สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กรณีศึกษาการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

นางสาวภูริสา ดิฐกมล

นางสาวรดีบูรณ์ ชินสุทธิ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42399
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง กรณีศึกษาการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

โดย นางสาวภูริสา ดิฐกมล
นางสาวรดีบูรณ์ ชินสุทธิ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายจิรศักดิ์ จิระวารี [1]
1. ผู้จัดการแผนกวิเคราะห์และประเมินโรงไฟฟ้า กองวิศวกรรมการผลิต ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

.....กรรมการ
(นายจิรศักดิ์ จิระวารี)

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ
(อ.บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง กรณีศึกษาการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม
โดย นางสาวภูริสา ดิฐกมล
นางสาวรดีบูรณ์ ชินสุทธิ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายจิรศักดิ์ จิระวารี [1]
1. ผู้จัดการแผนกวิเคราะห์และประเมินโรงไฟฟ้า กองวิศวกรรมการผลิต ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นกรณีศึกษาการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม และได้อธิบายมาตรการเบื้องต้นในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม รวมถึงการควบคุมทางด้านนโยบายและการปฏิบัติเพื่อวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจสอบพลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารและโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการด้านพลังงานที่ดี มีการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงาน โดยวัดพลังงานที่ใช้ทั้งหมด เพื่อหามาตรการและแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานหรือเป้าหมายการใช้พลังงาน

การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม โดยกองตรวจสอบพลังงาน ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตามความต้องการของคณะกรรมการด้านการอนุรักษ์พลังงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม สรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้ ไม่มีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร เนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของผนังทุกด้านและหลังคาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวง ในส่วนพลังงานไฟฟ้า เสนอมาตรการ 3 แนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน คือ การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชุด การใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ และการใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับด้านพลังงานความร้อนไม่มีการดำเนินการ เนื่องจากไม่มีการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานความร้อนในกระบวนการผลิต ซึ่งคาดว่าถ้าได้ดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการต่าง ๆ ที่เสนอจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 14,207,305 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นมูลค่าประมาณ 22,106,568 บาท/ปี โดยจะมีเงินลงทุนทั้งสิ้นประมาณ 20,632,727 บาท และระยะเวลาคืนทุน 0.93 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title A Case Study of Energy Auditing at Khao Leam Hydro Power Plant

By Miss Bhurisa Thitakamol

Miss Radiboon Chinsutthi

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering

Advisor Asst.Prof.Dr Anchaleeporn Waritswat Lothongkum

Co-Advisor Mr. Jirasak Jirawaree[1]

1. Manager of Section, Plant Performance Assessment and Evalution, Department of Production Engineering, Division of Efficiency Control, Electricity Generating Authority of Thailand

Report for Bachelor Degree of Chemical Engineering Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This work presents the energy auditing at Khao Leam Hydro Power Plant and explains the principles of energy conservation in the designated buildings and factories as well as the policy and the operational control to use energy efficiently.

Energy auditing in designated buildings and factories is necessary for a building or factory, which wants to have a good energy management, reduce environmental impacts from energy production, plan the significant energy conservation and set up the energy consumption target.

The preliminary energy auditing at Khao Leam Hydro Power Plant by the Department of Energy Audit Department, the Division of Efficiency Control, the Electricity Generating Authority of Thailand under the requirement of the Energy Conservation Committee of the Power Plant was investigated. The results showed that no improvement was required for the solar radiation reduction since the Overall Thermal Transfer Value and the Roof Thermal Transfer Value met the regulations of the Ministry of Science, Technology and Environment. On electricity savings, 3 countermeasures were proposed, i.e., conserving the energy in air coolers of three generators, using high efficiency air conditioning systems, and low-loss ballasts. Lastly, for the thermal energy aspect, no action was taken since no fuel and thermal energy was used in the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

main electricity production process. With the proposed improvements, the expected electricity of about 14,207,305 kWh/year could be saved, which costs about 22,106,568 baht/year. The capital cost is about 20,632,727 baht and the payback period is 0.93 year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อนุญาตให้คณะผู้จัดทำเข้าร่วมทีมตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

คุณสุชา เหมือนแก้ว ผู้จัดการกองวิศวกรรมการผลิต คุณวิชัย อุ่นประเสริฐ ผู้จัดการกองตรวจสอบพลังงาน และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของกองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ข้อมูล คำปรึกษา คำแนะนำ ความอนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

ผศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา และอาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ข้อมูล คำปรึกษา คำแนะนำด้านต่าง ๆ

ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา และคุณจิรศักดิ์ จิระวารี ผู้จัดการแผนกวิเคราะห์และประเมินโรงไฟฟ้า กองวิศวกรรมการผลิต ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงงานนี้มาโดยตลอด และตรวจแก้ไขโครงงาน ทำให้โครงงานฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ บิดา มารดา ครูอาจารย์ทุกท่านที่ทำให้มีวันนี้ ถ้ามีสิ่งผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวภูริสา ดิฐกมล
นางสาวรดีบูรณ์ ชินสุทธิ
11 มีนาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....ฉ

