปรุง)

3.3 กำหนดเป้าหมายและแผนการจัดการพลังงาน

3.3.1 กำหนดเป้าหมายในการประเมิน

เริ่มจากการศึกษาการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและปรับอากาศของอาคารตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลการใช้พลังงานก่อนดำเนินการประหยัดพลังงานมาเปรียบเทียบกับหลังดำเนินการ



ภาพประกอบ 17 เป้าหมายในการประเมิน

3.3.2 แผนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการดำเนินการวิจัยการประหยัดพลังงานในอาคารตัวอย่างดังนี้



ภาพประกอบ 18 แผนการดำเนินงานวิจัยการประหยัดพลังงานในอาคารที่ศึกษา

3.4 เก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส มีหน่วยเป็นวัตต์(W), แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์(V), กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์(A) และตัวประกอบกำลัง(PF)



ภาพประกอบ 19 เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส

- เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)



ภาพประกอบ 20 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)

3.4.2 การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร

1. ขั้นตอนและเทคนิควิธีการวัดค่าความส่องสว่างระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1. ตีตารางกำหนดพื้นที่ในห้องหรือบริเวณที่ต้องการวัดความส่องสว่าง ทุกๆ 1 ตารางเมตร หรือถ้าพื้นที่ใหญ่มาก อาจกำหนดเป็นทุกๆ 2 หรือ 5 ตารางเมตรก็ได้ ซึ่งถ้ากำหนดจุดวัดมากเท่าใด ความละเอียดก็จะสูงขึ้นตามด้วย ควรกำหนดจุดวัดอยู่ตำแหน่งกลางของพื้นที่ด้วย

2. จะวัดค่าความส่องสว่างแนวระนาบหรือแนวนอนขนานไปกับพื้น และหงายเซนเซอร์รับแสงขึ้นด้านบน (เนื่องจากการตรวจสอบแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ทำงาน) และตั้งเครื่องวัดอยู่ระดับพื้นที่ทำงานในห้องนั้น เช่น ถ้าทำงานบนโต๊ะ (ความสูงโต๊ะมาตรฐาน 0.85 ม.) ก็ตั้งเครื่องวัดระดับโต๊ะทำงาน และควรระวังเรื่องเงาของผู้ทำการวัด เนื่องจากบางครั้งอาจบังเงาแหล่งกำเนิดแสงที่เข้าสู่เซนเซอร์รับแสง

3. จัดทำตารางบันทึกค่าความส่องสว่างทุกตำแหน่งต่าง ๆ ดังที่ได้กำหนดจุดวัดในพื้นที่ไว้

4. ให้เซลล์รับแสงรับแสงจนค่าแน่นอนทุกครั้ง จึงอ่านค่ามิเตอร์และบันทึกผล

5. ต้องวัดแสงในขณะที่ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในลักษณะการทำงานจริงๆ

6. บันทึกผลการตรวจวัดค่าความส่องสว่างและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

2. มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

เนื่องจากการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตัวอย่าง มีการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมนเป็นหลัก จึงเลือกดำเนินการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในห้องสำนักงานของแต่ละชั้น ทั้งหมด 9 ชั้น หากดำเนินการเปลี่ยนด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูงที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 3,250 ลูเมน แทนรุ่นธรรมดา(36 วัตต์) ที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 2,650 ลูเมน จะให้ความสว่างมากกว่าถึง 25% และรวมถึงสามารถพิจารณากำหนดมาตรการลดจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในพื้นที่ทำงาน โดยมีค่าความส่องสว่างไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก

3. มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

การสำรวจอาคารตัวอย่างพบว่า ก่อนดำเนินการปรับปรุง ในแต่ละโคมไฟมีหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา (36 วัตต์) 3 หลอด/โคม หากเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง (36 วัตต์) สามารถลดจำนวนหลอดไฟลงเหลือ 2 หลอด/โคม ซึ่งการใช้มาตรการดังกล่าวจะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้อย่างน้อย 33% ในช่วงระยะเวลาใช้งานที่เท่าเดิม

3.4.3 การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในอาคาร

1. ขั้นตอนและวิธีการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

ในการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ จำเป็นที่จะต้องมีการเก็บและบันทึกข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานโดยใช้เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งต้องนำสายคล้องวัดกระแสไฟฟ้าและสายหนีบวัดแรงดันไฟฟ้าที่เบรกเกอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นในตู้ MDB (ต้องปิดเมนเบรกเกอร์ก่อนทำการคล้องวัดกระแสไฟฟ้าและหนีบวัดแรงดันไฟฟ้าทุกครั้ง) แสดงดังภาพประกอบ 21 และภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 21 เบรกเกอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น



ภาพประกอบ 22 ลักษณะการคล้องสายวัดและติดสายหนีบ

เมื่อทำการคล้องวัดกระแสไฟฟ้าและหนีบวัดแรงดันไฟฟ้าที่เบรกเกอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นเสร็จแล้วจึงนำสายอีกด้านหนึ่งมาเสียบกับเครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส และทำการตั้งค่าบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องทำน้ำเย็น จะได้ข้อมูลที่ต้องการ ดังภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 23 การเสียบสายวัดค่าเข้าเครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส

ตั้งเครื่องไว้ ให้เครื่องบันทึกข้อมูลตามจำนวนวันที่ต้องการ แล้วมาเก็บข้อมูลในภายหลัง
ดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 เครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟสขณะทำการบันทึกค่าพลังงาน

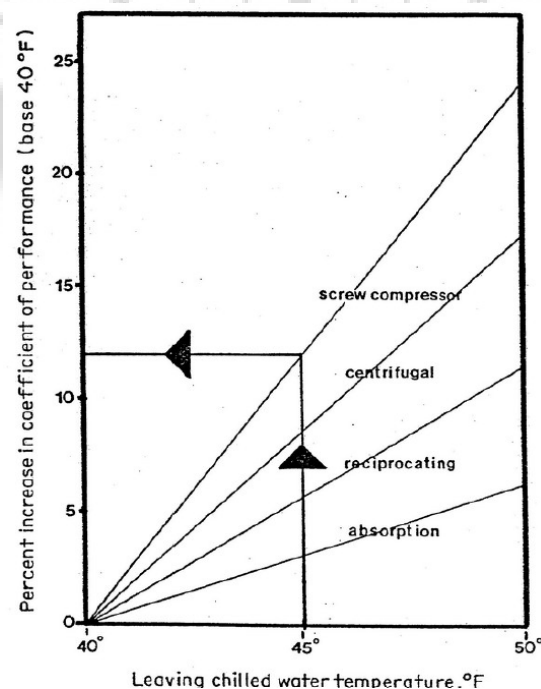
ทำการเก็บข้อมูลจากเครื่องบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟสโดยการต่อสาย USB จากเครื่องเข้ากับคอมพิวเตอร์แล้วแปลงข้อมูลต่างๆให้อยู่ใน Excel แล้วก็นำข้อมูลต่างๆที่ต้องการมาวิเคราะห์ขั้นตอนนี้นำโปรแกรม Microsoft Excel ดังภาพประกอบ 25

bank tuavithai 6-5-52.xlsx - Microsoft Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
8/5/2009	12.22.20	0	0	270.80774	270.80774			285.49356	1							
8/5/2009	13.33.31	0	0	256.48366	256.48366			265.79736	2							
8/5/2009	13.33.32	0	0	256.79736	256.79736			265.79736	2							
8/5/2009	13.33.33	0	0	256.79736	256.79736			265.79736	2							
8/5/2009	13.33.34	0	0	258.17277	258.17277			268.17277	4							
8/5/2009	13.33.35	0	0	273.88392	273.88392			273.88392	5							
8/5/2009	13.33.36	0	0	365.70352	365.70352			365.70352	6							
8/5/2009	13.33.37	1169.1323	1095.3513	626.52267	2892.4063			2892.4063	7							
8/5/2009	13.33.38	2011.0804	1699.205	1236.764	4946.0404			4946.0404	8							
8/5/2009	13.33.39	2804.0127	2325.1179	2062.0107	7192.1414			7192.1414	9							
8/5/2009	13.33.40	3557.1716	3047.0781	2759.7549	9404.0046			9404.0046	10							
8/5/2009	13.33.41	1447.7554	1291.3965	862.79204	3586.8651			3586.8651	11							
8/5/2009	13.33.42	1147.298	1070.8202	642.2215	2860.3397			2860.3397	12							
8/5/2009	13.33.43	1143.5662	1070.7372	645.91027	2860.1747			2860.1747	13							
8/5/2009	13.33.44	1141.2657	1069.9939	640.19159	2862.4522			2862.4522	14							
8/5/2009	13.33.45	1209.4011	1115.36	891.18774	3516.9669			3516.9669	15							
8/5/2009	13.33.46	1245.2954	1143.4991	995.89573	3075.6922			3075.6922	16							
8/5/2009	13.33.47	1421.684	1279.7365	115.01426	3516.7378			3516.7378	17							
8/5/2009	13.33.48	1345.1111	1203.0867	811.43598	3381.2407			3381.2407	18							
8/5/2009	13.33.49	1343.8889	1212.1737	810.14689	3366.2083			3366.2083	19							
8/5/2009	13.33.50	1421.1094	1278.8463	844.29775	3544.2484			3544.2484	20							
8/5/2009	13.33.51	1405.8104	1269.4247	813.47943	3488.7145			3488.7145	21							
8/5/2009	13.33.52	1538.8316	1319.7136	928.22906	3808.6743			3808.6743	22							
8/5/2009	13.33.53	1411.2072	1250.4291	836.22144	3487.6577			3487.6577	23							
8/5/2009	13.33.54	1457.6978	1288.6349	869.0636	3515.3962			3515.3962	24							
8/5/2009	13.33.55	1477.6031	1322.0889	895.74634	3665.2372			3665.2372	25							
8/5/2009	13.33.56	1572.365	1375.1489	938.00886	3886.4187			3886.4187	26							
8/5/2009	13.33.57	962.8371	857.79279	517.41555	2448.0464			2448.0464	27							
8/5/2009	13.33.58	0	0	310.13089	310.13089			310.13089	28							
8/5/2009	13.33.59	0	0	308.88189	308.88189			308.88189	29							
8/5/2009	13.34.00	0	0	310.89502	310.89502			310.89502	30							
8/5/2009	13.34.01	0	0	310.3504	310.3504			310.3504	31							
8/5/2009	13.34.02	0	0	265.11401	265.11401			265.11401	32							
8/5/2009	13.34.03	0	0	267.07794	267.07794			267.07794	33							
8/5/2009	13.34.04	0	0	272.24356	272.24356			272.24356	34							
8/5/2009	13.34.05	0	0	268.81276	268.81276			268.81276	35							
8/5/2009	13.34.06	0	0	363.88396	363.88396			363.88396	36							

ภาพประกอบ 25 ข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการนำมาวิเคราะห์

2. มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นทำให้ความดันของด้าน Evaporator มีค่าสูงขึ้นซึ่ง Compressor จะใช้พลังงานลดลง ทำให้ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นจากเดิม 45 'F เป็น 48 'F, 50 'F, 52 'F ตามลำดับ



ภาพประกอบ 26 เปอร์เซนต์ที่เพิ่มขึ้นของค่า COP จาก Energy Conservation Standard (1978)

3. มาตรการปรับลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก

1. เวลาเดิมในการเปิด-ปิด เครื่องทำน้ำเย็นหลัก

วันจันทร์ – วันศุกร์ 08.00 น. – 16.00 น. เปิด เครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน

2. ปรับลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของ Chiller หลัก 2 ชั่วโมง

วันจันทร์ – วันศุกร์ 08.00 น. – 14.00 น. เปิด เครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน 14.00 น. – 16.00 น. เปิด เครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน ทดแทน

4. มาตรการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง คือ โปรแกรม Microsoft Excel ที่ผู้วิจัยได้สร้างสูตรขึ้นมาคำนวณข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้โครงสร้างทางการเงินตามแบบจำลองเหตุการณ์การลงทุนติดตั้งเครื่องใหม่ จะช่วยให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการลงทุนในโครงการ โดยวิเคราะห์จากอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (Internal Rate of Return : IRR)

5. มาตรการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive : VSD)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็น คือ โปรแกรม Microsoft Excel ที่ผู้วิจัยได้สร้างสูตรขึ้นมาคำนวณข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้โครงสร้างทางการเงินตามแบบจำลองเหตุการณ์การลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็น จะช่วยให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของการลงทุนในโครงการ โดยวิเคราะห์จากอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (Internal Rate of Return : IRR)

3.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและปรับอากาศในอาคาร

3.5.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จัดดำเนินการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าตามมาตรการระบบไฟฟ้าแสงสว่างข้อ 2 และ 3 จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุง

3.5.2 ระบบปรับอากาศ จัดดำเนินการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าตามมาตรการระบบปรับอากาศข้อ 2, 3 และ 4 จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาด้านการจัดการพลังงานในเรื่องการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศเป็นสำคัญ โดยเป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารของรัฐขนาดใหญ่ จัดดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้าตามมาตรการที่วางแผนไว้แล้วเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุง อีกทั้งให้บุคลากรในอาคารมีความรู้ความเข้าใจ มีจิตสำนึกเพื่อให้เกิดผลในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

4.1 การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น (Energy Management

Matrix: EMM)

จากผลการประเมินจากผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานจำนวน 28 คน ได้คะแนนเฉลี่ยของลักษณะเส้นกราฟดังภาพประกอบ 27 จะเห็นว่า ทิศนคติของบุคลากรที่มีมุมมองต่อองค์กรมีลักษณะเส้นกราฟเป็นแบบ N-Shaped (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552.) สามารถวิเคราะห์ในเบื้องต้นได้ว่า การกระตุ้นสร้างแรงจูงใจ และการจัดทำระบบข้อมูลข่าวสารที่ดี ไม่ช่วยทำให้การจัดการพลังงานประสบผลสำเร็จเพราะไม่มีการกำหนดนโยบายการจัดการพลังงานที่ดี และไม่มีการสนับสนุนเงินลงทุนหรือสนับสนุนเงินลงทุนน้อยมาก ถึงแม้จะมีการประชาสัมพันธ์ให้บุคลากรในอาคารได้รับทราบคุณค่าของการประหยัดพลังงาน



ภาพประกอบ 27 ผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินการจัดการด้านพลังงานอาคารตัวอย่าง

ภาพประกอบ 27 ผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินการจัดการด้านพลังงานเบื้องต้นขององค์กร สามารถวิเคราะห์เชิงลึกเพิ่มเติมได้ดังนี้

- ด้านนโยบายพลังงาน พบว่าผู้บริหารสนใจด้านการอนุรักษ์พลังงาน แต่ยังไม่มีการกำหนดรูปแบบและนโยบาย วิธีการดำเนินการ ซึ่งอาจศึกษาจากอาคารที่ประสบความสำเร็จด้านการจัดการพลังงาน

- ด้านการจัดองค์กร พบว่ามีผู้รับผิดชอบด้านการจัดการพลังงานรายงานเรื่องนี้ต่อคณะทำงานแต่ยังไม่ได้มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบให้หัวหน้าฝ่ายต่างๆ หรืออาจจะยังไม่ชัดเจน

- ด้านการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ พบว่ามีคณะทำงานอนุรักษ์พลังงานดูแลประสานงานกับบุคลากรผู้ใช้พลังงานบ้างแล้ว

- ด้านข้อมูลข่าวสาร พบว่ามีการแจ้งผลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากมิเตอร์ย่อยแต่ไม่มีการแจ้งผลของการประหยัดให้แต่ละฝ่ายทราบ

- ด้านการประชาสัมพันธ์ พบว่าผู้ปฏิบัติงานรับทราบถึงโครงการอนุรักษ์พลังงานของอาคารตัวเอง การประชาสัมพันธ์โครงการนี้เป็นเรื่องสำคัญมาก จะทำให้เกิดวัฒนธรรมที่ดีและมีความร่วมมือจากบุคลากรทุกฝ่ายในองค์กรได้

- ด้านการลงทุน พบว่าผู้บริหารต้องการลงทุนเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำหรือลงทุนกับมาตรการที่ระยะเวลาคืนทุนเร็ว

4.2 การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร

4.2.1 มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

จากการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตัวอย่าง มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมนเป็นหลัก จึงทำการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา ดังนี้

- กรณีที่ 1 ผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน (ก่อนปรับปรุง) จำนวน 3 หลอด/โคม โดยเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน มีจำนวนโคม 16 โคม รวมทั้งสิ้น 48 หลอด
- กรณีที่ 2 ผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน จำนวน 2 หลอด/โคม โดยเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน มีจำนวนโคม 16 โคม รวมทั้งสิ้น 32 หลอด
- กรณีที่ 3 ผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน จำนวน 2 หลอด/โคม โดยเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน 1 หลอด และเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน 1 หลอด มีจำนวนโคม 16 โคม รวมทั้งสิ้น 32 หลอด
- กรณีที่ 4 ผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน จำนวน 2 หลอด/โคม โดยเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน 2 หลอด มีจำนวนโคม 16 โคม รวมทั้งสิ้น 32 หลอด

ตาราง 15 เปรียบเทียบผลการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงานในห้องสำนักงาน ทั้ง 4 กรณีศึกษา

ห้องสำนักงาน	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ค่าความส่องสว่างต่ำสุด E_{min} (ลักซ์)	344	186	234	313
ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย E_{avg} (ลักซ์)	724	469	557	631
ความสม่ำเสมอของ ความส่องสว่าง (U)	0.48	0.40	0.42	0.50

ตาราง 15 (ต่อ)

ห้องสำนักงาน	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
จำนวนหลอด	48	32	32	32
ขนาด(วัตต์)	36	36	36	36
ชั่วโมง/วัน	12	12	12	12
วัน/ปี	300	300	300	300
พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	7,949	5,299	5,299	5,299

จากตาราง 15 จะเห็นว่า ในกรณีที่ 1 (ก่อนปรับปรุง) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน จำนวน 3 หลอด/โคม มีความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) 724 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) 0.48 แต่มีจำนวนหลอดไฟ 48 หลอด ทำให้ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 7,949 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ในกรณีที่ 2 เมื่อลดจำนวนหลอดต่อโคมเหลือ 2 หลอด/โคม เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน แต่ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) ลดลงเหลือ 469 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) 0.40 จำนวนหลอดไฟ 32 หลอด จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 5,299 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ในกรณีที่ 3 เมื่อลดจำนวนหลอดต่อโคมเหลือ 2 หลอด/โคม เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน และเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) 557 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) 0.42 จำนวนหลอดไฟ 32 หลอด จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 5,299 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ในกรณีที่ 4 เมื่อลดจำนวนหลอดต่อโคมเหลือ 2 หลอด/โคม โดยเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน ได้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) 631 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) 0.50 จำนวนหลอดไฟ 32 หลอด จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 5,299 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

สรุปผลเปรียบเทียบผลการวัดค่าความส่องสว่างเฉลี่ย

จากตาราง 15 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ 1, 2, 3 กับกรณีที่ 4 พบว่า เมื่อดำเนินการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นรุ่นประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงจากเดิม 2,650 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี อีกทั้งมีการลดจำนวนหลอดลงจาก 3 หลอด/โคม เหลือ 2 หลอด/โคม และมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) 631 ลักซ์ อยู่ในค่ามาตรฐานของพื้นที่ทำงานสำนักงาน (500-750 ลักซ์) ทำให้กรณีที่ 4 ประหยัดค่าไฟฟ้าได้และมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) ตามเกณฑ์มาตรฐาน รวมถึงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) มากกว่าก่อนดำเนินการปรับปรุง

4.2.2 มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

อาคารตัวอย่างที่นำมากำหนดมาตรการ มีการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดรุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 3 หลอด/โคม หลังจากที่ได้ดำเนินการมาตรการปรับปรุงเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน และลดจำนวนหลอดลงเหลือ 2 หลอด/โคม ดังกรณีที่ 4 ในหัวข้อ 4.2.1 ทำให้ลดการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ลงได้ จำนวน 1,024 หลอด โดยลงทุนติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูงใหม่ทั้งหมด 2,048 หลอด

ตาราง 16 มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

ชั้น	จำนวนหลอดเดิม (หลอด)	จำนวนหลอดที่ ถอดออก(หลอด)	จำนวนหลอดหลังจาก การถอด(หลอด)	พลังงานไฟฟ้าที่ ประหยัดได้ (KWh/year)
1	318	106	212	17,554
2	552	184	368	30,470
3	288	96	192	15,898
4	315	105	210	17,388
5	228	76	152	12,586
6	435	145	290	24,012
7	186	62	124	10,267
8	438	146	292	24,178
9	312	104	208	17,222
รวม	3,072	1,024	2,048	169,574

จากตาราง 16 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการลดหลอดไฟฟ้าในอาคารตัวอย่าง จำนวนหลอดที่ ถอดออกทั้งหมด 1,024 หลอด สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียได้ 169,574 กิโลวัตต์ ชั่วโมง/ปี และเมื่อคิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ปีหลังสุด หน่วยละ 3.75 บาท (อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ การไฟฟ้านครหลวง. 2555.) จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานได้ถึง 52,992 บาท/เดือน ดังแสดงในตาราง 17

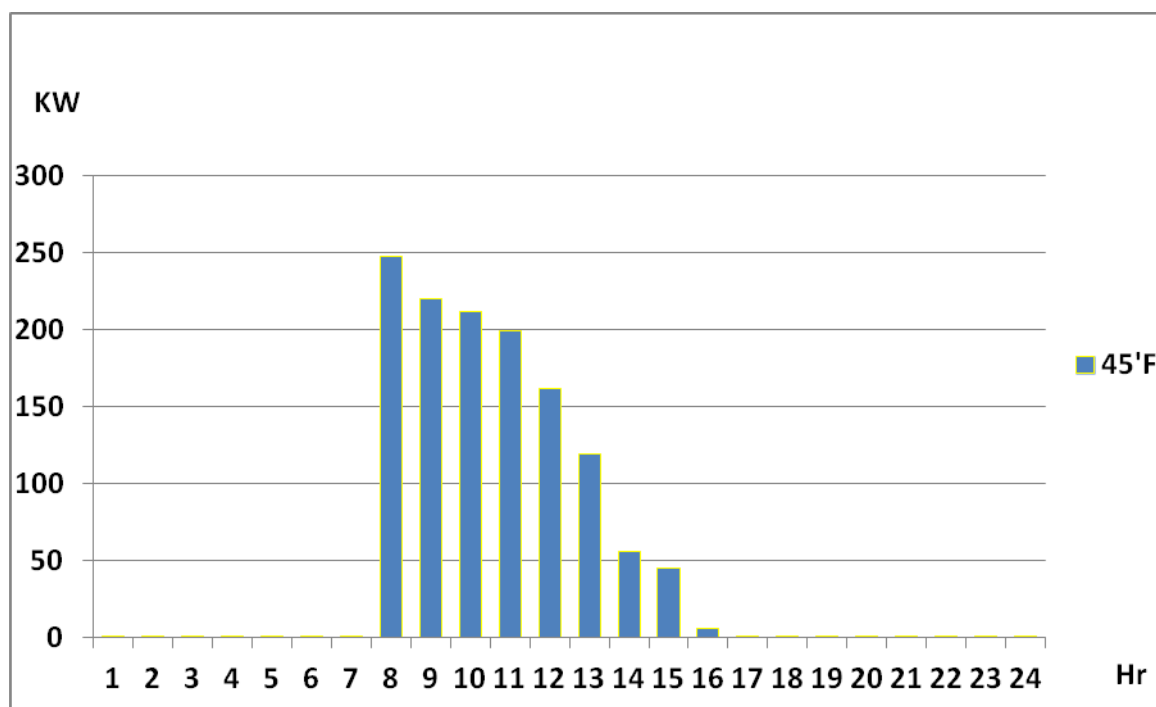
ตาราง 17 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานหลังใช้มาตรการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง ที่ไม่จำเป็น

