

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของการอนุรักษ์พลังงาน (1)

การอนุรักษ์พลังงานหมายถึง การจัดการด้านการใช้พลังงานเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด โดยพยายามใช้อุปกรณ์พลังงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงานเกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ลดการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมในการช่วยประหยัดการใช้พลังงานของประเทศด้วย

2.2 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร (7)

ในการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร สิ่งจำเป็นที่เด่นชัดคือ การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร เพราะในการตรวจสอบหรือการตรวจวิเคราะห์พลังงานในสถานที่นั้น ๆ จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานที่แท้จริง ภายในสถานที่นั้น ซึ่งจะเป็ข้อมูลเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่ควรใช้ เพื่อที่จะได้ทราบว่าควรดำเนินการจัดการพลังงานการปรับปรุง หรือเพิ่มประสิทธิภาพ อันจะก่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

2.3 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน

การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเป็นต้องอาศัย ข้อมูลต่างๆ มาประกอบการพิจารณา การได้มาของข้อมูลอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

ก. ข้อมูลจากเอกสาร

เอกสารที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ใบเสร็จค่าพลังงาน แผนผังอาคารการใช้งานอาคาร แผนภูมิระบบรับ - จ่ายพลังงาน รายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

ข. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลเหล่านี้ได้จากการสัมผัสกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยการใช้การสังเกตประกอบกับการใช้เครื่องมือวัด เพื่อวัดปริมาณต่าง ๆ ตามต้องการ ได้แก่ กำลังไฟฟ้าที่ใช้, ค่าตัวประกอบกำลัง, อุณหภูมิต่าง ๆ, ความชื้น และค่าการส่องสว่าง เป็นต้น

2.4 ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน ที่สำคัญประกอบด้วย

2.4.1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลส่วนใหญ่อาจได้มาจากเอกสารต่างๆ รวมถึงการสัมภาษณ์ผู้ใช้อาคาร โดยจะประกอบด้วยข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- ชื่ออาคาร
- ที่อยู่
- ประเภทอาคาร เช่น โรงแรม, โรงพยาบาล, สำนักงาน และศูนย์การค้า เป็นต้น
- อายุอาคาร
- จำนวนห้อง สำหรับอาคารประเภทโรงแรม, จำนวนเตียง สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล และจำนวนพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอาคารอื่นๆ
- รายละเอียดของห้องที่จำหน่ายต่อเดือน สำหรับโรงแรม, จำนวนคนใช้ในและคนไข้นอกต่อเดือน สำหรับโรงพยาบาล
- พื้นที่อาคาร ได้แก่ พื้นที่รวม, พื้นที่ปรับอากาศ และพื้นที่ที่จอดรถ
- การใช้พลังงานต่อปี ได้แก่ ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง, ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และข้อมูลการใช้น้ำ
- แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน
- จำนวนเจ้าหน้าที่
- เวลาทำงานของอาคาร
- ชื่อและตำแหน่งผู้ติดต่อประสานงาน
- อื่นๆ

2.4.2 การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด

การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด จะทำการสำรวจและตรวจวัดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบต่างๆ โดยแยกออกเป็น

ก. ทางด้านพลังงานไฟฟ้า

ทางด้านพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วยข้อมูล และรายละเอียดต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) แผนผังวงจรระบบไฟฟ้าของอาคาร

2) บิลอัตราค่าไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารอย่างน้อย 12 เดือน และแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้า

3) แผนผังที่ตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์เครื่องจักรของอาคาร

4) รายชื่อ และขนาดอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักที่ใช้ทั้งหมดในอาคาร โดยระบุเป็น กิโลวัตต์, โวลต์, แอมแปร์ และค่าตัวประกอบกำลัง

5) การตรวจวัดทางด้านไฟฟ้า โดยวัดค่าเป็น กิโลวัตต์ โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลัง และกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่จุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.1) ระบบไฟฟ้า

- หม้อแปลงไฟฟ้าทุกตัว ในอาคารรวมทั้งขนาดสาย และระยะทางจากหม้อแปลงถึง Panel Board

- วงจรย่อยทุกวงจรของหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัว

- ขนาดของคาปาซิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในระบบ

- เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่างๆ

5.2) ระบบปรับอากาศ

- เครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

- เครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์

5.3) ระบบแสงสว่าง

- หลอดไฟฟ้า

- โคมไฟฟ้า

- บัลลัสต์

6) การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบของอาคาร เพื่อเทียบสัดส่วนกับการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร

7) ข้อมูลจำเพาะ และราคาอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงาน

ข. ทางด้านพลังงานความร้อน

ทางด้านพลังงานความร้อนจะประกอบด้วยข้อมูล และรายละเอียดสภาพการทำงาน และสภาพการสูญเสียความร้อนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้พลังงาน เช่น หม้อไอน้ำ อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน ระบบท่อไอน้ำ อุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยการสำรวจดังกล่าวจะครอบคลุมถึงข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) รายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ ชนิดและปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ ขนาดของเครื่อง และจำนวนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นต้น

2) สภาพการทำงานและสภาพการสูญเสียความร้อนของเครื่องจักรอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยทำการตรวจสอบและตรวจวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลและรายละเอียดสภาพการทำงานต่าง ๆ ดังนี้

- สภาพการเผาไหม้ ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ ของหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ โดยทำการตรวจวัดปริมาณออกซิเจน และอุณหภูมิก๊าซเสียของอุปกรณ์

- สภาพการหุ้มฉนวน ทำการตรวจสอบสภาพฉนวนความร้อนความเย็นต่างๆ ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่ใช้งานเช่น ฉนวนท่อไอน้ำ ฉนวนระบบทำความเย็น อุปกรณ์และระบบอื่นๆ ที่มีการสูญเสียความร้อนผ่านผิว รวมทั้งทำการตรวจสอบสภาพการสูญเสียความร้อนของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่มีการหุ้มฉนวนไว้หรือฉนวนชำรุด

- สภาพน้ำที่ใช้กับอุปกรณ์ทำการตรวจสอบสภาพน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น การตรวจสอบสภาพน้ำป้อนน้ำในหม้อไอน้ำ เป็นต้น โดยทำการตรวจสอบสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง การวัดค่า Dissolved Solid เพื่อหาปริมาณสารละลายในน้ำ