กิตติกรรมประกาศ.....ช

สารบัญ.....ฌ

สารบัญภาพ.....ฐ

สารบัญตาราง.....ฒ

สัญลักษณ์.....ต

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....4

1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....5

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน.....5

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน.....6

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบพลังงาน.....7

2.1 ความสำคัญของพลังงานและการตรวจสอบพลังงาน.....7

2.2 กฎหมายด้านพลังงาน.....8

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน.....14

2.4 การตรวจสอบพลังงานและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน.....19

2.5 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน.....25

บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม.....27

3.1 ความเป็นมาเขื่อนเขาแหลม.....27

3.2 งานก่อสร้าง.....28

3.3 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน.....29

3.4 ประโยชน์เขื่อนเขาแหลม.....32

บทที่ 4 รายละเอียดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ทั้งหมดของโรงไฟฟ้า.....43

4.1 ลักษณะการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงาน.....43

4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 รายละเอียดอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน.....47
4.4 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้า.....55
บทที่ 5 การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน.....62
5.1 การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงาน.....62
5.2 การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง.....79
5.3 การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น.....87
5.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง.....96
5.5 การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat utilization).....98
5.6 การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า.....101
5.7 การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง.....113
5.8 การป้องกันการสูญเสียพลังงาน.....119
5.9 การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง.....119
5.10 การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง.....120
บทที่ 6 การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อน.....126
6.1 ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....126
6.2 แนวทางในการแก้ปัญหาสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด.....130
6.3 ประวัติการทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....131
6.4 การออกแบบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 134
6.5 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3.....135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 7 สรุปการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและภาพโดยรวมเมื่อเสร็จสิ้นการตรวจสอบพลังงาน.....138
7.1 สรุปความคิดเห็นของผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535.....138
7.2 สรุปการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและภาพโดยรวม.....139
เอกสารและเวปไซต์อ้างอิง.....147
ภาคผนวก.....150
ภาคผนวก ก พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.๒๕๔๐.....151
ภาคผนวก ข พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕.....156
ภาคผนวก ค ผลการสำรวจหาปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านผนังและหลังคาอาคาร.....168
ภาคผนวก ง ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้โคมประสิทธิภาพสูง.....179
ภาคผนวก จ ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง.....209
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง.....211
ภาคผนวก ช ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและผลการคำนวณการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้า.....222
ภาคผนวก ซ ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็น.....230
ภาคผนวก ฌ ผลการสำรวจการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 3.....242
ภาคผนวก ญ โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์.....257
ภาคผนวก ฎ ค่า Gross Capacity Factor (GCF) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....260
ภาคผนวก ฏ เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงาน.....262

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฐ บทความทางวิชาการตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยรังสิต Volume 5 ฉบับที่ 1 2544
ฐ.1 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม หน้า 5-12
ฐ.2 การตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม หน้า 63-72.....270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าแยกตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า.....1

รูปที่ 1.2 สถิติการผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทพลังงาน.....2

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานอนุรักษ์พลังงาน.....18

รูปที่ 3.1 แผนผังที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....35

รูปที่ 3.2 แผนผังบริเวณโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....36

รูปที่ 3.3 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศเหนือ.....37

รูปที่ 3.4 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศใต้.....37

รูปที่ 3.5 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศตะวันออก.....38

รูปที่ 3.6 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศตะวันตก.....38

รูปที่ 3.7 อาคารที่ทำการด้านทิศเหนือ.....39

รูปที่ 3.8 อาคารที่ทำการด้านทิศใต้.....39

รูปที่ 3.9 อาคารที่ทำการด้านทิศตะวันออก.....40

รูปที่ 3.10 อาคารที่ทำการด้านทิศตะวันตก.....40

รูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ.....47

รูปที่ 5.1 ขนาดของหลอดและกำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง.....81

รูปที่ 5.2 แผนภาพเวกเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานปรากฏ กำลังงานจริง และพลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก.....102

รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอินดักทีฟโหลด.....103

รูปที่ 5.4 ลักษณะของตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ในวงจรอินดักทีฟโหลด.....104

รูปที่ 6.1 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....128

รูปที่ 6.2 ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....129

รูปที่ 6.3 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภท Cross flow One fluid mixed and one fluid unmixedกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ซ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำ.....236
รูปที่ ซ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำ.....237
รูปที่ ซ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศ.....238
รูปที่ ซ.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอากาศกับอุณหภูมิของน้ำ.....239
รูปที่ ซ.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของอากาศกับอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น...240
รูปที่ ซ.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์กับอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ.....241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทของโรงงานควบคุม.....9

ตารางที่ 3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีงบประมาณต่าง ๆ 41

ตารางที่ 3.2 ข้อกำหนดตัวเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ.....41