รายการคำนวณ	ผลการคำนวณ
กำลังไฟฟ้า	$[1,024(\text{หลอด}) \times 46 \text{ (W/หลอด)}] / 1,000$ 47.104 กิโลวัตต์
ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ประหยัดได้	$47.104(\text{กิโลวัตต์}) \times 12(\text{ชั่วโมง/วัน}) \times 300 (\text{วัน/ปี})$ 169,574 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
จำนวนเงิน ที่ประหยัดได้	$169,574(\text{กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี}) \times 3.75 \text{ (บาท/KWh) โดยเฉลี่ย}$ 635,902 บาท/ปี 52,992 บาท/เดือน
การลงทุน ค่าอุปกรณ์	หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน $[2,048(\text{หลอด}) \times 70(\text{บาท/หลอด})] = 143,360 \text{ บาท}$ (บริษัท ไทยโตชิบาไลท์ติ้ง จำกัด. 2556.)
ค่าแรง รวมลงทุนทั้งสิ้น	ไม่มีค่าแรงเนื่องจากอาคารดำเนินการเปลี่ยนแปลง 143,360 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	$143,360 / 635,902$ 0.23 ปี
ลดการปลดปล่อย CO ₂ เทียบเท่า	$169,574 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี} \times 0.542 \text{ kg CO}_2\text{e/กิโลวัตต์ชั่วโมง}$ (RenSMART. 2551.) 91.91 ton CO ₂ e/ปี

จากข้อมูลข้างต้นดังแสดงในตาราง 17 อาคารตัวอย่างทำการวันจันทร์ – เสาร์ ในเวลาราชการและนอกเวลาราชการตั้งแต่ 8.00 - 20.00 น. คิดเป็นจำนวน 12 ชั่วโมง/วัน หักลบวันหยุดราชการและวันอาทิตย์แล้ว รวมทำการทั้งสิ้นเฉลี่ย 300 วัน/ปี และอาคารมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 469,622.83 บาท/เดือน ซึ่งถ้าใช้มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นลง จะประหยัดค่าไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่างลดลงไปประมาณ 11.28% /เดือน และลดการปลดปล่อย CO₂ เทียบเท่าได้ 91.91 ton CO₂e/ปี อีกทั้งยังคิดเทียบเท่าการลดการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล 4,166.44 แกลลอน(U.S.) (Energy Unit Conversion. 2557.)

4.3 การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในอาคาร

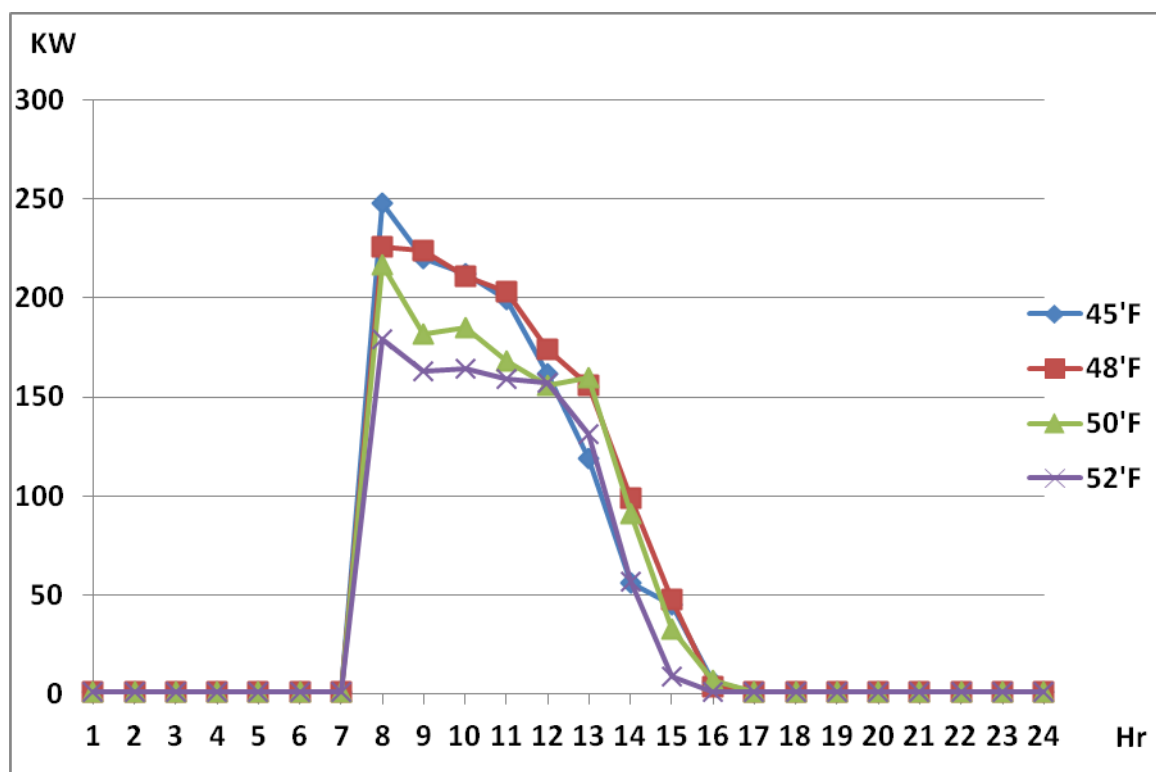
ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้น ณ เวลาการทำงานของบุคลากรในอาคารตัวอย่างช่วงเวลาเปิดทำการ 8.00 น. เนื่องจากเริ่มเปิดเครื่องทำน้ำเย็นในทุกๆ วัน ที่อุณหภูมิ 45°F และเมื่อทำการเปิดเครื่องทำน้ำเย็น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์เครื่องทำน้ำเย็นจะทำงานด้วยความเร็วรอบที่สูง ส่งผลให้เกิดการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงด้วย ซึ่งระบบปรับอากาศของอาคารตัวอย่างก่อนปรับปรุงได้ดำเนินการตั้งอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็นไว้ 45°F จะทำให้มีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ณ อุณหภูมินี้ (Peak Demand) เท่ากับ 248 กิโลวัตต์ ดังภาพประกอบ 28 ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าอาคารตัวอย่างมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับเปลี่ยนควบคุมลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ กล่าวคือ ผู้วิจัยดำเนินการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นเป็น 48°F, 50°F และ 52°F ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ลดลง



ภาพประกอบ 28 ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นของอาคารตัวอย่างก่อนปรับปรุง

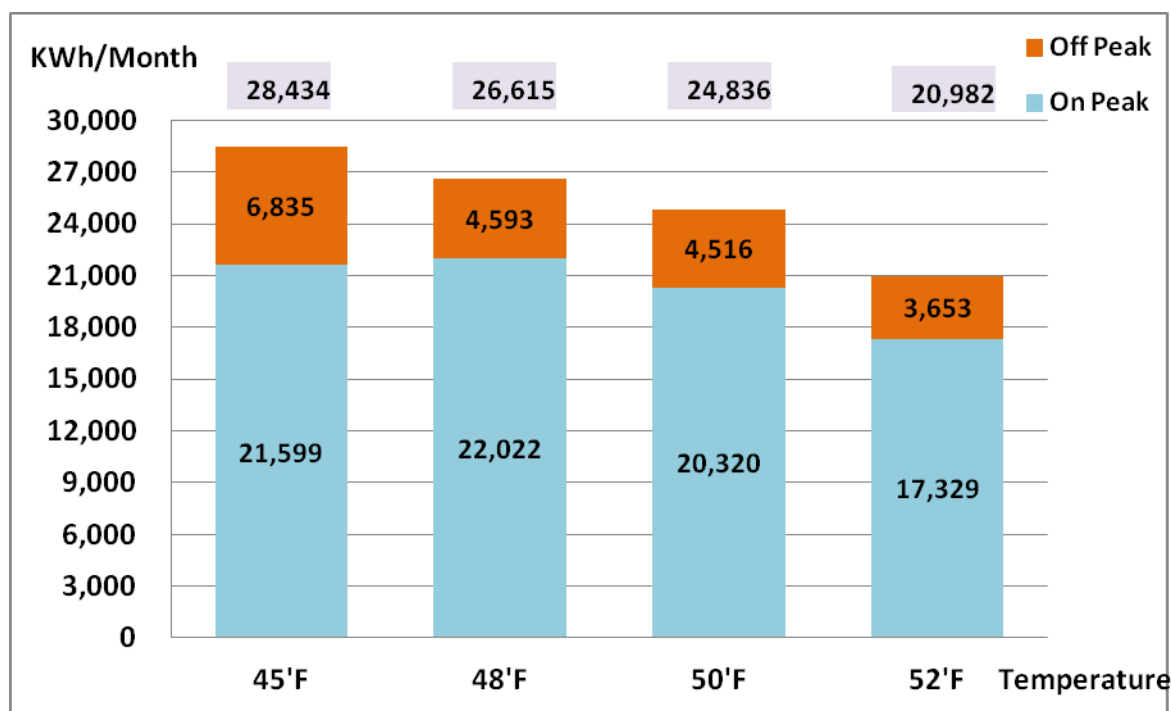
4.3.1 มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น

เนื่องจากโหลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามากเมื่อมีปริมาณภาระความเย็นสูง(Cooling Load) หรือตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นต่ำ ในทางกลับกันเมื่อมีการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้นหมายความว่า โหลดของคอมเพรสเซอร์ลดลง ทำให้อัตราการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนลดลง นอกจากนี้อัตราค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมีค่าค่อนข้างสูง เช่น อาคารตัวอย่างใช้อัตรา TOU ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak มีค่า 132.93 บาท/กิโลวัตต์ (การไฟฟ้านครหลวง. 2555) หมายความว่า ถ้าลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดลงทุกๆ 1 กิโลวัตต์ จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 132.93 บาท ซึ่งเป็นอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)



ภาพประกอบ 29 ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพประกอบ 29 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 45°F จะมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 248 กิโลวัตต์ ที่อุณหภูมิ 48°F จะมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 226 กิโลวัตต์ ที่อุณหภูมิ 50°F จะมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 217 กิโลวัตต์ และที่อุณหภูมิ 52°F จะมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 179 กิโลวัตต์ ซึ่งลดลงตามลำดับการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้น สอดคล้องกับหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์ซึ่งในวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิของด้าน Evaporator จะส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ลดต่ำลง อีกทั้งผลการทดลองยังพบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งวันจะแปรผันตามการตั้งอุณหภูมิการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นด้วย