- สภาพการสูญเสียการรั่วของไอน้ำในระบบ เช่น การรั่วของไอน้ำตามท่อส่ง การรั่วของไอน้ำตามอุปกรณ์ที่ใช้งานต่าง ๆ รวมทั้งการรั่วของไอน้ำผ่าน สตีม แทรป เป็นต้น

- สภาพความเหมาะสมของการใช้พลังงานความร้อนในอุปกรณ์ และระบบต่างๆ เช่น สภาพความเหมาะสมของอุณหภูมิ และแรงดันที่ใช้งานในอุปกรณ์ สภาพความเหมาะสมของเชื้อเพลิงที่ใช้ และสภาพความเหมาะสมของอุปกรณ์ และระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

- ปริมาณความร้อนทิ้งในขบวนการต่างๆ เช่น ความร้อนสูญเสียจากคอนเดนเสทที่ไม่นำมาใช้งาน ความร้อนสูญเสียจากแฟรชสตีม เป็นต้น

- สภาพการดูแล บำรุงรักษาอื่น ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงาน

3) ข้อมูลสภาพการทำงานและสภาพสูญเสียพลังงานความร้อนอื่น ๆ นอกเหนือไปจากที่กล่าวในข้อ 1) และ 2)

ค. ทางด้านระบบกรอบอาคาร

ทางด้านระบบกรอบอาคารจะประกอบด้วยข้อมูลสภาพของผนังและหลังคาอาคาร รวมทั้งคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นกรอบอาคารและหลังคาอาคาร เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมา

ประกอบในการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (Overall Thermal Transfer Value , OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value , RTTV)

2.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอุปกรณ์ และระบบการใช้พลังงานที่ทำการสำรวจทั้งหมด การวิเคราะห์จะต้องครอบคลุมถึงรายละเอียดดังนี้

ก. ด้านพลังงานไฟฟ้า

ด้านพลังงานไฟฟ้า ต้องวิเคราะห์ระบบการใช้พลังงานไฟฟ้าของ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานรวมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย

1) วิเคราะห์ค่าตัวประกอบกำลัง(Power Factor) เพื่อลดความสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า(Copper loss) เนื่องจากการสูญเสียในขดลวดหม้อแปลง มีค่าแปรตามกำลังสองของกระแสในขดลวดนั้น ซึ่งค่าความสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานกำลังสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

kVA	ค่าความสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า (Copper loss) , Watt	
	1 เฟส	3 เฟส
10	160	-
20	330	-
30	480	-
50	740	1050
100	-	1750
160	-	2350
250	-	3250
315	-	3900
400	-	4600
500	-	5500
630	-	6500

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) มาตรฐานกำลังสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

kVA	ค่าความสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้า (Copper loss) , Watt	
	1 เฟส	3 เฟส
800	-	11000
1000	-	13500
1250	-	16400
1500	-	19800
2000	-	24000

ดังนั้นการแก้ไขตัวประกอบกำลัง จะทำให้ความสูญเสียในขดลวดหม้อแปลงลดลง เพราะกระแสในขดลวดมีค่าลดลงหลังจากการแก้ไขตัวประกอบกำลัง โดยพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ สามารถคำนวณได้จาก

$$kWh_{saved} = \frac{CopperLoss}{1,000} \times \left[\left(\frac{I_a}{I_{rated}} \right)^2 - \left(\frac{I_b}{I_{rated}} \right)^2 \right] \times op \quad (2.1)$$

$$\text{เมื่อ } I_a = \frac{kW \times 1,000}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta_1} \quad (2.2)$$

$$I_b = \frac{kW \times 1,000}{\sqrt{3} \times V \times \cos\theta_2} \quad (2.3)$$

โดยที่ kWh_{saved} คือ ผลประหยัดเมื่อแก้ไขตัวประกอบกำลัง , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)

I_a คือ กระแสไฟฟ้าก่อนแก้ไขตัวประกอบกำลัง, (แอมแปร์)

I_b คือ กระแสไฟฟ้าหลังแก้ไขตัวประกอบกำลัง, (แอมแปร์)

kW คือ กำลังไฟฟ้าภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า , (กิโลวัตต์)

V คือ เป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า , (โวลต์)

$\cos\theta_1$ คือ ค่าตัวประกอบกำลังก่อนแก้ไข

$\cos\theta_2$ คือ ค่าตัวประกอบกำลังหลังแก้ไข

I_{rated} คือ พิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า , (แอมแปร์)

op คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

2) วิเคราะห์ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยทั่วไปมีองค์ประกอบที่มีผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าคือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้, ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดและตัวประกอบกำลัง(Power Factor) แต่จากองค์ประกอบทั้งสาม ค่าธรรมเนียมในส่วนของการต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) มีสัดส่วนค่อนข้างสูงโดยรองลงมาจากค่าพลังงานไฟฟ้า ซึ่งถ้าสามารถลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าจะลดลง การไฟฟ้าฯ จะคิดไฟฟ้าในส่วนที่ใช้เฉลี่ยสูงสุดในช่วง 15 นาทีของแต่ละเดือน โดยคิดจากค่าสูงที่สุดค่าเดียวไม่เกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้งาน และไม่ว่าจะมีค่าสูงสุดเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งในรอบหนึ่งเดือนก็จะคิดค่าไฟฟ้าส่วนนี้เท่ากัน ดังนั้นหากต้องการประหยัดค่าไฟฟ้าต้องทำการปรับระดับความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้ลดลงมากที่สุด

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีความสัมพันธ์กับตัวประกอบโหลด (Load Factor , LF) ซึ่งเป็นตัวประกอบที่แสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้า ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ แต่ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูง ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถนิยามได้ว่าค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) คือ อัตราส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในเวลาที่แน่นอนช่วงหนึ่งๆ ต่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลานั้นๆ แล้วแสดงค่าเป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

$$LF = \frac{E}{(P \times T)} \times 100 \quad (2.4)$$

เมื่อ	<i>LF</i>	คือ ตัวประกอบโหลด
	<i>E</i>	คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในรอบเดือนที่เรียกเก็บ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
	<i>P</i>	คือ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนที่เรียกเก็บ , (กิโลวัตต์)
	<i>T</i>	คือ จำนวนชั่วโมงต่อเดือน

จากสมการพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดมีสองตัวแปร คือ จำนวนกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) และ กิโลวัตต์สูงสุด (kW) ดังนั้นในการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลด จะสามารถทำได้ 2 วิธี คือลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) หรือลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์ชั่วโมง

โมง (Energy) เพื่อให้สมดุลกับจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดที่ลดลง โดยปกติสถานประกอบการที่ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ตัวประกอบโหลดควรมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หากมีการทำงานเป็น 16 และ 8 ชั่วโมงต่อวัน ตัวประกอบโหลดควรจะประมาณ 53 และ 26 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

แนวทางและวิธีการปรับปรุงตัวประกอบโหลด ตามหลักการประหยัดพลังงาน สามารถทำได้โดยพิจารณาว่าช่วงเวลาใดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานใดที่ไม่จำเป็นต้องใช้งานในช่วงเวลานั้นให้หยุดการใช้งานชั่วคราว จนกระทั่งช่วงเวลาดังกล่าวได้ผ่านไปจึงเปิดให้ใช้ตามเดิม การกำหนดเวลาการทำงานให้แน่นอนหรือหลีกเลี่ยงการเดินอุปกรณ์เครื่องจักรในช่วงเวลาความต้องการใช้พลังงานสูงสุดให้มากที่สุด ช่วยให้ประหยัดพลังงานได้มาก หรืออาจกำหนดเวลาการทำงานของเครื่องจักรให้ทำงานในตอนกลางคืนหรือวันหยุด โดยพิจารณาถึงความจำเป็นมากน้อยของเครื่องจักร

3) การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron loss หรือ Core loss) ของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดลงได้ ซึ่งค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานกำลังสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

KVA	ค่าความสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า (Core loss) , Watt					
	1 เฟส			3 เฟส		
	11 kV	19 kV	22 kV	11 kV	22 kV	33 kV
10	70	75	75	-	-	-
20	110	120	120	-	-	-
30	150	160	160	-	-	-
50	190	200	200	190	210	230
100	-	-	-	320	340	350
160	-	-	-	460	480	500
250	-	-	-	650	670	700
315	-	-	-	770	800	850
400	-	-	-	930	960	1000
500	-	-	-	1100	1150	1200

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) มาตรฐานกำลังสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

KVA	ค่าความสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า (Core loss) , Watt					
	1 เฟส			3 เฟส		
	11 kV	19 kV	22 kV	11 kV	22 kV	33 kV
630	-	-	-	1300	1350	1400
800	-	-	-	1600	1600	1700
1000	-	-	-	1950	1950	2000
1250	-	-	-	2300	2300	2350
1500	-	-	-	2800	2800	2850
2000	-	-	-	3250	3250	3300

โดยการปรับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสม ค่ากำลังสูญเสียในแกนเหล็กแปรตามกำลังสองของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนั้นวิธีการลดกำลังสูญเสียในแกนเหล็ก ก็โดยการปรับจำนวนรอบของขดลวดด้านปฐมภูมิ (Tap change) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมโดยให้ค่าแรงดันที่ปลายสายไม่ต่ำกว่า 380 V โดยพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ สามารถคำนวณได้จาก

$$kWh_{saved} = \frac{CoreLoss}{1,000} \times \left[\left(\frac{V_a}{V_{rated}} \right)^2 - \left(\frac{V_b}{V_{rated}} \right)^2 \right] \times op \quad (2.5)$$

- เมื่อ kWh_{saved} คือ ผลประหยัดเมื่อปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า, (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
 V_a คือ แรงดันไฟฟ้าจริงที่ด้านทุติยภูมิ, (โวลต์)
 V_b คือ แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการปรับปรุง, (โวลต์)
 V_{rated} คือ แรงดันไฟฟ้าพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า, (โวลต์)
 op คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

4) วิเคราะห์ด้านระบบแสงสว่าง

4.1) การเปลี่ยนหลอดเป็นแบบประสิทธิภาพสูง

การเปลี่ยนมาใช้หลอดชนิดประหยัดพลังงาน เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดา ขนาด 40 วัตต์ เปลี่ยนมาใช้เป็นหลอดชนิดประหยัดพลังงาน ขนาด 36 วัตต์ หรือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดไส้ ขนาด 60 วัตต์ เปลี่ยนมาใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายนอก ขนาด 11 วัตต์ หรือ หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน ขนาด 13 วัตต์ ซึ่งให้ค่าความส่องสว่างไม่น้อยกว่าเดิม แต่กำลังไฟฟ้าที่ใช้้น้อยกว่าเดิม จะสามารถคำนวณการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้จาก

$$kWh_{saved} = \frac{(W_{Lamp, std} - W_{Lamp, eff})}{1,000} \times N_{Lamp} \times op \quad (2.6)$$

เมื่อ	kWh_{saved}	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	$W_{Lamp, std}$	คือ จำนวนวัตต์ของหลอดก่อนปรับปรุง , (วัตต์)
	$W_{Lamp, eff}$	คือ จำนวนวัตต์ของหลอดหลังปรับปรุง , (วัตต์)
	N_{Lamp}	คือ จำนวนหลอด
	op	คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

4.2) การเปลี่ยนโคมไฟฟ้าเป็นแบบประสิทธิภาพสูง

การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ที่มีแผ่นสะท้อนแสง ชนิดเคลือบสาร Silver ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงสูง แทนโคมไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ชนิดโคมโลหะสีขาว ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงต่ำกว่า โดยสามารถลดจำนวนหลอดลงได้ 1 หลอดต่อโคม สำหรับโคมไฟฟ้า 2 หลอดต่อ 1 โคม และ 3 หลอดต่อ 1 โคม หรือลดจำนวนหลอด 2 หลอดต่อโคม สำหรับโคมไฟฟ้า 4 หลอดต่อ 1 โคม ซึ่งค่าความ ส่องสว่างไม่น้อยกว่าเดิม และต้องคำนึงถึงการติดตั้งให้อยู่ในตำแหน่งที่ใช้งาน เพราะลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงนี้ จะกระจายแสงลงมาเฉพาะพื้นที่ โดยป้องกันแสงไม่ให้กระจายออกไปทั่วทิศทางเหมือนโคมไฟฟ้าเดิม ซึ่งสามารถคำนวณหาการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้จาก

$$kWh_{saved} = N_{Lum} \times (N_{Lamp/Lum, std} - N_{Lamp/Lum, eff}) \times \frac{(W_{Lamp} + W_{BallastLoss})}{1,000} \times op \quad (2.7)$$