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมโดย บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น. 42

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของกังหันน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมโดย บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น.....42

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....48

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของมอเตอร์ไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....49

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขา แหลม.....50

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....54

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของกังหันน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....54

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ในระบบแสงสว่าง.....56

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า.....57

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างที่ใช้งานเป็นประจำ.....59

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น.....60

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนบางประเภท.....70

ตารางที่ 5.2 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละประเภท.....80

ตารางที่ 7.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....140

ตารางที่ 7.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สมควรดำเนินการลงทุน.....141

ตารางที่ 7.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมก่อนการตรวจสอบพลังงานและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังจากดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน.....142

ตารางที่ 7.4 สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของอาคารสำนักงานและอาคารโรงไฟฟ้า.....170
ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคารสำนักงาน.....171
ตารางที่ ค.3 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกและหลังคาอาคารโรงไฟฟ้า.....176
ตารางที่ ง.1 สรุปพื้นที่ใช้งานส่วนต่าง ๆ ในระบบแสงสว่างของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....182
ตารางที่ ง.2 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของระบบแสงสว่าง.....183
ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง.....184
ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง.....189
ตารางที่ ฉ.1 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี.....213
ตารางที่ ฉ.2 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 3-5 ปี.....214
ตารางที่ ฉ.3 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 5-8 ปี.....214
ตารางที่ ฉ.4 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่างที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี.....215
ตารางที่ ฉ.5 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี.....216
ตารางที่ ฉ.6 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 3-5 ปี.....218
ตารางที่ ฉ.7 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 5-8 ปี.....218
ตารางที่ ฉ.8 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี.....219
ตารางที่ ช.1 ผลการวิเคราะห์การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง.....224
ตารางที่ ช.2 แบบสำรวจมอเตอร์ไฟฟ้า.....225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ช.4 กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งทั้งหมดในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....229
ตารางที่ ซ.1 โปรแกรมคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็น.....231
ตารางที่ ซ.2 ข้อมูลที่ใช้สร้างสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่น
ของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำ.....233
ตารางที่ ซ.3 ข้อมูลที่ใช้สร้างสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่น
ของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศ.....234
ตารางที่ ซ.4 ข้อมูลที่ใช้สร้างสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิ
ขาออกของอากาศและอุณหภูมิขาเข้าของอากาศกับอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์.....235
ตารางที่ ฌ.1 การตรวจวัดเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1.....253
ตารางที่ ฌ.2 การตรวจวัดเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 3.....254
ตารางที่ ฌ.3 ข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจเครื่องระบายความร้อน
ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3.....256
ตารางที่ ญ.1 โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์
การใช้โคมไฟฟ้า.....258
ตารางที่ ญ.2 โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์
เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง.....259
ตารางที่ ฎ.1 ค่าGross Capacity Factor (GCF) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.....261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

A_i : พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ตารางเมตร)

c_{pa} : ค่าความจุความร้อนของอากาศ (กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)

c_{pw} : ค่าความจุความร้อนของน้ำ (กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)

g_c : ค่าตัวประกอบเปลี่ยนแปลง (กิโลเมตรเมตร/นิวตัน/วินาที^{2})

m_a : อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (กิโลกรัม/วินาที)

n_1 : ประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั่วไป

n_2 : ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

q_a : อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศ (กิโลวัตต์)

Q_a : อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

Q_w : อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

T_{ina} : อุณหภูมิของอากาศขาเข้า (องศาเซลเซียส)

T_{inw} : อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า (องศาเซลเซียส)

T_{outa} : อุณหภูมิของอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)

T_{outw} : อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออก (องศาเซลเซียส)

U_f : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางเมตร/องศาฟาเรนไฮต์)

U_r : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ(วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางเมตร/องศาฟาเรนไฮต์)

U_s : สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของแสงที่ช่องรับแสง (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางเมตร/องศาฟาเรนไฮต์)

V_a : ความเร็วของอากาศ (เมตร/วินาที)

V_w : ความเร็วของน้ำหล่อเย็น (เมตร/วินาที)

ΔT : ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์)