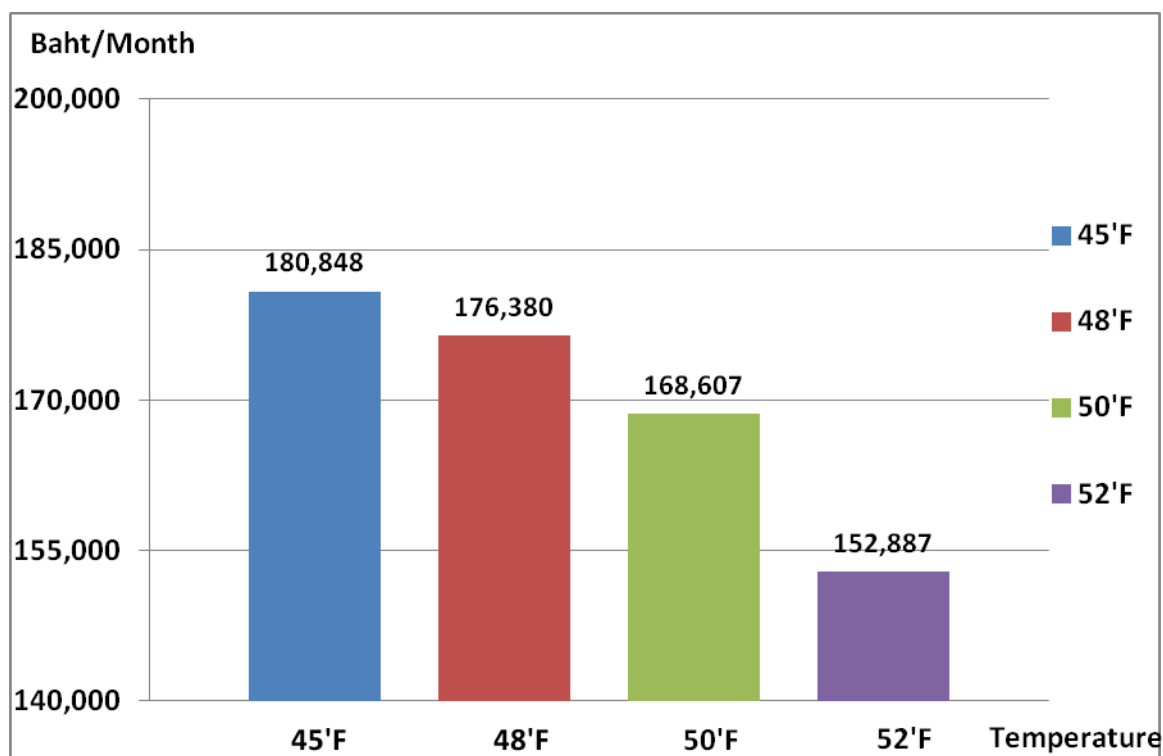
ภาพประกอบ 30 การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อเดือนที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพประกอบ 30 จะเห็นได้ว่า เมื่อปรับตั้งอุณหภูมิเท่ากับ 45°F จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 28,434 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน แยกเป็นช่วง On Peak 21,599 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือนและช่วง Off Peak 6,835 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน

หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 48°F จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 26,615 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน แยกเป็นช่วง On Peak 22,022 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน และช่วง Off Peak 4,593 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 1,819 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน หรือลดลงคิดเป็น 6%

หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°F จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 24,836 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน แยกเป็นช่วง On Peak 20,320 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน และช่วง Off Peak 4,516 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 3,598 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน หรือลดลงคิดเป็น 13%

หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 52°F จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 20,982 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน แยกเป็นช่วง On Peak 17,329 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน และช่วง Off Peak 3,653 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 7,452 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน หรือลดลงคิดเป็น 26%



ภาพประกอบ 31 ค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพประกอบ 31 จะเห็นได้ว่า เมื่อการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงตามการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น ทำให้จำนวนเงินค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่คิดจากอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Tariff) ของการไฟฟ้านครหลวง ลดลงเช่นเดียวกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อปรับตั้งอุณหภูมิเท่ากับ 45°F จะมีจำนวนค่าไฟฟ้า 180,848 บาทต่อเดือน

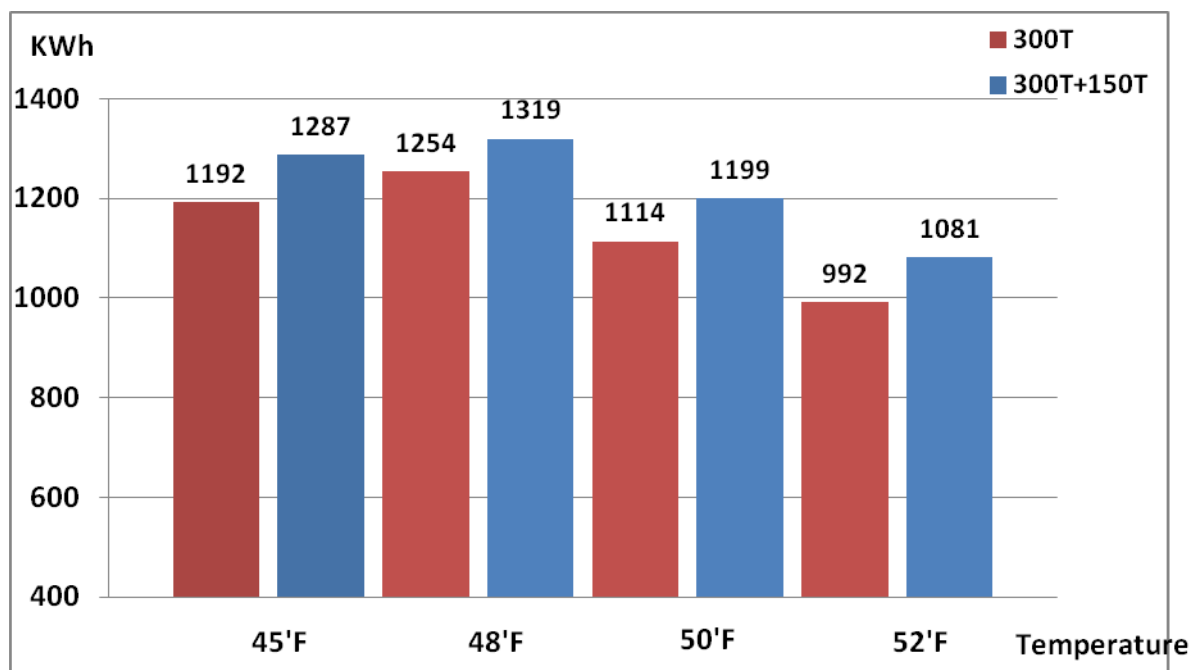
หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 48°F จะมีจำนวนค่าไฟฟ้า 176,380 บาทต่อเดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 4,468 บาทต่อเดือน หรือลดลงคิดเป็น 2.47%

หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°F จะมีจำนวนค่าไฟฟ้า 168,607 บาทต่อเดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 12,241 บาทต่อเดือน หรือลดลงคิดเป็น 6.77%

หลังทำการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 52°F จะมีจำนวนค่าไฟฟ้า 152,887 บาทต่อเดือน ซึ่งลดลงเทียบกับอุณหภูมิ 45°F จำนวน 27,961 บาทต่อเดือน หรือลดลงคิดเป็น 15.46%

4.3.2 มาตรการปรับลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก

ในมาตรการนี้ผู้วิจัยดำเนินการปรับลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก ขนาด 300 ตัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงดำเนินการปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลัก ณ เวลา 14.00 น. และอาคารตัวอย่างได้ดำเนินการเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน ขึ้นมาทดแทน เพื่อเป็นการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในอาคารตัวอย่าง



ภาพประกอบ 32 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาพประกอบ 32 จะเห็นได้ว่า ที่อุณหภูมิ 45°F เมื่อเปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,192 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเมื่อปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก เหลือ 6 ชั่วโมงรวมเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,287 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 95 กิโลวัตต์ชั่วโมง

โดยที่อุณหภูมิ 48°F เมื่อเปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,254 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเมื่อปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 ตัน เหลือ 6 ชั่วโมงรวมเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,319 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 65 กิโลวัตต์ชั่วโมง

โดยที่อุณหภูมิ 50°F เมื่อเปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,114 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเมื่อปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 ตัน เหลือ 6 ชั่วโมงรวมเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,199 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 85 กิโลวัตต์ชั่วโมง

โดยที่อุณหภูมิ 52°F เมื่อเปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 992 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเมื่อปรับลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 ตัน เหลือ 6 ชั่วโมงรวมเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 1,081 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 89 กิโลวัตต์ชั่วโมง

การเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน ขึ้นมาแทนนั้น ทางอาคารตัวอย่างได้ ปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นไว้ที่ 45°F และเมื่อทำการเปิดเครื่องทำน้ำเย็น มอเตอร์คอมเพรสเซอร์เครื่อง ทำน้ำเย็นจะทำงานด้วยความเร็วรอบที่สูง ส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงด้วย ค่าความ ต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตัน ก็เกิดขึ้น ณ เวลานี้ เช่นเดียวกับช่วงเวลา 8.00 น. ที่เปิดเครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน ถึงแม้ว่าจะเปิดเครื่อง ทำความเย็นสำรองที่มีขนาดเล็กลงครึ่งหนึ่งของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก แต่ผลการใช้พลังงานไฟฟ้าใน ระบบปรับอากาศของมาตรการนี้ ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ เนื่องจากการเดินเครื่องทำน้ำเย็น ขนาดเล็กมีประสิทธิภาพต่ำ ในขณะที่เริ่มเปิดเครื่องจนถึงภาวะเดินเครื่องคงที่ ไม่สามารถทำความเย็น ได้มีประสิทธิภาพ ทำให้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) เพิ่มขึ้น

4.3.3 มาตรการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 300 ตันในปัจจุบัน กับเครื่องทำน้ำ เย็นเครื่องรุ่นใหม่พบว่า เมื่อดำเนินการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงแทนเครื่องทำน้ำเย็น ปัจจุบันจะสามารถประหยัดพลังงานได้ จากการพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง ทำน้ำเย็นปัจจุบันและเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นที่ติดตั้งปัจจุบันกับเครื่องรุ่นใหม่

ขนาด(ตัน)	ประสิทธิภาพ เครื่องปัจจุบัน* (กิโลวัตต์/ตัน)	ประสิทธิภาพ เครื่องรุ่นใหม่* (กิโลวัตต์/ตัน)	ชั่วโมงการ ทำงาน (ชั่วโมง/ปี)	จำนวน (เครื่อง)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ ประหยัดได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
300	1.23	0.98	2,400	1	180,000

*หมายเหตุ: คุณสมบัติเครื่องทำน้ำเย็นและวิธีการคำนวณ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ตาราง ข13

เมื่อพิจารณาติดตั้งใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงจะพบว่า สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง} &= 180,000 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี} \\
 \text{คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้} &= 180,000 \times 3.75 \text{ (บาท/KWh) ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ปีหลังสุด} \\
 &= 675,000 \text{ บาท/ปี} \\
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= 3,650,000 / 675,000 \\
 &= 5.40 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงเพื่อการใช้งาน จะใช้ข้อมูลต่างๆ ในการคำนวณและเพื่อวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการประหยัดพลังงาน เช่น ข้อมูลเงินลงทุนค่าเครื่อง ค่าติดตั้งเครื่อง ข้อมูลเบื้องต้นค่าไฟฟ้า อัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา ข้อมูลด้านผลประหยัด ดังรายละเอียดในตาราง 20 และภาคผนวก ตาราง ข14

ตาราง 19 การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

ขนาด(ตัน)	จำนวน (เครื่อง)	ราคาเครื่องทำน้ำเย็น (บาท/เครื่อง)	ค่าติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น (บาท/เครื่อง)	รวมลงทุนทั้งสิ้น (บาท)
300	1	3,500,000	150,000	3,650,000

รวมลงทุนทั้งสิ้น	3,650,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	5.40 ปี
อัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน : IRR	8.67 %

ตาราง 20 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

รายละเอียด	หน่วยเงิน : บาท															
	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	ปีที่ 11	ปีที่ 12	ปีที่ 13	ปีที่ 14	ปีที่ 15
ราคาเครื่องทำน้ำเย็น	3,500,000															
ค่าติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น	150,000															
รวมเงินลงทุน	3,650,000															
ค่าไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำเย็น																
เครื่องเก่า		3,321,000	3,358,527	3,396,479	3,434,859	3,473,673	3,512,925	3,552,621	3,592,766	3,633,364	3,674,421	3,715,942	3,757,932	3,800,397	3,843,341	3,886,771
ค่าไฟฟ้าจากเครื่องทำน้ำเย็น																
เครื่องใหม่		2,646,000	2,675,900	2,706,137	2,736,717	2,767,642	2,798,916	2,830,544	2,862,529	2,894,876	2,927,588	2,960,669	2,994,125	3,027,959	3,062,174	3,096,777
ค่าเสื่อมราคาจากเครื่องทำ																
น้ำเย็นที่ติดตั้งใหม่		700,000	560,000	448,000	358,400	286,720	229,376	183,501	146,801	117,441	93,952					
รวมผลประโยชน์ต่อปี	- 25,000	122,628	242,341	339,742	419,311	484,633	538,577	583,436	621,048	652,881	755,273	763,807	772,438	781,167	789,994	
รวมผลประโยชน์ต่อปี คิด																
อัตราเงินเฟ้อด้านพลังงาน	- 25,000	124,957	246,946	346,197	427,278	493,841	548,810	594,522	632,848	665,286	769,623	778,320	787,115	796,009	805,004	
สรุปกระแสเงินสด	-3,650,000	- 25,000	124,957	246,946	346,197	427,278	493,841	548,810	594,522	632,848	665,286	769,623	778,320	787,115	796,009	805,004
IRR	8.67%															