เมื่อ	kWh_{saved}	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	N_{Lum}	คือ จำนวนโคม
	$N_{Lamp/Lum,std}$	คือ จำนวนหลอดต่อโคมก่อนปรับปรุง
	$N_{Lamp/Lum,eff}$	คือ จำนวนหลอดต่อโคมหลังปรับปรุง
	W_{Lamp}	คือ จำนวนวัตต์ของหลอด , (วัตต์)
	$W_{BallastLoss}$	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัลลาสต์ , (วัตต์)
	op	คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

4.3) การเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นแบบ Low Watt Loss

การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานแบบ Low Watt Loss ซึ่งมีวัสดุแกนเหล็กและขดลวดที่มีคุณภาพดีกว่าบัลลาสต์ ชนิดแกนเหล็กหรือขดลวดธรรมดา จะทำให้จำนวนรอบของขดลวดที่พันน้อยลงส่งผลทำให้มีอุณหภูมิขณะใช้งานต่ำกว่าจะอยู่ในช่วง 35 - 50°C และทำให้ลดความสูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานลงประมาณ 5.5 วัตต์ต่อตัว ซึ่งมีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อปรับค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ให้สูงขึ้นกว่าเดิม ซึ่งสามารถคำนวณหาการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้จาก

$$kWh_{saved} = \left(\frac{W_{BallastLoss,std} - 5.5}{1,000} \right) \times N_{Lamp} \times op \quad (2.8)$$

เมื่อ	kWh_{saved}	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	N_{Lamp}	คือ จำนวนหลอด
	$W_{BallastLoss,std}$	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่บัลลาสต์ก่อนปรับปรุง , (วัตต์)
	op	คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

4.4) การเปลี่ยนบัลลาสต์แบบ Electronic

การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน แบบ Electronic ซึ่งมีวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มาควบคุมแทนแกนเหล็กของบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กหรือขดลวด จะทำให้ลดความสูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะใช้งานลงได้ 7 วัตต์ ของกำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์ สำหรับหลอดไฟฟ้าขนาด 18,20 วัตต์ จำนวน 1 ชุด และ 11 วัตต์ ของกำลังไฟฟ้าของหลอดและบัลลาสต์ สำหรับหลอดไฟฟ้าขนาด 36,40 วัตต์ 1 ชุดและลดความร้อนของตัวบัลลาสต์ ลดเสียงรบกวนรวม

ไปถึงไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ และเพิ่มอายุการใช้งานของหลอดให้ยาวนานขึ้น ซึ่งสามารถคำนวณหาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จาก

$$kWh_{saved} = \frac{(W_{BallastLoss,saved})}{1,000} \times N_{Lamp} \times op \quad (2.9)$$

เมื่อ	kWh_{saved}	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	N_{Lamp}	คือ จำนวนหลอด
	$W_{BallastLoss,saved}$	คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียขณะใช้งานที่ลดลง , (วัตต์)
	op	คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

5) วิเคราะห์ด้านระบบปรับอากาศ

5.1) การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

การปรับปรุงเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพก่อนข้างต่ำโดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาจาก ค่ากิโลวัตต์ที่เครื่องปรับอากาศใช้ต่อตันความเย็น ของเครื่องปรับอากาศทำได้จริง (kW/ton) ในกฎกระทรวง ตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 สำหรับอาคารควบคุม แสดงดังตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 โดยค่า kW/ton สามารถหาได้จากสมการ

$$kW / ton = \frac{12}{EER} \quad (2.10)$$

$$\text{เมื่อ} \quad EER = \frac{Btu / hr}{W} \quad (2.11)$$

โดยที่	kW/ton	คือ ส่วนกลับของประสิทธิภาพ , (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)
	EER	คือ Energy Efficiency Ratio , (บีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์)
	Btu/hr	คือ ปริมาณความเย็นที่เครื่องปรับอากาศผลิตได้ , (บีทียู/ชั่วโมง)
	W	คือ พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ , (วัตต์)

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตรฐานการปรับอากาศในอาคารของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ [กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538]

ชนิดส่วนทำความเย็นหรือ เครื่องทำความเย็น	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	
	อาคารใหม่	อาคารเก่า
ก. ส่วนทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็นถึง 500 ตันความเย็น	0.75	0.84
ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น	0.67	0.80
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ(Reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package unit)	0.88	1.06
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw chiller)	0.70	0.84

ตารางที่ 2.4 แสดงค่ามาตรฐานการปรับอากาศในอาคารของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ [กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538]

ชนิดส่วนทำความเย็นหรือ เครื่องทำความเย็น	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	
	อาคารใหม่	อาคารเก่า
ก. ส่วนทำความเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น	1.20	1.38
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (Package unit)	1.37	1.58
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบติดหน้าต่าง / แยกส่วน (Window / Spilt type)	1.40	1.61