ρ_a : ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

ρ_w : ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

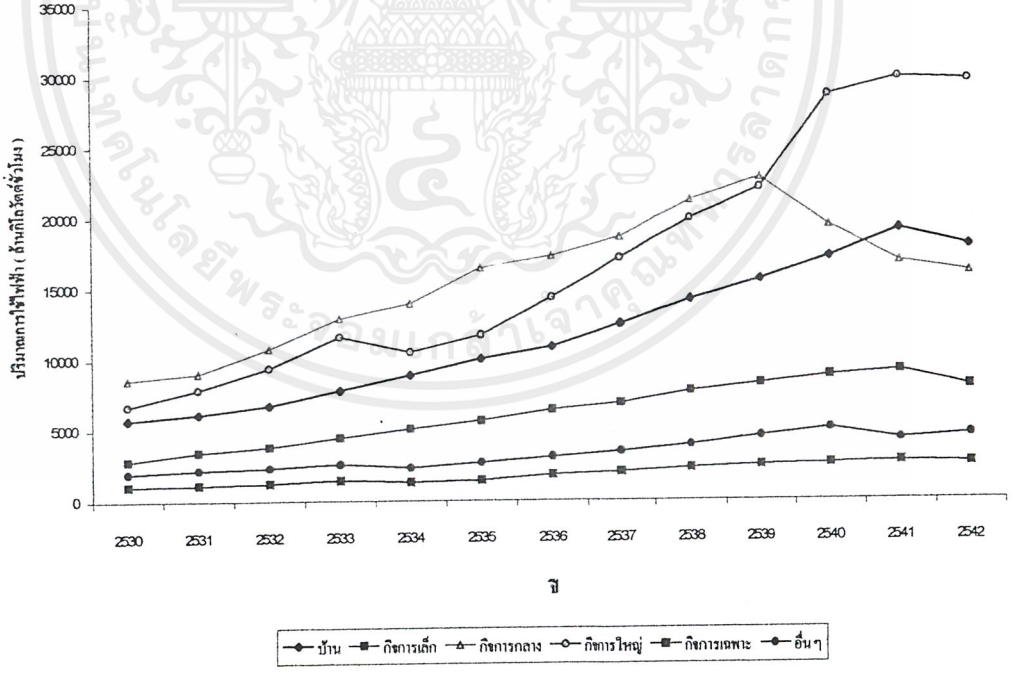
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน [1-3]

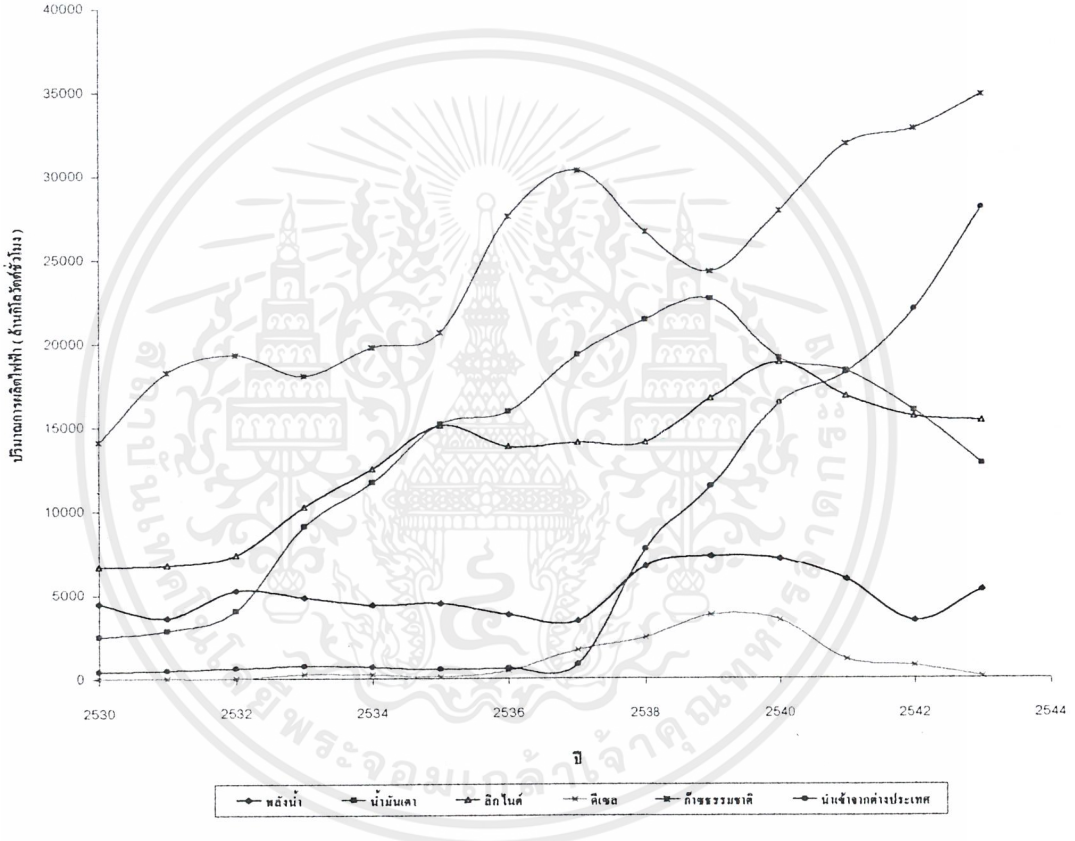
ประเทศไทยมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องในภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจ ถึงแม้ว่าจะมีการชะลอตัวบ้างในบางช่วง แต่แนวโน้มของความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศยังคงเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสูง



รูปที่ 1.1 สถิติการใช้ไฟฟ้าแยกตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง) [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.1 พบว่า ความต้องการใช้ไฟฟ้าจากปีพ.ศ. 2530 ถึงปีพ.ศ. 2542 เพิ่มขึ้นจาก 24,082 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง เป็น 78,729 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง โดยมีภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่ของปริมาณที่ผลิตได้ และได้มีการพยากรณ์ว่าในปีพ.ศ. 2554 จะมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 30,587 เมกะวัตต์ และมีการใช้พลังงานสูงสุด 194,930 ล้านหน่วย/ปี



รูปที่ 1.2 สถิติการผลิตไฟฟ้าแยกตามประเภทพลังงาน (ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง) [2]

จากรูปที่ 1.2 นั้นจะได้ข้อสรุปว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่มาจากพลังงานจากก๊าซธรรมชาติเป็นหลัก และแนวโน้มของการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศก็มีแต่จะเพิ่มขึ้นในแต่ละปี สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะมาจากการที่ทรัพยากรของประเทศนั้นหาได้ยากขึ้น หรืออาจจะมาจากสมรรถภาพของโรงไฟฟ้าที่ยังมีประสิทธิภาพไม่ได้ตามที่ควรจะเป็น ดังนั้นประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าเหล่านี้จึงมีผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศ การตรวจสอบการใช้พลังงานของโรงไฟฟ้าเหล่านี้จึงมีความสำคัญ อีกทั้งเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นโยบายของรัฐบาลและพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน พ.ศ.2535 โดยมีสาระสำคัญให้มีการผลิตและใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ โดยกลุ่มเป้าหมายหลักที่พระราชบัญญัตินี้เข้าไปกำกับดูแล ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมควบคุมและอาคารธุรกิจควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจเป็นกลุ่มที่มีการใช้พลังงานมาก แต่ลักษณะการนำพลังงานไปใช้ของโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไปยังไม่ประหยัดและคุ้มค่าเท่าที่ควรจะเป็น

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานมีบทบัญญัติของกฎหมายอยู่ในหมวด 1 มาตรา 7 ของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ในกฎหมายแนะนำวิธีการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

- การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
- การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
- การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
- การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
- การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงตัวประกอบกำลัง การลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
- การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
- การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

นอกจากนี้ในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตนั้นก็มีผลต่อการใช้พลังงานในโรงงานเช่นกัน จึงได้มีบทบัญญัติของกฎหมายอยู่ในหมวด 3 มาตรา 23 ของพระราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องจักร อุปกรณ์และส่งเสริมการใช้วัสดุเพื่ออนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดำเนินการดังนี้

- กำหนดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามประเภท ขนาด ปริมาณการใช้พลังงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างใด เป็นเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

- กำหนดวัสดุตามประเภท คุณภาพ และมาตรฐานอย่างใด เป็นวัสดุเพื่อใช้ในการอนุรักษ์พลังงาน

โครงงานนี้เป็นกรณีศึกษาเพื่อตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ซึ่งทำให้มีการจัดการด้านพลังงานที่ดี ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงาน ทั้งโดยรวมและมุ่งเน้นไปเฉพาะหน่วยปฏิบัติการ คือ เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยตรง และรวบรวมแนวทางที่จะทำการประหยัดพลังงานตามมาตรฐานของกฎกระทรวง ที่ได้ออกตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ที่คณะผู้จัดทำเข้าร่วมงานกับกองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลมโดยใช้วิธีการตรวจสอบพลังงาน และมุ่งเน้นที่เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อเสนอแนวทางของการปรับปรุงแก้ไขการใช้พลังงานของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เป็นไปตามมาตรฐานของกฎกระทรวง และผลกระทบของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต่อการใช้พลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกระบวนการผลิตไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการผลิตไฟฟ้าก่อนและหลังที่จะมีการปรับปรุงแก้ไข

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบพลังงาน

1.3.2 ศึกษาการตรวจสอบพลังงานในโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตไฟฟ้ามีหน่วยปฏิบัติการหลายรูปแบบ จึงมุ่งเน้นศึกษาเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1.3.3 ศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากข้อมูลที่ได้สำรวจเอาไว้แล้วและทำการตรวจสอบวัดการใช้พลังงานจริงของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.3.4 เก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นำมาทำการวิเคราะห์การใช้พลังงาน การหาอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมในเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และศึกษาผลกระทบของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกระบวนการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด รวมทั้งเสนอแนวทางที่พอจะเป็นไปได้ในการปรับปรุงเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน

1.4.1 ได้แนวทางในการปรับปรุงเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.4.2 สามารถคำนวณหาอัตราการไหลที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็นซึ่งเป็นอัตราการไหลที่น้อยที่สุดที่จะรักษาอุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ให้อยู่ในระดับที่กำหนดได้ และน้ำหล่อเย็นที่ลดได้นี้จะสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 เกิดการประหยัดพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