ตาราง 20 จะเห็นได้ว่า อาคารตัวอย่างทำการเปิดเดินเครื่องทำน้ำเย็นตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. คิดเป็นจำนวน 8 ชั่วโมง/วัน รวมทำการทั้งสิ้นเฉลี่ย 300 วัน/ปี ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น ลดลงทุกปี 1.13% คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Double - Declining Balance และอัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า 1.9% ดังนั้นผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การลงทุนติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น ประสิทธิภาพสูงขนาด 300 ตัน อัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (IRR) หลังจากครบ 15 ปี มีค่า 8.67% มีความคุ้มค่าการลงทุนเนื่องจากใช้ระยะเวลาแค่ 5.40 ปีก็คืนทุน และยังอยู่ในระยะเวลาของโครงการ อีกทั้งจะมีกำไรเกิดขึ้นหลังจากนั้น

4.3.4 มาตรการวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive : VSD)

ในอาคารตัวอย่างมีการติดตั้งปั๊มน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศซึ่งเป็นแบบมอเตอร์ชนิดธรรมดาจำนวน 4 เครื่อง ถ้าดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ปั๊มน้ำสามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำได้จากเดิมซึ่งความเร็วรอบคงที่ ทำให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมตามความต้องการทำงานในแต่ละลักษณะ และยังทำการควบคุมแบบ Closed Loop Control เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพคงที่ตลอดเวลา เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลของมอเตอร์ชนิดธรรมดาในปัจจุบัน กับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำเพิ่มเข้าไปพบว่า จะสามารถประหยัดพลังงานได้ จากการพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ปัจจุบันและเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง ดังแสดงในตาราง 21

ตาราง 21 ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานหลังติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำ

รายการคำนวณ	ผลการคำนวณ
กำลังไฟฟ้า	ปั๊มน้ำเย็นแบบมอเตอร์ธรรมดาของอาคารตัวอย่าง 15 กิโลวัตต์ เมื่อติดตั้ง Variable Speed Drive สามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ 30 % (Danfoss VLT Drives. 2554.) ปั๊มน้ำเย็นติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ 10.5 กิโลวัตต์ ทั้งหมด 4 ตัว จะลดกำลังไฟฟ้าได้ 18 กิโลวัตต์
ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่ประหยัดได้	18 (กิโลวัตต์) x 8 (ชั่วโมง/วัน) x 300 (วัน/ปี) 43,200 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการคำนวณ	ผลการคำนวณ
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	43,200 (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี) x 3.75 (บาท/KWh) โดยเฉลี่ย 162,000 บาท/ปี
การลงทุน ค่าอุปกรณ์	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ(VSD) [4(ตัว) x 60,000(บาท/ตัว)] = 240,000 บาท (Danfoss VLT Drives. 2554.)
ค่าแรง	ค่าติดตั้งเหมาจ่าย 45,000 บาท
รวมลงทุนทั้งสิ้น	285,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	285,000 / 162,000 1.76 ปี

การลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ(VSD) จะใช้ข้อมูลต่างๆ ในการคำนวณและเพื่อวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการประหยัดพลังงาน เช่น ข้อมูลเงินลงทุนค่าเครื่อง ค่าติดตั้งเครื่อง ข้อมูลเบื้องต้นค่าไฟฟ้า อัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา ข้อมูลด้านผลประหยัด ดังรายละเอียดในตาราง 22 และภาคผนวก ตาราง ข1

ตาราง 22 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ

รายละเอียด	หน่วยเงิน : บาท															
	ปีที่ 0	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	ปีที่ 11	ปีที่ 12	ปีที่ 13	ปีที่ 14	ปีที่ 15
ราคาค่าอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ 4 ตัว	240,000															
ค่าติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั้มน้ำ 4 ตัว	45,000															
รวมเงินลงทุน	285,000															
ค่าไฟฟ้าจากปั้มน้ำเย็นเครื่องเก่าไม่มี VSD	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000	540,000
ค่าไฟฟ้าจากปั้มน้ำเย็นพร้อมติดตั้ง VSD	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000	378,000
ค่าเสื่อมราคาจาก VSD ที่ติดตั้งใหม่	12,000	9,600	7,680	6,144	4,915	3,932	3,146	2,517	2,013	1,611						
รวมผลประโยชน์ต่อปี	150,000	152,400	154,320	155,856	157,085	158,068	158,854	159,483	159,987	160,389	162,000	162,000	162,000	162,000	162,000	162,000
รวมผลประโยชน์ต่อปี คิดอัตราเงินเฟ้อด้านพลังงาน	150,000	155,296	157,252	158,817	160,069	161,071	161,873	162,514	163,026	163,437	165,078	165,078	165,078	165,078	165,078	165,078
สรุปกระแสเงินสด	- 285,000	150,000	155,296	157,252	158,817	160,069	161,071	161,873	162,514	163,026	163,437	165,078	165,078	165,078	165,078	165,078
IRR	54.35%															

ตาราง 22 จะเห็นได้ว่า อาคารตัวอย่างทำการเปิดปั๊มน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. คิดเป็นจำนวน 8 ชั่วโมง/วัน รวมทำการทั้งสิ้นเฉลี่ย 300 วัน/ปี คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Double - Declining Balance และอัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า 1.9% ดังนั้นผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำ อัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (IRR) หลังจากครบ 15 ปี มีค่า 54.35% มีความคุ้มค่าลงทุนมากเนื่องจากมีกำไรเกิดขึ้นจากโครงการ ซึ่งถือว่าเหมาะสมต่อการลงทุนหากเทียบกับอัตราผลตอบแทนเงินกู้ธนาคาร และช่วยลดการสูญเสียของมอเตอร์ปั๊มน้ำ ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มสตาร์ท ทำให้ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า อีกทั้งใช้ระยะเวลาคืนทุนเพียง 1.76 ปี



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการในอาคารของรัฐขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นด้านการประเมินการจัดการพลังงานและในเรื่องการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศพบว่า การดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมาย สามารถประสบความสำเร็จได้ ต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรอาคารและใช้มาตรการที่ดำเนินการได้ทันที แล้วทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนดำเนินการปรับปรุงและหลังดำเนินการปรับปรุง

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix : EMM) ของอาคารตัวอย่างจะเห็นได้ว่า ทิศนคติของบุคลากรที่มีมุมมองต่อองค์กร มีลักษณะเส้นกราฟเป็นแบบ N-Shaped หมายความว่า ถึงแม้จะมีการประชาสัมพันธ์ให้บุคลากรในอาคารตัวอย่างได้รับทราบคุณค่าของการประหยัดพลังงาน มีการกระตุ้นสร้างแรงจูงใจ และการจัดทำระบบข้อมูลข่าวสารการลดพลังงานไฟฟ้าที่ดี แต่ก็ไม่ช่วยทำให้การจัดการด้านพลังงานของอาคารตัวอย่างประสบผลสำเร็จเพราะไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน อีกทั้งยังไม่มี การสนับสนุนเงินลงทุนหรือสนับสนุนเงินลงทุนน้อยมาก

2. เมื่อดำเนินมาตรการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดจำนวนหลอดไฟฟ้าลง ทำให้ลดการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารตัวอย่างทั้ง 9 ชั้นได้จำนวน 1,024 หลอด และมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{avg}) 631 ลักซ์ อยู่ในค่ามาตรฐานของพื้นที่ทำงานสำนักงาน (500-750 ลักซ์) และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียได้ประมาณ 169,574 KWh/year หรือประหยัดเงินได้ 52,992 บาท/เดือน โดยลงทุนติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่ประสิทธิภาพสูงใหม่ทั้งหมด 2,048 หลอด ระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน จะประหยัดค่าไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่างลดลงไป 11.28% /เดือน และลดการปลดปล่อย CO₂ เทียบเท่าได้ 91.91 ton CO₂e/ปี อีกทั้งยังคิดเทียบเท่าการลดการผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล 4,166.44 gallon(U.S.)

3. เมื่อดำเนินมาตรการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้สูงขึ้น ทำให้อัตราการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าระบบปรับอากาศของอาคารตัวอย่างลดลง โดยที่อุณหภูมิเดิมก่อนปรับปรุง 45°F จะใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 28,434 KWh/Month และมีค่าไฟฟ้า 180,848 Baht/Month ทั้งนี้ หลังปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 48°F จะมีค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 1,819 KWh/Month หรือคิดเป็น 6% และมีค่าไฟฟ้าลดลง 4,468 Baht/Month หรือคิดเป็น 2.47% หลังปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50°F จะมีค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 3,598 KWh/Month หรือคิดเป็น 13% และมีค่าไฟฟ้าลดลง 12,241 Baht/Month หรือคิดเป็น 6.77% และหลังปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิ

เป็น 52°F จะมีค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง 7,452 KWh/Month หรือคิดเป็น 26% และมีค่าไฟฟ้าลดลง 27,961 Baht/Month หรือคิดเป็น 15.46% ดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 ผลการประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

อุณหภูมิ	Total	On Peak	Off Peak	ค่าไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า ลดลง	คิดเป็น	ค่าไฟฟ้าลดลง	คิดเป็น
	KWh/Month	KWh/Month	KWh/Month	Baht/Month	KWh/Month		Baht/Month	
45°F	28,434	21,599	6,835	180,848				
48°F	26,615	22,022	4,593	176,380	1,819	6%	4,468	2.47%
50°F	24,836	20,320	4,516	168,607	3,598	13%	12,241	6.77%
52°F	20,982	17,329	3,653	152,887	7,452	26%	27,961	15.46%

4. เมื่อดำเนินการมาตรการปรับลดจำนวนชั่วโมงการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นหลัก ถึงแม้ว่าจะเปิดเครื่องทำน้ำเย็นสำรองที่มีขนาดเล็กลงครึ่งหนึ่งของเครื่องทำน้ำเย็นหลักเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แต่ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ของเครื่องทำน้ำเย็นสำรอง 150 ตัน ก็เกิดขึ้น ณ เวลาที่เปิดเครื่อง ส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของมาตรการนี้ ไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ สามารถสรุปได้ว่า เครื่องทำน้ำเย็นสำรองขนาด 150 ตันควรเปิดใช้งานเฉพาะกรณีฉุกเฉินหรือกรณีที่เครื่องทำน้ำเย็นหลักขนาด 300 ตัน ต้องหยุดการทำงานเนื่องจากการบำรุงรักษาเท่านั้น

5. หลังจากวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงจะพบว่าสามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 180,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 675,000 บาท/ปี อีกทั้งอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (IRR) มีค่า 8.67% มีความคุ้มค่าการลงทุนเนื่องจากใช้ระยะเวลาแค่ 5.40 ปีก็คืนทุน และยังอยู่ในระยะเวลาของโครงการ อีกทั้งจะมีกำไรเกิดขึ้นหลังจากนั้น

6. การวิเคราะห์ผลการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำของเครื่องทำน้ำเย็นจะพบว่า สามารถประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ 43,200 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 162,000 บาท/ปี อีกทั้งอัตราผลตอบแทนของเงินลงทุน (IRR) มีค่า 54.35% มีความคุ้มค่าการลงทุนมากเนื่องจากมีกำไรเกิดขึ้นจากโครงการ และการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำ ช่วยลดการสูญเสียของมอเตอร์ปั๊มน้ำ ลดการกระชากไฟฟ้าตอนเริ่มสตาร์ททำให้ลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า จะประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้จริงโดยใช้ค่าพลังงานตามความจำเป็นของโหลด