ซึ่งเครื่องปรับอากาศมีค่า kW/ton สูงกว่าค่าที่กฎกระทรวงกำหนดควรมีการเปลี่ยนมาใช้เป็นเครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง (High EER) เพราะมีค่า kW/ton ต่ำกว่าที่กฎกระทรวงกำหนด และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำกว่าเดิม โดยมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ หรือเรียกว่า เทอร์โมสแตทชนิดอิเล็กทรอนิกส์ มีหน้าที่ ควบคุมอุณหภูมิในการปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในการสั่งงานให้เครื่องปรับอากาศเดินหรือหยุดได้ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ หากเปรียบเทียบเทอร์โมสแตทชนิดธรรมดา ที่มีแผ่นโลหะผสม (Bi-Metal) เป็นตัวควบคุม ซึ่งมีความต้านทานสูง และมีความแม่นยำต่ำในการสั่งงานให้กับเครื่องปรับอากาศ จะสามารถทำให้เครื่องปรับอากาศ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และให้ปริมาณความเย็น (Btu/hr) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้หลักการคำนวณหาผลประหยัดคิดที่ปริมาณความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ต้องการเท่าเดิม เมื่อทำการปรับปรุงมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงแล้วทำให้มีความสามารถทำปริมาณความเย็นเต็มปีที่ยู ดังนั้นจะทำให้แฟคเตอร์การทำงานของคอมเพรสเซอร์ลดลงส่งผลทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงไปด้วย ดังนั้นสามารถคำนวณการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้จาก

$$kWh_{saved} = (kW / ton_{std} - kW / ton_{HiEER}) \times \left(\frac{Btu / hr_{actual, std}}{12,000} \right) \times op \quad (2.12)$$

$$\text{เมื่อ } Btu / hr_{actual, std} = EER_{Air, std} \times kW_{Air, std} \times 1,000 \times FT_{comp, std} \quad (2.13)$$

โดยที่	kWh_{saved}	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	kW/ton_{std}	คือ ค่า kW/ton ของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง , (กิโลวัตต์/ตัน)
	kW/ton_{HiEER}	คือ ค่า kW/ton ของเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง , (กิโลวัตต์/ตัน)
	$Btu/hr_{actual, std}$	คือ ปริมาณความเย็นที่ทำได้จริงก่อนปรับปรุง , (บีทียู/ชั่วโมง)
	$EER_{Air, std}$	คือ ค่า EER ของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง , (บีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์)
	$kW_{Air, std}$	คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง , (กิโลวัตต์)
	$FT_{comp, std}$	คือ สัดส่วนการใช้งานของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง
	op	คือ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อปี

5.2) การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศถ้าขาดการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ปล่องยให้มีฝุ่นละอองจับบริเวณครีบบระบายความร้อนของชุดระบายความร้อนและแผ่นกรองอากาศของชุดจ่ายลมเย็น จะ

ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดน้อยลงเมื่อเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ และจะมีการใช้พลังงานแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 Compressor energy Efficiency Effect of Change in Condensing Temperature
(Standard SRK4-0250 Compressor)

รายการ	ข้อมูล					
Evap. Temperature (°C)	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Cond. Temperature (°C)	54.4	52.8	51.0	49.4	47.8	46.1
Ambient Temperature (°C)	35	35	35	35	35	35
Liquid Temperature (°C)	48.9	47.2	45.6	43.9	42.0	40.6
Return Gas	10	10	10	10	10	10
Btu/hr	27,900	28,620	29,340	30,060	30,780	31,500
KCal	7,045	7,227	7,409	7,727	7,772	7,955
Power (Watt)	3,700	3,645	3,590	3,535	3,480	3,425
Btu/hr-Watt	7.54	7.85	8.17	8.50	8.84	9.20
KCal/Watt	1.90	1.98	2.06	2.14	2.23	2.32

A decrease of 1.5°C in condensing temperature increase 4% capacity and efficient

การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอซึ่งจะช่วยให้การระบายความร้อนของระบบและประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศดีขึ้น โดยที่จะดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการ เดือนละ 1 ครั้ง

- ใช้ลมเป่า ทำความสะอาดคอยล์เย็น คอยล์ร้อน รวมทั้ง Filter ต่าง ๆ
- ตรวจสอบวงจรการควบคุมต่าง ๆ ว่าทำงานถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่

ไม่ เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิ ห้อง

- ตรวจสอบวัดและบันทึกค่า พลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า

ของคอมเพรสเซอร์ มอเตอร์ พัดลมต่างๆ

2. ดำเนินการ 6 เดือนต่อครั้ง

- ทำการล้างใหญ่เพื่อทำความสะอาดคอยล์เย็น และคอยล์ร้อน โดยใช้ น้ำ

หรือน้ำยาทำความสะอาด

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างที่ประหยัดได้} &= (8.17 - 7.54) / 8.17 \times 100 \\ &= 7.71 \quad \% \end{aligned}$$

จากการดำเนินการดังกล่าว จะสามารถทำให้เครื่องปรับอากาศ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ประมาณ 7.71% ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้จาก

$$kWh_{\text{saved}} = kWh_{\text{Air, std}} \times 0.0771 \quad (2.14)$$

เมื่อ kWh_{saved} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
 $kWh_{\text{Air, std}}$ คือ พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ก่อนปรับปรุง , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)

ข. ด้านพลังงานความร้อน

ในกรณีอาคารมีการผลิต และใช้พลังงานความร้อนต้องวิเคราะห์การใช้เชื้อเพลิงของระบบผลิตและส่งและใช้ เช่น หม้อไอน้ำ ระบบการใช้ไอน้ำ ระบบการทำน้ำร้อน ระบบคอนเดนเสท และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน รวมถึงการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ด้วย

1) วิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน

1.1) การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ใช้ความร้อน

การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ใช้ความร้อน เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อน และประหยัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ดังนี้

$$FU_{\text{saved}} = \frac{Q_L}{\left[\left(\frac{\eta_{\text{Boiler}}}{100} \right) \times LHV \right]} \quad (2.15)$$

เมื่อ FU_{saved} คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ , (ลิตร/ปี)
 Q_L คือ ปริมาณความร้อนสูญเสียที่ลดลง , (MJ/ปี)
 η_{Boiler} คือ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตความร้อน , (%)
 LHV คือ ค่าความร้อนขั้นต่ำของเชื้อเพลิง , (MJ/ลิตร)

1.2) การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

การนำความร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่ คือการนำไอน้ำที่ใช้งานแล้ว ซึ่งอาจล้นตัวแล้วแต่ยังมีความร้อนอยู่ ซึ่งความร้อนนี้ถ้านำมาถ่ายเทให้กับน้ำที่จะป้อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องกรองน้ำ ถังเก็บ เป็นต้น จะทำให้อุณหภูมิของน้ำป้อนก่อนเข้าอุปกรณ์ผลิตความร้อนสูงขึ้น และส่งผลทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง โดยที่ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้เท่าเดิม จะสามารถประหยัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ดังนี้

$$FU_{saved} = \frac{Q_W}{\left[\left(\frac{\eta_{Boiler}}{100} \right) \times LHV \right]} \quad (2.16)$$