1.4.4 โครงงานนี้จะเป็นแนวทางในการนำไปใช้ปรับปรุงการใช้พลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.4.5 เพื่อเป็นกรณีตัวอย่างให้โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ หันมาให้ความสนใจอย่างจริงจังในการศึกษาและดำเนินการประหยัดพลังงานอย่างถูกวิธี

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษากฎหมายเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานทั้งในพระราชบัญญัติพระราชกฤษฎีกา และกฎกระทรวง

1.5.2 ศึกษาหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบพลังงาน

1.5.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสำหรับการตรวจสอบพลังงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม รวมทั้งทฤษฎีเบื้องต้นของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.5.4 สำรวจและตรวจสอบการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

1.5.5 เก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาผลสรุปการใช้พลังงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม และเสนอแนวทางการปรับปรุงการทำงานของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการตรวจสอบพลังงาน

2.1 ความสำคัญของพลังงานและการตรวจสอบพลังงาน [4-5]

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตทุกประเภท โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบการต่าง ๆ จะต้องอาศัยพลังงาน 2 รูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากเชื้อเพลิงต่าง ๆ โดยมีสัดส่วนการใช้งานที่แตกต่างกันตามแต่ประเภทของอุตสาหกรรม การใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น เพื่อให้กิจการสามารถดำเนินการและแข่งขันได้ โรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องหาแนวทางต่าง ๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต แนวทางหนึ่งคือการตรวจสอบพลังงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการจัดการด้านพลังงาน จะช่วยให้อาคารหรือโรงงานควบคุมมีการจัดการด้านพลังงานที่ดี โดยทำการวัดการใช้พลังงานจริงแล้วเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ ซึ่งจะชี้ให้เห็นปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละระบบ ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานซึ่งจะทำให้มีการผลิตและใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ การตรวจสอบพลังงานเป็นงานที่ต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะได้มีการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้พลังงานตามทฤษฎีกับการใช้จริง ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นว่าพลังงานได้ถูกใช้ไปอย่างใดบ้าง ทำไมต้องใช้ ใช้ไปเท่าใด และเสียค่าใช้จ่ายเท่าใด เมื่อทราบถึงลักษณะการใช้พลังงาน จะช่วยให้สามารถหาวิธีการที่จะประหยัดพลังงานและลดต้นทุนการผลิตได้ การประหยัดพลังงานในความหมายทั่วไปคือความพยายามที่จะใช้พลังงานให้น้อยลง อีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ คือ รัฐบาลต้องออกกฎหมายด้านพลังงานงานบังคับใช้ เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานอย่างจริงจัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 กฎหมายด้านพลังงาน [1,3-8]

การอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่ปีพ.ศ. 2516 ซึ่งขณะนั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นมาก ประเทศไทยเป็นหนึ่งในหลายประเทศที่ประสบปัญหาทางด้านน้ำมันเชื้อเพลิง ในสถานการณ์ดังกล่าวมาตรการการประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ดำเนินการ เพื่อแก้ไขการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศ เช่น การปิดปั๊มน้ำมันในเวลากลางคืน ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในทางสาธารณะลงร้อยละ 50 (เปิดควงเว้นควง) ห้ามรถบรรทุกวิ่งในที่จราจรติดขัด จำกัดความเร็วรถบนทางหลวงไม่เกิน 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง กำหนดให้มีเส้นทางเฉพาะรถประจำทางในกรุงเทพมหานคร 16 สาย ห้ามโรงงานใช้ไฟในช่วงโหลดสูงสุด (Peak load) (เวลา 18.30-21.30 น.) ให้บริการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานและอาคาร สนับสนุนเงินกู้อัตราดอกเบี้ยต่ำแก่โรงงานที่ต้องการลงทุนอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้ถูกละเลยไป จนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์พลังงานของโลกครั้งที่ 2 จึงเป็นจุดที่ก่อให้รัฐบาลเกิดแนวความคิดที่จะต้องออกกฎหมายใช้บังคับเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง ดังเช่นในหลาย ๆ ประเทศที่มีกฎหมายลักษณะนี้

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและพัฒนาสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2530-2534) รัฐบาลได้กำหนดให้มีการใช้พลังงานภายในประเทศอย่างประหยัดขึ้น โดยมีการรณรงค์ ชักชวน การประชาสัมพันธ์ และแนะนำวิธีการประหยัดพลังงานให้กับหน่วยงานของรัฐและเอกชน แต่ที่ผ่านมายังไม่เกิดผลในการประหยัดพลังงานภายในประเทศอย่างเด่นชัด เนื่องจากไม่มีมาตรการกำหนดบทลงโทษแก่ผู้ละเลยแต่อย่างใด ดังนั้นในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) จึงได้มีแผนการประหยัดพลังงานภายในประเทศขึ้น โดยออกพระราชกฤษฎีกาและกฎกระทรวงรองรับ