การวิจัยในครั้งนี้ พบว่ามาตรการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น ช่วยลดการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้โดยไม่ต้องมีการลงทุน เหมาะสมกับหน่วยงานราชการที่มีงบประมาณจำกัดในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ส่วนในเรื่องมาตรการของระบบไฟฟ้าแสงสว่างอาจมีการลงทุนค่าหลอดไฟฟ้า แต่ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ไม่สูงมาก ใช้ระยะเวลาไม่นานก็คุ้มทุน และประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารของรัฐได้อย่างยั่งยืน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการปรับตั้งเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นในการใช้งานจริง ไม่ควรปรับตั้งเพิ่มถึงอุณหภูมิ 52°F เนื่องจากบุคลากรในอาคารอาจจะรู้สึกไม่มีความสบายตัวจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ถึงแม้ว่าจะประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ามากที่สุดในการทดสอบนี้
2. การลดการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานราชการ ควรมีการปลูกจิตสำนึกในหน่วยงาน ทุกฝ่ายต้องมีส่วนร่วมโดยจัดเป็นคณะทำงาน และให้ความรู้ว่าการใช้ไฟฟ้าอย่างคุ้มค่าส่งผลดีต่อหน่วยงานอย่างไร อีกทั้งมอบหมายแนวทางปฏิบัติให้บุคลากร หากเริ่มตระหนักตั้งแต่องค์กรเล็กๆ จะเกิดประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อประเทศชาติได้

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. Energy Unit Conversion. (2557). *Convert kilowatt hour to gallon [U.S.] of diesel oil*. :[ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2557, จาก [http://www.convertunits.com/from/kWh/to/gallon+\[U.S.\]+of+diesel+oil](http://www.convertunits.com/from/kWh/to/gallon+[U.S.]+of+diesel+oil)
2. RenSMART - The Renewable Energy Information Source. (2551). *KWH To CO₂ Conversion*. :[ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.rensmart.com/Information/KWHToCO2Conversion>
3. Daikin Applied Catalog. (2557.) *Pathfinder Air Cooled Chillers*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2557, จาก <http://www.daikinapplied.com/chiller-pathfinder.php>
4. Danfoss VLT Drives. (2554.) *Danfoss VLT Drives Industrial Product Catalog*. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2557, จาก http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/5A2C04AF-F724-4422-A63B-FAA353675638/0/Industry_Product_Catalogue_WEB.pdf
5. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). *ลดการใช้พลังงานในหน่วยงานราชการ (Energy Audit)*. กระทรวงพลังงาน: [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2556, จาก <http://www.newswit.com/gen/2007-03-29/ccc10846d3c94e2385495d27f6844f8f/>
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). *คู่มือคำอธิบายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม) สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กระทรวงพลังงาน*.
7. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2552). *คู่มือพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน สำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กระทรวงพลังงาน*.
8. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2556). *บทที่ 4 ความรู้พื้นฐานด้านระบบแสงสว่างและแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง. ใน ตำราอบรม"ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส ด้านปฏิบัติ" ด้านไฟฟ้า*.
9. เกษมสุข เฟ่งพินิจ. (2554). *การจัดการพลังงานโดยมุ่งเน้นที่ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ กรณีศึกษาโรงงานเสื้อผ้าสำเร็จรูปขนาดกลางถึงขนาดย่อม. ปริญญาณิพนธ์. วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.
10. ดาวัลย์ วิวรรณะเดช. (2548). *ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีส่วนร่วม. สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วารสารพลังงานปีที่ 6*.
11. บุตรบำรุง ธรรมโชติ. (2541). *การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ : กรณีศึกษา อาคารพหลโยธิน ธนาคารกสิกรไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*.

12. บริษัท ไทยโทชิบาไลท์ติ้ง จำกัด. (2556). ตารางคุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนต์ รุ่นอิเล็กทรอนิกส์:
ราคาขาย. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2556, จาก
http://www.toshibalight.com/th/product_detail.php?cid=1&pid=1
13. ประทีป ช่วยเกิด. (2547). การอนุรักษ์พลังงานด้วยเทคนิคการจัดการเชิงบูรณาการ.
เจ้าหน้าที่วิจัยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.วารสารพลังงานปีที่ 5.
หน้า 11-20.
14. พลังงาน,ประสิทธิภาพ และการเพิ่มผลผลิต. (2551). ค่าไฟฟ้า TOD หรือ TOU เป็นอย่างไรและ
เราจะใช้แบบไหนดี: [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2556, จาก
<http://eep.cpportal.net/KnowledgeSharing/เกร็ดความรู้ด้านพลังงาน/tabid/1029/articleType/ArticleView/articleId/328/-TOD--TOU-.aspx>
15. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่มที่ 112 ตอนที่ 33 ก. (2538). พรก.กำหนดอาคารควบคุม
พ.ศ.2538
16. วัชร มั่งวิฑิตกุล. (2548). กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและ
โรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บริษัท เรียน ยู เพาเวอร์.
17. ศิริพรรณ ธงชัย และพิชัย อัญมมงคล. (2548). เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม
(กรณีศึกษา ด้านพลังงานไฟฟ้า). ใน การประชุมวิชาการทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและ
หุ่นยนต์. หน้า112-119, 16-17. กรุงเทพฯ.
18. ศิริพรรณ ธงชัย และพิชัย อัญมมงคล. (2549). เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานแบบบูรณาการ.
ใน การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. หน้า45. นครราชสีมา.
19. ศักดา พรหมดีบ. (2548). การพัฒนาและปรับปรุงการบริหารงานด้านพลังงานไฟฟ้าเพื่อลด
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน กรณีศึกษา: อาคารใหม่ บริษัท ฟอร์ทคอร์ตปอเรนซ์ จำกัด.
วิทยานิพนธ์. วศ.ม. (สาขาการจัดการงานวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์.
20. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2557). อัตราเงินเพื่อค่าพลังงานไฟฟ้า. :[ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม
2557, จาก <http://www.naewna.com/business/133835>
21. สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2545). คู่มือการ
ตรวจวัดและประเมินสภาพแวดล้อมด้านกายภาพ.
22. สมิทธิ ชั่งสมบุญ โจเซฟ เคนารี. (2550). การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอการผลิตพรม.
วิทยานิพนธ์. วศ.ม. (สาขาการจัดการงานวิศวกรรม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเอเซียอาคเนย์.
23. อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ. (2555). ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม
2556, จาก <http://www.mea.or.th/profile/index.php?l=th&tid=3&mid=113&pid=109>



ภาคผนวก ก
การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร

มาตรการที่ 1 เปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ตาราง ก1 ผลการวัดค่าความส่องสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน 3 หลอด/โคม รวม 48 หลอด

364	455	452	534			
568	662	632	750			
579	604	555		862	808	528
			829	1047	1119	741
			811	890	879	534
				937	854	528
			1006	1072	1133	
826	873	731		932	762	534
953	1046	977				
836	907	735		875	872	471
				927	966	647
				829	835	457
			951			
693	785	604		791	783	
628	761	657	732	727	777	
344	435	403		356	357	

วิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน (Average Illuminance)

$$E_{avg} = \frac{\sum Ep}{n}$$

$$\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมค่าความส่องสว่าง}}{\text{จำนวนจุดที่สนใจ}}$$

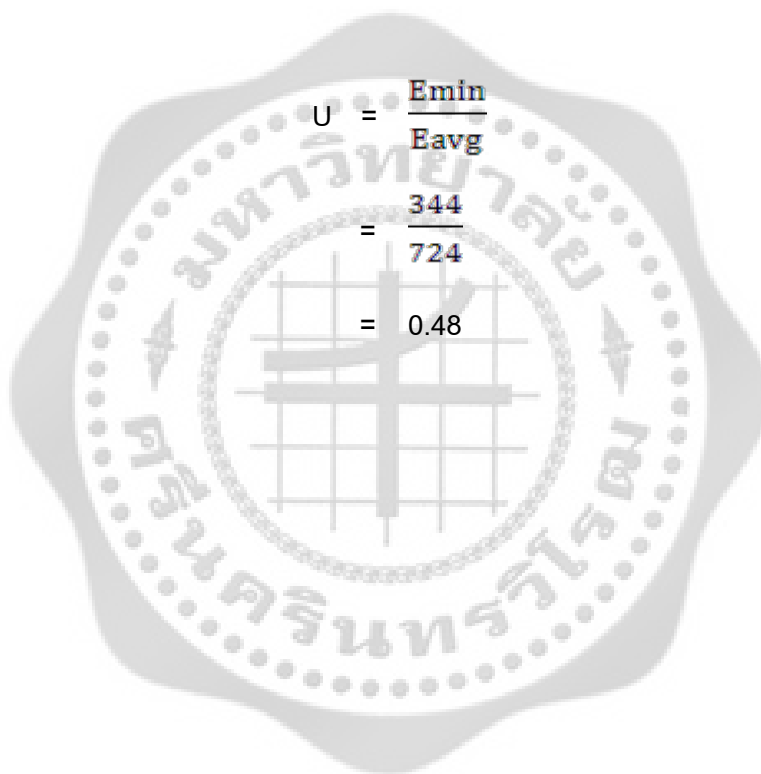
รุ่นธรรมดา 3 หลอด / โคม จำนวน 16 โคม = 48 หลอด

$$E_{avg} = \frac{48,493}{67}$$

$$= 724 \text{ ลักซ์}$$

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U) = $\frac{\text{ค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด ณ พื้นที่ทำงานนั้น}}{\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย}}$

$$\begin{aligned} U &= \frac{E_{min}}{E_{avg}} \\ &= \frac{344}{724} \\ &= 0.48 \end{aligned}$$



ตาราง ก2 ผลการวัดค่าความส่องสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รุ่นธรรมดา 2,650 ลูเมน 2 หลอด/โคม รวม 32 หลอด

274	306	325	332			
394	455	452	474			
398	375	384		575	530	337
			542	692	704	491
			523	604	535	385
				623	535	361
			631	716	717	
578	568	502		625	547	367
633	666	642				
562	549	483		600	512	307
				651	644	494
				584	541	333
			618			
424	420	411		505	466	
386	409	402	412	416	428	
186	237	214		221	213	

วิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน (Average Illuminance)

$$E_{avg} = \frac{\sum E_p}{n}$$

$$\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมค่าความส่องสว่าง}}{\text{จำนวนจุดที่สนใจ}}$$

รุ่นธรรมดา 2 หลอด / โคม จำนวน 16 โคม = 32 หลอด

$$E_{avg} = \frac{31,426}{67} = 469 \text{ ลักซ์}$$

$$\text{ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U)} = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด ณ พื้นที่ทำงานนั้น}}{\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย}}$$

$$\begin{aligned} U &= \frac{E_{\min}}{E_{\text{avg}}} \\ &= \frac{186}{469} \\ &= 0.40 \end{aligned}$$



ตาราง ก3 ผลการวัดค่าความส่องสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รุ่นธรรมดา 2,650
ลูเมน 1 หลอดและรุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน 1 หลอด 2 หลอด/โคม รวม 32 หลอด

304	377	336	393			
446	562	475	551			
454	536	343		620	652	405
			636	733	812	574
			621	645	716	392
				656	675	402
			732	784	866	
590	672	455		632	640	392
672	762	704				
562	654	499		593	603	362
				664	704	506
				602	676	320
			701			
517	646	494		625	688	
564	718	621	670	647	731	
234	322	319		447	419	

วิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน (Average Illuminance)

$$E_{avg} = \frac{\sum E_p}{n}$$

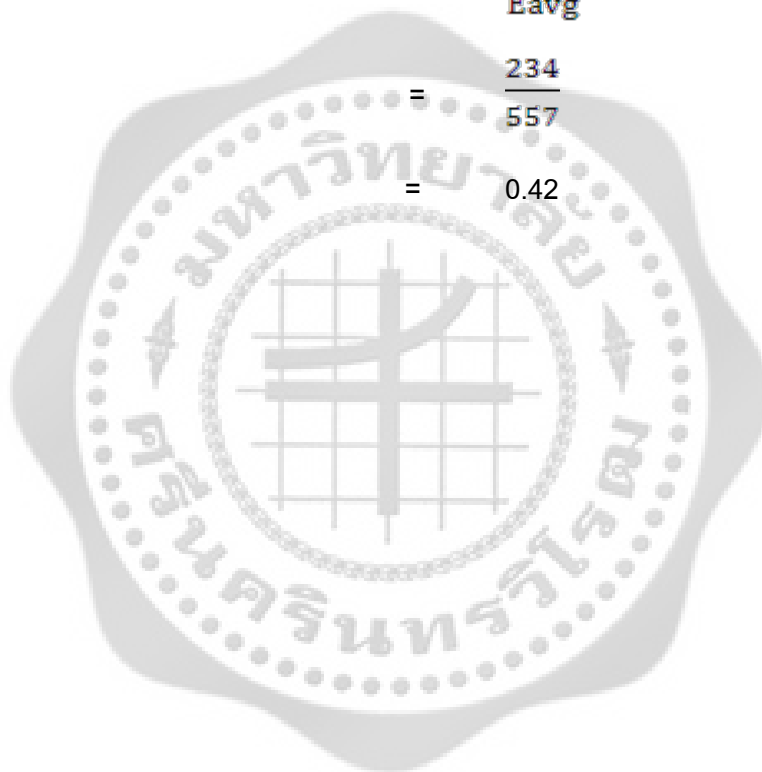
$$\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมค่าความส่องสว่าง}}{\text{จำนวนจุดที่สนใจ}}$$

รุ่นธรรมดา 1 หลอดและรุ่นประสิทธิภาพสูง 1 หลอด ใช้ 2 หลอด/โคม จำนวน 16 โคม รวม 32 หลอด

$$\begin{aligned}
 E_{\text{avg}} &= \frac{37,330}{67} \\
 &= 557 \text{ ลักซ์}
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U)} = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด ณ พื้นที่ทำงานนั้น}}{\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย}}$$

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{avg}}} \\
 &= \frac{234}{557} \\
 &= 0.42
 \end{aligned}$$



ตาราง ก4 ผลการวัดค่าความส่องสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน 2 หลอด/โคม รวม 32 หลอด

416	494	434	447			
640	679	648	609			
613	621	537		723	645	522
			700	817	797	584
			701	733	644	442
				783	711	502
			777	886	918	
712	770	603		755	670	487
771	847	808				
685	688	647		704	647	468
				801	806	546
				713	674	462
			750			
602	651	618		704	644	
618	720	649	703	724	733	
313	342	335		421	430	

วิธีการคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงาน (Average Illuminance)

$$E_{avg} = \frac{\sum E_p}{n}$$

$$\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมค่าความส่องสว่าง}}{\text{จำนวนจุดที่สนใจ}}$$

รุ่นประสิทธิภาพสูง 2 หลอด/โคม จำนวน 16 โคม รวม 32 หลอด

$$E_{avg} = \frac{42,244}{67} = 631 \text{ ลักซ์}$$

$$\text{ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U)} = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด ณ พื้นที่ทำงานนั้น}}{\text{ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย}}$$

$$U = \frac{E_{min}}{E_{avg}} = \frac{313}{631} = 0.50$$

ตาราง ก5 มาตรฐานค่าความส่องสว่างกับพื้นที่และกิจกรรมประเภทต่างๆ

ค่าความส่องสว่าง(ลักซ์)	พื้นที่และกิจกรรม
20-30-50	ทางเดินและพื้นที่ใช้งานภายนอก
50-100-150	ทางเดินภายใน
100-150-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน
200-300-500	งานที่ไม่ใช้สายตามากนัก
300-500-750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่นงานสำนักงาน
500-750-1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่นงานเขียนแบบ
750-1000-1500	งานที่ใช้สายตามากๆ เช่นงานประกอบชิ้นส่วนเล็ก
1000-1500-2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ เช่นงานชิ้นส่วนเล็กมาก
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานอย่างพิถีพิถัน เช่น ผ่าตัด

มาตรการที่ 2 ลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

ตาราง ก6 ผลการลดจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น

ชั้น	จำนวนหลอดเดิม (หลอด)	จำนวนหลอดที่ถอด ออก(หลอด)	จำนวนหลอดหลังจาก การถอด(หลอด)
1	318	106	212
2	552	184	368
3	288	96	192
4	315	105	210
5	228	76	152
6	435	145	290
7	186	62	124
8	438	146	292
9	312	104	208
รวม	3,072	1,024	2,048

ก่อนดำเนินการปรับปรุง

จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์	3,072	หลอด
ขนาดหลอด	36	วัตต์
การสูญเสียของบัลลาสต์	10	วัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	12	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	=	$[(36+10) \times 3,072] / 1000$
	=	141.312 กิโลวัตต์
ค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	=	$141.312 \times 12 \times 300$
	=	508,723.2 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

หลังดำเนินการปรับปรุง

จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์	2,048	หลอด
ขนาดหลอด	36	วัตต์
การสูญเสียของบัลลาสต์	10	วัตต์
ชั่วโมงการทำงาน	12	ชั่วโมง/วัน

วันทำงาน	300	วัน/ปี
กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	=	$[(36+10) \times 2,048] / 1000$
	=	94.208 กิโลวัตต์
ค่าพลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	=	$94.208 \times 12 \times 300$
	=	339,148.8 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ผลประหยัด

กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$141.312 - 94.208$
	=	47.104 กิโลวัตต์
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$508,723.2 - 339,148.8$
	=	169,574 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	$169,574 (\text{กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี}) \times 3.75 (\text{บาท/KWh})$ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ปี
หลังสุด	=	635,902 บาท/ปี
	=	52,992 บาท/เดือน

การลงทุน(หลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นประสิทธิภาพสูง 3,250 ลูเมน 70 บาท/หลอด)

$$\text{ค่าอุปกรณ์} = [2,048 (\text{หลอด}) \times 70 (\text{บาท/หลอด})] = 143,360 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าแรง(อาคารดำเนินการเอง)} = - \text{บาท}$$

$$\text{รวม} = 143,360 \text{ บาท}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 143,360 / 635,902$$

$$= 0.23 \text{ ปี}$$

ซึ่งลดการปลดปล่อย CO₂ เทียบเท่า

$$= 169,574 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี} \times 0.542 \text{ kg CO}_2\text{e/กิโลวัตต์ชั่วโมง}$$

$$= 91.91 \text{ ton CO}_2\text{e/ปี}$$



ภาคผนวก ข

การตรวจวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในอาคาร

ตาราง ข1 การบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้า 24 ชั่วโมง ของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 45°F

เวลา	เครื่องทำน้ำเย็น 45°F (กิโลวัตต์)
00.00-01.00	1
01.00-02.00	1
02.00-03.00	1
03.00-04.00	1
04.00-05.00	1
05.00-06.00	1
06.00-07.00	1
07.00-08.00	1
08.00-09.00	248
09.00-10.00	220
10.00-11.00	212
11.00-12.00	199
12.00-13.00	162
13.00-14.00	119
14.00-15.00	56
15.00-16.00	45
16.00-17.00	6
17.00-18.00	1
18.00-19.00	1
19.00-20.00	1
20.00-21.00	1
21.00-22.00	1
22.00-23.00	1
23.00-24.00	1

ตาราง ข2 การบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้า 24 ชั่วโมง ของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 48°F

เวลา	เครื่องทำน้ำเย็น 48°F (กิโลวัตต์)
00.00-01.00	1
01.00-02.00	1
02.00-03.00	1
03.00-04.00	1
04.00-05.00	1
05.00-06.00	1
06.00-07.00	1
07.00-08.00	1
08.00-09.00	226
09.00-10.00	224
10.00-11.00	211
11.00-12.00	203
12.00-13.00	174
13.00-14.00	156
14.00-15.00	99
15.00-16.00	48
16.00-17.00	4
17.00-18.00	1
18.00-19.00	1
19.00-20.00	1
20.00-21.00	1
21.00-22.00	1
22.00-23.00	1
23.00-24.00	1

ตาราง ข3 การบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้า 24 ชั่วโมง ของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 50°F

เวลา	เครื่องทำน้ำเย็น 50°F (กิโลวัตต์)
00.00-01.00	1
01.00-02.00	1
02.00-03.00	1
03.00-04.00	1
04.00-05.00	1
05.00-06.00	1
06.00-07.00	1
07.00-08.00	1
08.00-09.00	217
09.00-10.00	182
10.00-11.00	185
11.00-12.00	168
12.00-13.00	156
13.00-14.00	160
14.00-15.00	91
15.00-16.00	33
16.00-17.00	7
17.00-18.00	1
18.00-19.00	1
19.00-20.00	1
20.00-21.00	1
21.00-22.00	1
22.00-23.00	1
23.00-24.00	1

ตาราง ข4 การบันทึกค่าการใช้กำลังไฟฟ้า 24 ชั่วโมง ของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 52°F

เวลา	เครื่องทำน้ำเย็น 52°F (กิโลวัตต์)
00.00-01.00	1
01.00-02.00	1
02.00-03.00	1
03.00-04.00	1
04.00-05.00	1
05.00-06.00	1
06.00-07.00	1
07.00-08.00	1
08.00-09.00	179
09.00-10.00	163
10.00-11.00	164
11.00-12.00	159
12.00-13.00	157
13.00-14.00	131
14.00-15.00	57
15.00-16.00	9
16.00-17.00	1
17.00-18.00	1
18.00-19.00	1
19.00-20.00	1
20.00-21.00	1
21.00-22.00	1
22.00-23.00	1
23.00-24.00	1

ตาราง ข5 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 45°F

Period Time	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ วัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน*)	รวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน)
off peak(holiday)	858.15 / 4วัน	214.54	1,716.30	6,835
off peak(working day)	2,326.69 / 10วัน	232.67	5,118.71	
on peak	9,817.68 / 10วัน	981.77	21,598.90	21,599
รวม		1214.44		28,434

ตาราง ข6 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 48°F

Period Time	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ วัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน*)	รวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน)
off peak(holiday)	24.42 / 5วัน	4.88	43.95	4,593
off peak(working day)	1,949.45 / 9วัน	216.64	4,549.42	
on peak	9,437.91 / 9วัน	1,048.66	22,021.79	22,022
รวม		1,265.30		26,615

ตาราง ข7 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 50°F

Period Time	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ วัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน*)	รวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน)
off peak(holiday)	21.84 / 4วัน	5.46	43.68	4,516
off peak(working day)	2,032.93 / 10วัน	203.29	4,472.44	
on peak	9,236.15 / 10วัน	923.61	20,319.52	20,320
รวม		1,126.91		24,836

ตาราง ข8 การบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 52°F

Period Time	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ วัน)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน*)	รวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ เดือน)
off peak(holiday)	20.30 / 4วัน	5.08	40.60	3,653
off peak(working day)	1,641.92 / 10วัน	164.19	3,612.23	
on peak	7,876.70 / 10วัน	787.67	17,328.73	17,329
รวม		951.86		20,982

*หมายเหตุ ตาราง ข5, ข7 และ ข8 เก็บบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 14 วัน ดังนั้นใน 1 เดือน จะมี

off peak (holiday) เท่ากับ 8 วัน

off peak (working day) เท่ากับ 22 วัน

on peak เท่ากับ 22 วัน

ตาราง ข6 เก็บบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 14 วัน แต่มีวันแม่แห่งชาติ 1 วันในขณะเก็บ

ข้อมูล

ดังนั้นใน 1 เดือน จะมี

off peak (holiday) เท่ากับ 9 วัน

off peak (working day) เท่ากับ 21 วัน

on peak เท่ากับ 21 วัน

ตาราง ข9 การคำนวณค่าไฟฟ้าของอาคารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 45°F



ค่าไฟฟ้าอาคารตัวอย่าง
การคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตรา 3.2.2 (อัตรา TOU)

45°F

แรงดันไฟฟ้า	24	กิโลโวลต์
ความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	308	กิโลวัตต์
ความต้องการไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	-	กิโลวัตต์
พลังงานไฟฟ้า	28,434	หน่วย
พลังงานไฟฟ้าช่วง ON PEAK	21,599	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง
พลังงานไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	6,835	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง
ความต้องการไฟฟ้ารีแอกทีฟ	168	กิโลวาร์
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	56.07	บาท
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	0.4692	บาท
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK	3.6796	บาท
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	2.1760	บาท
อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	132.93	บาท
ค่าบริการ	312.24	บาท