- เมื่อ FU_{saved} คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ , (ลิตร/ปี)
 Q_W คือ ปริมาณความร้อนที่สามารถนำกลับมาใช้ได้ , (MJ/ปี)
 η_{Boiler} คือ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตความร้อน , (%)
 LHV คือ ค่าความร้อนขั้นต่ำของเชื้อเพลิง , (MJ/ลิตร)

2) วิเคราะห์ความเหมาะสม ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์

2.1) การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม

อุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวหรือก๊าซโดยทั่วไป ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่เหมาะสม ควรมีอากาศส่วนเกินประมาณ 23.5 % (หรือปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสียที่ออกจากปล่องก๊าซเสียอยู่ในระดับ 4 %) สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง โดยทั่วไปปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่เหมาะสม ควรมีอากาศส่วนเกินประมาณ 50 % (หรือปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสียที่ออกจากปล่องก๊าซเสียอยู่ในระดับ 7 %) จะสามารถประหยัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ดังนี้

$$FU_{saved} = \frac{(\eta_{boiler,eff} - \eta_{boiler,std})}{\eta_{boiler,eff}} \times FU_{std} \quad (2.17)$$

- เมื่อ FU_{saved} คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ , (ลิตร/ปี)
 FU_{std} คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ , (ลิตร/ปี)
 $\eta_{boiler,std}$ คือ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตความร้อนก่อนปรับปรุง , (%)

$\eta_{boiler,eff}$ คือ ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผลิตความร้อนหลังปรับปรุง, (%)

2.2) การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง

การลดค่าใช้จ่ายในด้านน้ำมันเชื้อเพลิงลงโดย การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ มีราคาต่อหน่วยของปริมาณความร้อนที่ถูกกว่าเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่เดิม และผลิตความร้อนได้ไม่น้อยกว่าเดิม สามารถที่จะลดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ เช่น การเปลี่ยนจากน้ำมันเตาเกรด A มาใช้น้ำมันเตาเกรด C ซึ่งมีราคาถูกกว่า และในการเปลี่ยนมาใช้น้ำมันเตาเกรด C นั้น ต้องเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันเตาจาก 30°C ขึ้นมาเป็น 110°C จึงมีการหนืดพอดีและสามารถนำไปใช้ได้กับหัวเผาเดิมได้เป็นต้น

ค. ด้านโครงสร้างอาคาร

ด้านโครงสร้างอาคารจะต้องวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารแต่ละด้าน (Overall Thermal Transfer Value , OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value , RTTV) ของตัวอาคารเพื่อที่จะได้ทราบว่า การออกแบบกรอบอาคารมีประสิทธิภาพการลดหรือต้านทานความร้อนเท่าใด รวมทั้งวิเคราะห์ให้คำแนะนำในการปรับปรุงกรอบอาคารให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1) การวิเคราะห์ด้านโครงสร้างอาคาร

1.1) การติดฟิล์มกรองแสงที่กระจก

ในระบบปรับอากาศนั้น ความร้อนจากภายนอกที่ส่งผ่านกระจกนั้นมีผลทำให้ภาระของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้ามีการติดฟิล์มกรองแสงที่กระจกใส ก็จะทำให้ความร้อนส่งผ่านลดลง มีผลทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้หลักเกณฑ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value , OTTV) ในกฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 สำหรับอาคารใหม่ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อ ตารางเมตร และอาคารเก่าไม่เกิน 55 วัตต์ต่อ ตารางเมตร ถ้าพบว่าค่า OTTV ที่ได้ทำจากการวิเคราะห์ มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ควรทำการลดความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร โดยการติดฟิล์มกรองแสงที่กระจก มีผลทำให้ค่าความร้อนลดลงและสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$kWh_{saved} = \frac{\Delta OTTV \times A_f \times N_{h,f}}{EER_{f,ave} \times 1,000 \times 0.293} \quad (2.18)$$

$$\text{เมื่อ } \Delta OTTV = OTTV_{std} - OTTV_{eff} \quad (2.19)$$

- โดยที่ kWh_{saved} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
 $\Delta OTTV$ คือ ผลต่างของค่า OTTV , (วัตต์/ตารางเมตร)
 $OTTV_{std}$ คือ ค่า OTTV ก่อนปรับปรุง , (วัตต์/ตารางเมตร)
 $OTTV_{eff}$ คือ ค่า OTTV หลังปรับปรุง , (วัตต์/ตารางเมตร)
 A_f คือ พื้นที่กระจกทั้งหมด , (ตารางเมตร)
 $N_{h,f}$ คือ จำนวนชั่วโมงที่กระจกรับความร้อนต่อปี
 $EER_{f,ave}$ คือ ค่า EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งรอบกรอบอาคาร , (บีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์)

1.2) การบุนจนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุด

การบุนจนวนที่ชั้นบนสุด จะเป็นการช่วยลดความร้อนที่ส่งผ่านหลังคา ทำให้ภาระของเครื่องปรับอากาศลดลง มีผลทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยใช้หลักเกณฑ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value , RTTV) ในกฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 สำหรับอาคารใหม่และอาคารเก่าไม่เกิน 25 วัตต์ ต่อ ตารางเมตร ถ้าพบว่า ค่า RTTV ที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ควรทำการลดความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร โดยการบุนจนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุด มีผลทำให้ค่าความร้อนลดลงและสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้ดังนี้

$$kWh_{saved} = \frac{\Delta RTTV \times A_{Rf} \times N_{h,Rf}}{EER_{Rf,ave} \times 1,000 \times 0.293} \quad (2.20)$$

$$\text{เมื่อ } \Delta RTTV = RTTV_{std} - RTTV_{eff} \quad (2.21)$$

- โดยที่ kWh_{saved} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
 $\Delta RTTV$ คือ ผลต่างของค่า RTTV , (วัตต์/ตารางเมตร)
 $RTTV_{std}$ คือ ค่า RTTV ก่อนปรับปรุง , (วัตต์/ตารางเมตร)
 $RTTV_{eff}$ คือ ค่า RTTV หลังปรับปรุง , (วัตต์/ตารางเมตร)