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (รายละเอียดดูจากภาคผนวก ก และ ข) ได้ประกาศใช้เมื่อวันที่ 3 เมษายน พ.ศ.2535 เหตุที่ต้องมีการประกาศใช้เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานในประเทศสูงขึ้นเพื่อชะลอภาระการจัดหาหรือจัดสร้างแหล่งพลังงานภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนอกประเทศ ก่อให้เกิดการผลิตเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นภายในประเทศ โดยที่กำหนดกลุ่มเป้าหมายคืออาคารและโรงงานควบคุมโดยต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ และรัฐจะให้การสนับสนุนทางเทคนิคและวิชาการทางเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งให้ความสนับสนุนทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน

เกณฑ์ในการพิจารณาโรงงานควบคุมนั้นจะใช้เกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ตามตารางที่ 2.1 คือ

- ขนาดของเครื่องวัดไฟฟ้าหรือขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทำการติดตั้งจะเป็นชุดเดียวกันหรือหลายชุดรวมกันก็ได้

- การใช้ไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งรวมกัน โดยคิดปริมาณพลังงานที่ได้ทั้งหมดเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้า

ซึ่งอาจจะครอบคลุมโรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่เดียวกันที่มีการใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง การพิจารณาอาคารควบคุมนั้นให้ใช้เกณฑ์เดียวกันกับของโรงงานควบคุมได้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทของโรงงานควบคุม [5]

ขนาดของโรงงาน	วัน/เดือน/ปีที่ประกาศ	เกณฑ์ข้อที่ 1		เกณฑ์ข้อที่ 2
		ขนาดเครื่องวัดไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (กิโลโวลต์แอมป์)	พลังงานไฟฟ้า (ล้านเมกะจูล/ปี)
ใหญ่มาก	17/07/40	≥ 10,000	≥11,750	≥ 200
ใหญ่	17/07/41	3,000 ถึง < 10,000	3,530 ถึง < 11,750	60 ถึง < 200
กลาง	17/07/42	2,000 ถึง < 3,000	2,350 ถึง < 3,530	40 ถึง < 60
เล็ก	17/07/43	1,000 ถึง < 2,000	1,175 ถึง < 2,350	20 ถึง < 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 หลักการของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 [1,3-7]

(1) กำกับ ดูแล ส่งเสริมสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือผู้อยู่ใต้กฎหมายฉบับนี้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด

(2) ก่อให้เกิดกลไกการผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์ และวัสดุที่ช่วยการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย

(3) ก่อให้เกิดธุรกิจการให้บริการที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน

(4) มีมาตรการให้ความช่วยเหลืออย่างเป็นรูปธรรม โดยมีกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นกลไกสำคัญที่จะก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน

ตามพระราชบัญญัติดังกล่าว ระบุว่า

หน้าที่ของเจ้าของโรงงานควบคุม ต้องดำเนินการดังนี้

(1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอย่างน้อย 1 คน

(2) ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

(3) ส่งข้อมูลการผลิตการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

(4) จัดให้มีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การติดตั้งเครื่องจักรที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

(5) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานส่งให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

(6) ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

(1) บำรุงรักษาและตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานเป็นประจำ

(2) รับรองความถูกต้องของรายงานการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานที่ส่งให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

(3) ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

(4) รับรองความถูกต้องของผลการตรวจสอบ และวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ที่กล่าวมานี้จะมีกฎกระทรวงที่ประกาศใช้รองรับ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลการใช้พลังงานมีอะไรบ้างและแผนอนุรักษ์พลังงานทำอย่างไร จึงเป็นหน้าที่ของเจ้าของอาคารและโรงงานควบคุมที่ต้องจัดหาผู้รับผิดชอบหรือผู้จัดการพลังงานที่มีคุณสมบัติตามนี้ (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)

(1) สำเร็จการฝึกอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงานที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จัดขึ้นหรือให้ความเห็นชอบ

(2) สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีประสบการณ์ทำงานในอาคารหรือโรงงานแล้วแต่กรณีอย่างน้อย 3 ปี และมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานตามการรับรองของเจ้าของอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมแล้วแต่กรณี

(3) สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์โดยมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน

(4) เป็นผู้ที่เคยผ่านการอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงานที่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจัดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ พ.ร.บ. ที่อาคารและโรงงานควบคุมจะได้รับ

(1) ได้รับเงินช่วยเหลือ เงินอุดหนุน จากเงินกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงาน และแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากการใช้พลังงาน

(2) สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานหลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

(3) ทำให้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในธุรกิจได้มากขึ้น

(4) ได้มาตรฐานเบื้องต้นของระดับการใช้พลังงานของเครื่องจักรอุปกรณ์แต่ละชนิด เพื่อเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบระดับประสิทธิภาพในโรงงานได้

(5) เจ้าหน้าที่ของโรงงานได้รับการพัฒนาความรู้ ความสามารถ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน ตามแผนฝึกอบรมตาม พ.ร.บ.