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	=	ค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	
	= (	308 * 132.93)	
	=	61,014.87	บาท
2) ค่าพลังงานไฟฟ้า	=	(จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK)	
	+ (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง OFF PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK)		
	= (	21,599 * 3.6796) + (6,835 * 2.176)	
	= (	79,475.68 + 14,872.96)	
	=	94,348.64	บาท
3) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	=	จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW	
	=	168 * 0.6197	
	=	104 (การไฟฟ้าให้ฟรี เมื่อใช้ไม่เกิน 299 หน่วย)	
	=	168 - 104	
	=	64	
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	=	56.07	บาท
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	=	0 * 56.07	
คิดเป็นจำนวนเงิน	=	0.00	บาท
4) ค่าบริการ	=	312.24	บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	=	61,014.87 + 94,348.64 + 0.00 + 312.24	
	=	155,675.75	บาท → 1

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

=	จำนวนพลังงานไฟฟ้า * ค่า Ft	
= (	28,434 * 0.4692)	
=	13,341.23	บาท → 2

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

=	(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) * (7/100)	
= (	155,675.75 + 13,341.23) * 0.07	
=	11,831.19	บาท → 3



(1+2+3)

รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)

=

180,848.17

บาท

ตาราง ข10 การคำนวณค่าไฟฟ้าของอาคารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 48°F

ค่าไฟฟ้าอาคารตัวอย่าง			48°F				
การคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตรา 3.2.2 (อัตรา TOU)							
แรงดันไฟฟ้า	24	กิโลโวลต์					
ความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	323	กิโลวัตต์					
ความต้องการไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	-	กิโลวัตต์					
พลังงานไฟฟ้า	26,615	หน่วย					
พลังงานไฟฟ้าช่วง ON PEAK	22,022	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง					
พลังงานไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	4,593	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง					
ความต้องการไฟฟ้ารีแอกทีฟ	168	กิโลวาร์					
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	56.07	บาท					
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	0.4692	บาท					
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK	3.6796	บาท					
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	2.1760	บาท					
อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	132.93	บาท					
ค่าบริการ	312.24	บาท					
ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน							
1) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= ค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK						
	= (323 * 132.93)						
	= 61,014.87		บาท				
2) ค่าพลังงานไฟฟ้า	= (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK)						
	+ (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง OFF PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK)						
	= (22,022 * 3.6796) + (4,593 * 2.176)						
	= (81,032.15 + 9,994.37)						
	= 91,026.52		บาท				
3) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	= จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW						
	= 168 * 0.6197						
	= 104 (การไฟฟ้าให้ฟรี เมื่อใช้ไม่เกิน 299 หน่วย)						
	= 168 - 104						
	= 64						
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	= 56.07		บาท				
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 0 * 56.07						
คิดเป็นจำนวนเงิน	= 0.00		บาท				
4) ค่าบริการ	= 312.24		บาท				
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 61,014.87 + 91,026.52 + 0.00 + 312.24						
	= 152,353.63		บาท → 1				
ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)							
	= จำนวนพลังงานไฟฟ้า * ค่า Ft						
	= (26,615 * 0.4692)						
	= 12,487.76		บาท → 2				
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%							
	= (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) * (7/100)						
	= (152,353.63 + 12,487.76) * 0.07						
	= 11,538.90		บาท → 3				
➡ (1+2+3) <table border="1"><tr><td>รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)</td><td>=</td><td>176,380.28</td><td>บาท</td></tr></table>				รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)	=	176,380.28	บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)	=	176,380.28	บาท				

ตาราง ข11 การคำนวณค่าไฟฟ้าของอาคารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50°F

ค่าไฟฟ้าอาคารตัวอย่าง				50°F
การคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตรา 3.2.2 (อัตรา TOU)				
แรงดันไฟฟ้า	24	กิโลโวลต์		
ความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	324	กิโลวัตต์		
ความต้องการไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	-	กิโลวัตต์		
พลังงานไฟฟ้า	24,836	หน่วย		
พลังงานไฟฟ้าช่วง ON PEAK	20,320	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง		
พลังงานไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	4,516	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง		
ความต้องการไฟฟ้ารีแอกติฟ	168	กิโลวาร์		
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	56.07	บาท		
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	0.4692	บาท		
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK	3.6796	บาท		
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	2.1760	บาท		
อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	132.93	บาท		
ค่าบริการ	312.24	บาท		
ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน				
1) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= ค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK			
	= (324 * 132.93)			
	= 61,014.87		บาท	
2) ค่าพลังงานไฟฟ้า	= (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK)			
	+ (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง OFF PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK)			
	= (20,320 * 3.6796) + (4,516 * 2.176)			
	= (74,769.47 + 9,826.82)			
	= 84,596.29		บาท	
3) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	= จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW			
	= 168 * 0.6197			
	= 104 (การไฟฟ้าให้ฟรี เมื่อใช้ไม่เกิน 299 หน่วย)			
	= 168 - 104			
	= 64			
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	= 56.07		บาท	
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 0 * 56.07			
คิดเป็นจำนวนเงิน	= 0.00		บาท	
4) ค่าบริการ	= 312.24		บาท	
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 61,014.87 + 84,596.29 + 0.00 + 312.24			
	= 145,923.40		บาท	→ 1
ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)				
	= จำนวนพลังงานไฟฟ้า * ค่า Ft			
	= (24,836 * 0.4692)			
	= 11,653.05		บาท	→ 2
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%				
	= (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) * (7/100)			
	= (145,923.40 + 11,653.05) * 0.07			
	= 11,030.35		บาท	→ 3
➡ (1+2+3) รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL) = 168,606.80 บาท				

ตาราง ข12 การคำนวณค่าไฟฟ้าของอาคารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 52°F

ค่าไฟฟ้าอาคารตัวอย่าง			52°F				
การคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตรา 3.2.2 (อัตรา TOU)							
แรงดันไฟฟ้า	24	กิโลโวลต์					
ความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	286	กิโลวัตต์					
ความต้องการไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	-	กิโลวัตต์					
พลังงานไฟฟ้า	20,982	หน่วย					
พลังงานไฟฟ้าช่วง ON PEAK	17,329	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง					
พลังงานไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	3,653	กิโลวัตต์ - ชั่วโมง					
ความต้องการไฟฟ้ารีแอกทีฟ	168	กิโลวาร์					
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	56.07	บาท					
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	0.4692	บาท					
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK	3.6796	บาท					
อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK	2.1760	บาท					
อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK	132.93	บาท					
ค่าบริการ	312.24	บาท					
ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน							
1) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= ค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง ON PEAK						
	= (286 * 132.93)						
	= 61,014.87		บาท				
2) ค่าพลังงานไฟฟ้า	= (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง ON PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง ON PEAK)						
	+ (จำนวนพลังไฟฟ้าช่วง OFF PEAK * อัตราค่าไฟฟ้าช่วง OFF PEAK)						
	= (17,329 * 3.6796) + (3,653 * 2.176)						
	= (63,763.79 + 7,948.93)						
	= 71,712.72		บาท				
3) ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	= จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW						
	= 168 * 0.6197						
	= 104 (การไฟฟ้าให้ฟรี เมื่อใช้ไม่เกิน 299 หน่วย)						
	= 168 - 104						
	= 64						
จำนวนกิโลวาร์ที่เกิน คิดหน่วยละ	= 56.07		บาท				
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 0 * 56.07						
คิดเป็นจำนวนเงิน	= 0.00		บาท				
4) ค่าบริการ	= 312.24		บาท				
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 61,014.87 + 71,712.72 + 0.00 + 312.24						
	= 133,039.83		บาท → 1				
ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)							
	= จำนวนพลังงานไฟฟ้า * ค่า Ft						
	= (20,982 * 0.4692)						
	= 9,844.75		บาท → 2				
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%							
	= (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) * (7/100)						
	= (133,039.83 + 9,844.75) * 0.07						
	= 10,001.92		บาท → 3				
➡ (1+2+3) <table><tr><td>รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)</td><td>=</td><td>152,886.50</td><td>บาท</td></tr></table>				รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)	=	152,886.50	บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า (GRAND TOTAL)	=	152,886.50	บาท				

ตาราง ข13 วิธีการคำนวณค่าประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

ขนาด(ตัน)	ประสิทธิภาพ เครื่องปัจจุบัน (กิโลวัตต์/ตัน)	ประสิทธิภาพ เครื่องรุ่นใหม่ (กิโลวัตต์/ตัน)	ชั่วโมงการ ทำงาน (ชั่วโมง/ปี)	จำนวน (เครื่อง)	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ ประหยัดได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
300	1.23	0.98	2,400	1	180,000

1. เครื่องทำน้ำเย็นรุ่นธรรมดา (Standard Air Cooled Chiller) ที่มา Trane ERTAC Catalog. 2556.

ค่า EER = 10.0, Power = 369 กิโลวัตต์

2. เครื่องทำน้ำเย็นรุ่นประสิทธิภาพสูง (Premium Efficiency Air Cooled Chiller) ที่มา Daikin Applied Catalog. 2557.

ค่า EER = 12.2, Power = 295 กิโลวัตต์

ดังนั้น

ประสิทธิภาพเครื่องปัจจุบัน – ประสิทธิภาพเครื่องรุ่นใหม่ = ส่วนต่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$$1.23 - 0.98 \text{ กิโลวัตต์/ตัน} = 0.25 \text{ กิโลวัตต์/ตัน}$$

เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูงขนาด 300 ตัน

$$= 0.25 \text{ กิโลวัตต์/ตัน} \times 300 \text{ ตัน}$$

$$= 75 \text{ กิโลวัตต์}$$

มีชั่วโมงการใช้งาน 2,400 ชั่วโมง/ปี

$$= 75 \text{ กิโลวัตต์} \times 2,400 \text{ ชั่วโมง/ปี}$$

ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า

$$= 180,000 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี}$$

ตาราง ข14 ข้อมูลในการวิเคราะห์ IRR เครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง

	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นรุ่นธรรมดา	1.23	กิโลวัตต์/ตัน
2	ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นรุ่นประสิทธิภาพสูง	0.98	กิโลวัตต์/ตัน
3	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	3.75	บาท/หน่วย
4	ราคาเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง 300 ตัน	3,500,000	บาท
5	ค่าติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น	150,000	บาท
6	ชั่วโมงการทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
7	วันทำงาน	300	วัน/ปี
8	ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นลดลงทุกปี*	1.13	%
9	อัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า**	1.9	%
10	คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Double - Declining	10	ปี
	Balance		

*ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและแผนพลังงาน. 2552.

**ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2557.

ตาราง ข15 ข้อมูลในการวิเคราะห์ IRR อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำเย็น

	รายการ	จำนวน	หน่วย
1	ปั๊มน้ำเย็นแบบมอเตอร์ธรรมดา	15	กิโลวัตต์
2	จำนวนปั๊มน้ำเย็นทั้งหมด	4	เครื่อง
3	Variable Speed Drive ลดกำลังไฟฟ้าได้*	30	%
4	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	3.75	บาท/หน่วย
5	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำ (VSD) ต่อ 1 ตัว	60,000	บาท
6	ค่าติดตั้งอุปกรณ์เหมาทั้งหมด	45,000	บาท
7	ชั่วโมงการทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
8	วันทำงาน	300	วัน/ปี
9	อัตราเงินเฟ้อค่าพลังงานไฟฟ้า**	1.9	%
10	คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Double - Declining Balance	10	ปี

*ที่มา : Danfoss VLT Drives. 2554.

**ที่มา : ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2557.

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล

นายพีรฐา ศตะภูริ

วันเดือนปีเกิด

12 เมษายน 2527

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

119/340 หมู่ 8 ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง

จังหวัดนนทบุรี 11000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2549

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)

พ.ศ. 2557

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาการจัดการทางวิศวกรรม (พลังงานและสิ่งแวดล้อม)

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