- A_{Rf} คือ พื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุดของอาคาร , (ตารางเมตร)
 $N_{h,Rf}$ คือ จำนวนชั่วโมงที่หลังการรับความร้อนต่อปี
 $EER_{Rf,ave}$ คือ ค่า EER เฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งชั้นบนสุดของอาคาร , (บีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์)

ง. การวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ

โดยจะทำการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ทั้งหมดด้านพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ดังนี้

1) ด้านพลังงานไฟฟ้า

1.1) อาคารประเภทโรงแรม จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ห้อง-เดือน) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี} \times 100}{\text{จำนวนห้องพัก} \times \% \text{จำหน่ายห้องพักต่อเดือน} \times \text{วันทำงานต่อปี}} \quad (2.22)$$

1.2) อาคารประเภทโรงพยาบาล จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/เตียง-วัน) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี} \times 100}{\text{จำนวนเตียง} \times \% \text{คนไข้นอนพักต่อเดือน} \times \text{วันทำงานต่อปี}} \quad (2.23)$$

1.3) อาคารประเภทอื่นๆ จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า , (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อปี}}{\text{พื้นที่ปรับอากาศ} + \text{พื้นที่ไม่ปรับอากาศ}} \quad (2.24)$$

2) ด้านพลังงานความร้อน

2.1) อาคารประเภทโรงแรม จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานความร้อน , (เมกะจูล/ห้อง-เดือน) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน} = \frac{\text{ค่าความร้อนขั้นต่ำของเชื้อเพลิง} \times \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี} \times 100}{\text{จำนวนห้องพัก} \times \% \text{จำหน่ายห้องพักต่อเดือน} \times \text{วันทำงานต่อปี}} \quad (2.25)$$

2.2) อาคารประเภทโรงพยาบาล จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานความร้อน , (เมกะจูล/เตียง-วัน) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน} = \frac{\text{ค่าความร้อนขั้นต่ำของเชื้อเพลิง} \times \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี} \times 100}{\text{จำนวนเตียง} \times \% \text{คนไข้นอนพักต่อเดือน} \times \text{วันทำงานต่อปี}} \quad (2.26)$$

2.3) อาคารประเภทอื่นๆ จะสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานความร้อน , (เมกะจูล/ตารางเมตร) ได้จาก

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน} = \frac{\text{ค่าความร้อนขั้นต่ำของเชื้อเพลิง} \times \text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี}}{\text{พื้นที่ปรับอากาศ} + \text{พื้นที่ไม่ปรับอากาศ}} \quad (2.27)$$

จ. วิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนในการประหยัดพลังงาน

วิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนในการประหยัดพลังงาน โดยจะต้องศึกษาความเหมาะสมในการลงทุนของอาคาร จากการประเมินผลค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และ/หรือติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบใหม่โดยการลงทุนดังกล่าวจะต้องมีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายในแต่ละรายการที่ทำการปรับปรุง และให้อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 หรือระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 7 ปี หรือไม่เกินอายุการใช้งานของอุปกรณ์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนในการประหยัดพลังงาน จะดำเนินการโดยการ วิเคราะห์ถึงการลงทุน อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาการคืนทุน และผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และ/หรือติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ระบบใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน โดยมีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายในแต่ละรายการที่ทำการปรับปรุง

2.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ความรู้ทางเศรษฐศาสตร์ได้ถูกนำมาเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจซึ่งจะพิจารณาว่าระบบใดให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุดหรือมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์วิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมากคือ

2.5.1 วิธีประเมินโดยคิดระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้คำนวณหาปีที่คุ้มทุนของโครงการที่พิจารณา ซึ่งจะไม่มีการคิดภาษี และนำดอกเบี้ยมาร่วมวิเคราะห์ ทำให้ง่ายแก่การคำนวณ ระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period , SPB) สามารถคำนวณได้จาก

$$SPB = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{รายได้เฉลี่ยต่อปี} - \text{รายจ่ายเฉลี่ยตลอดปี}} \quad (2.28)$$

โครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุดจะเป็นโครงการที่ถูกเลือกมาใช้งาน

2.5.2 วิธีประเมินโดยคิดอัตราผลตอบแทนการคืนทุน (Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนหมายถึงอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายการลงทุน หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนคืออัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิในการลงทุน (Net Present Value , NPV) เท่ากับศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์ วิธีนี้มีการนำเอาค่าอัตราดอกเบี้ยมาร่วมคำนวณด้วย ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องมากขึ้น

วิธีการหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนเป็นการหาโดยใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial and error) ค่าอัตราส่วนลดที่หาได้คือค่า IRR นั่นคือค่า i ที่ทำให้ $NPV(i) \sim 0$

$$NPV = \sum_{n=1}^N \left(\frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC \right) = 0 \quad (2.29)$$

$$\text{เมื่อ } TIC = \sum_{n=1}^N \left(\frac{NCF_n}{(1+i)^n} \right) \quad (2.30)$$

โดยที่ TIC คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนทั้งหมด
 NCF_n คือ กระแสเงินสดสุทธิของปีที่ n
 i คือ อัตราผลตอบแทนการคืนทุน
 N คือ อายุการใช้งานของอุปกรณ์

2.6 การจัดทำรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

การจัดทำรายงานข้อเสนอแนะ และแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพ และ/หรือดัดแปลงแก้ไขอุปกรณ์เครื่องจักร หรือระบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เหมาะสมของอาคารที่ทำการสำรวจ จะดำเนินการโดยรวบรวมรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์ และข้อเสนอเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน และสรุปทำรายงานในอาคารที่ทำการสำรวจ โดยรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ

2.6.1 ส่วนนำ (Preliminaries) ประกอบด้วย

- ก. ปก (Cover) ประกอบด้วยปกหน้า และปกหลัง
- ข. ไบรอนปก (Fly leaf) เป็นกระดาษเปล่าขนาดเดียวกับกระดาษที่ใช้พิมพ์รายงาน โดยต้องรองทั้งปกหน้า และปกหลังด้านละหนึ่งแผ่น
- ค. หน้าปกใน (Title page) เป็นหน้าที่มีข้อความหน้าแรกของรายงาน
- ง. บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการย่อสาระสำคัญของรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร เช่น สรุปผลการวิเคราะห์ด้านการประหยัดพลังงานในด้านต่างๆ ฯลฯ
- จ. สารบัญ (Table of contents) เป็นบัญชีแสดงการแบ่งเนื้อเรื่องออกเป็นบท โดยระบุชื่อบทพร้อมหมายเลขหน้า ตามที่ปรากฏในรายงานการตรวจวิเคราะห์ฯ

2.6.2 ส่วนเนื้อความ (Text) ประกอบด้วย

บทที่ 1 ลักษณะของอาคารและการใช้พลังงานในอาคาร ประกอบด้วย

1.1 ข้อมูลทั่วไป

- 1) ชื่อนิติบุคคล หรือชื่ออาคาร
- 2) ที่ตั้งอาคาร
- 3) ประเภทอาคาร
 - โรงแรม
 - โรงพยาบาล
 - สำนักงาน
 - ศูนย์การค้า
 - สถานศึกษา
 - อื่นๆ
- 4) เปิดใช้งานเมื่อ

5) เวลาทำงาน

6) จำนวนห้อง สำหรับอาคารประเภทโรงแรม , จำนวนเตียง สำหรับอาคารประเภทโรงพยาบาล , จำนวนพื้นที่ที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร สำหรับอาคารประเภทอื่นๆ

7) ร้อยละของห้องที่กำหนดต่อเดือน สำหรับโรงแรม , จำนวนคนไข้ในและคนไข้นอกต่อเดือน สำหรับโรงพยาบาล

8) จำนวนพื้นที่อาคาร

- พื้นที่รวม
- พื้นที่ปรับอากาศ
- พื้นที่ไม่ปรับอากาศ
- พื้นที่จอดรถ

9) รายชื่อผู้ติดต่อ และตำแหน่ง

1.2 ลักษณะของอาคารเป็นข้อมูลรายละเอียดของลักษณะอาคาร เช่น รูปทรง จำนวนชั้น ลักษณะของผนัง และฯลฯ

1.3 การใช้พลังงานในอาคาร

1) การใช้พลังงานไฟฟ้า

- ปริมาณ
- ราคา
- ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

2) การใช้พลังงานเชื้อเพลิง

- ชนิด
- ปริมาณ
- ราคา

3) การใช้น้ำ

- ชนิด
- ปริมาณ
- ราคา

4) สัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร

- สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร
- สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนของอาคาร

5) รายละเอียดของเครื่องจักร อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน

- รายละเอียดของระบบไฟฟ้ากำลัง
- รายละเอียดของระบบปรับอากาศ
- รายละเอียดของระบบแสงสว่าง
- รายละเอียดของระบบความร้อน
- รายละเอียดของเครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบอื่นๆ

บทที่ 2 แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ประกอบด้วย

2.1 แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

1) ระบบกรอบอาคาร

- การติดฟิล์มกรองแสงที่กระจก
- การบุนนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุด

2) ระบบปรับอากาศ

- การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
- การใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง (High EER)

3) ระบบแสงสว่าง

- การใช้หลอดชนิดประหยัดพลังงาน
- การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง
- การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน แบบ Low Watt Loss
- การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน แบบ Electronic

4) ระบบไฟฟ้ากำลัง

- การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่หม้อแปลงไฟฟ้า
- การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่ตู้เมนไฟฟ้าหลัก (MDB)
- การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า

2.2 แนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิง

1) ระบบความร้อน

- การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
- การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง
- การหุ้มฉนวนกันความร้อนอุปกรณ์การใช้ไอน้ำ
- การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

บทที่ 3 สรุปแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายด้านการอนุรักษ์พลังงาน

บทที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

4.1 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่นอกเหนือมาตรการที่เสนอในบทที่ 3

4.2 ข้อเสนอแนะทั่วไป

บทที่ 5 สรุประดับการศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร

2.6.3 ภาคผนวก (Appendix) จะประกอบด้วย

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการสำรวจและการตรวจวัดการใช้พลังงาน

ก.1 ข้อมูลการสำรวจและการตรวจวัดด้านไฟฟ้า

- 1) Single Line Diagram
- 2) รายละเอียดการตรวจวัดด้านไฟฟ้า
- 3) ตารางแสดงค่ามาตรฐานของสายไฟแต่ละขนาด

ก.2 ระบบกรอบอาคาร

- 1) รายละเอียดโครงสร้างของกรอบอาคาร

ก.3 ระบบปรับอากาศ

- 1) รายละเอียดการตรวจวัดระบบปรับอากาศ
- 2) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ
- 3) การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การทำความเย็น (COP) และ/หรืออัตราส่วน ประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ (EER)

ประสิทธิภาพพลังงานของระบบปรับอากาศ (EER)

ก.4 ระบบแสงสว่าง

- 1) รายละเอียดการตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ก.5 ระบบความร้อน

- 1) แผนผังการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและความร้อน
- 2) รายละเอียดการตรวจวัดระบบความร้อน
- 3) การคำนวณสมดุลพลังงานความร้อนและประสิทธิภาพของอุปกรณ์หลัก

ภาคผนวก ข. รายละเอียดการคำนวณการประหยัดพลังงาน

ข.1 หลักการและรายละเอียดการคำนวณการประหยัดพลังงานด้านไฟฟ้า

- 1) ระบบกรอบอาคาร
 - การติดตั้งกรงแสงที่กระจก
 - การบุนนนวนกันความร้อนฝ้าเพดานของพื้นที่ปรับอากาศชั้นบนสุด
- 2) ระบบปรับอากาศ

- การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ
- การใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง (High EER)

3) ระบบแสงสว่าง

- การใช้หลอดชนิดประหยัดพลังงาน
- การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง
- การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน แบบ Low Watt Loss
- การใช้บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน แบบ Electronic

4) ระบบไฟฟ้ากำลัง

- การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่หม้อแปลงไฟฟ้า
- การติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่ตู้เมนไฟฟ้าหลัก (MDB)
- การปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า

ข.2 แนวทางการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อน

1) ระบบความร้อน

- การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม
- การเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง
- การหุ้มนวนกันความร้อนอุปกรณ์การใช้ไอน้ำ
- การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่