ประโยชน์ของ พ.ร.บ. ต่อธุรกิจด้านพลังงาน

(1) ทำให้เกิดกลไกในการผลิต จัดหา พัฒนา เครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน

(2) เกิดธุรกิจการให้บริการที่ปรึกษาด้านอนุรักษ์พลังงาน

(3) ภาคธุรกิจจะประหยัดค่าใช้จ่ายด้านการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์สินค้าที่ช่วยการอนุรักษ์พลังงาน

(4) เกิดการวิจัยและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ให้กับภาคธุรกิจพลังงานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ประโยชน์ของ พ.ร.บ. โดยภาพรวมในระดับประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ประเทศจะมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง

(2) ความสำคัญด้านอนุรักษ์พลังงานจะถูกจัดให้เป็นเรื่องระดับชาติ

(3) ประชาชนจะสามารถเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพได้มาตรฐานและราคาถูก

(4) สามารถประหยัดเงินจากการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ

(5) สามารถชะลอปัญหาภาระการจัดหาแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในประเทศ

(6) สามารถลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิต และการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

กฎกระทรวงที่ออกมารองรับพระราชบัญญัติฯ ฉบับนี้จะมีทั้งหมด 5 ฉบับด้วยกัน คือ [6]

(1) ฉบับที่ 1 กำหนดมาตรฐานวิธีการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม

(2) ฉบับที่ 2 กำหนดมาตรฐานวิธีการอนุรักษ์พลังงานของอาคารควบคุม

(3) ฉบับที่ 3 กำหนดวิธีการส่งข้อมูลพลังงานของอาคารควบคุม การจัดให้มีสมุดบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การกำหนดเป็นเป้าหมายแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน

(4) ฉบับที่ 4 กำหนดวิธีการส่งข้อมูลพลังงานของโรงงานควบคุม การจัดให้มีสมุดบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน การกำหนดเป็นเป้าหมายแผนอนุรักษ์พลังงาน และการตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน

(5) ฉบับที่ 5 การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องจักรอุปกรณ์ และการส่งเสริมการใช้วัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน [4-5,7]

การอนุรักษ์พลังงาน หมายความว่า การผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ที่กำหนดให้กลุ่มเป้าหมาย คือ อาคารและโรงงานควบคุม ต้องจัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ข้อมูล บุคลากร แผนงาน เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายและกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานนี้ยังใช้เป็นกรอบและแนวทางปฏิบัติในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ดียิ่งขึ้น การดำเนินงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานจะได้รับความช่วยเหลือตามที่กฎหมายกำหนดไว้ เช่น ด้านเงินช่วยเหลือ การเข้าอบรม เป็นต้น การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะลดปริมาณการใช้พลังงานซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการต่าง ๆ แล้วยังช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งผลิตพลังงานลงด้วย

การประหยัดพลังงานเป็นแนวทางหนึ่งที่จะก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะให้ได้ผลจะต้องเริ่มต้นจากระดับบริหารของบริษัทหรือของโรงงานว่ามีวัตถุประสงค์หรือความตั้งใจแน่วแน่เพียงใดที่จะดำเนินการประหยัดพลังงานให้ได้ผล เมื่อมีวัตถุประสงค์ที่แน่นอนเกี่ยวกับเรื่องการประหยัดพลังงานแล้วจะต้องจัดลำดับโครงการประหยัดพลังงานให้มีความสำคัญอยู่ในลำดับแรก ๆ และต้องให้การสนับสนุนทั้งด้านกำลังคนและทรัพยากร การประหยัดพลังงานจะดำเนินไปอย่างได้ผลจะต้องประกอบไปด้วยหลักการที่สำคัญ ๆ 6 ข้อ ดังต่อไปนี้

ก. การกำหนดนโยบายเป้าหมายและแผนงาน มี 4 วิธีด้วยกัน คือ

(1) เป้าหมายทางนามธรรม เช่น จะต้องสามารถเป็นโรงงานตัวอย่างของ การประหยัดพลังงานให้ได้

(2) เป้าหมายเฉพาะ เช่น การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยมีระยะเวลาของการคืนทุนไม่เกิน 3 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เป้าหมายสมบูรณ์ เช่น ต้องลดพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลผลิตให้เหลือเพียง 60 จิกะจูล/ตัน

(4) เป้าหมายสัมพันธ์ เช่น ต้องทำการประหยัดพลังงานในปีต่อไป ให้ได้อีก 20%

เป้าหมายทางนามธรรมและเป้าหมายเฉพาะ จะมีลักษณะเป็นคำขวัญมากกว่าเป้าหมาย 2 แบบหลัง ซึ่งจะให้วัตถุประสงค์ของการประหยัดพลังงานที่จำเพาะเจาะจงมากกว่า สามารถดำเนินการและติดตามผลได้ง่ายกว่า หลังจากได้กำหนดเป้าหมายแล้วจะต้องมีการร่างแผนสำหรับงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป เช่น การกำหนดปริมาณงานให้แต่ละคนรับผิดชอบ เนื้อหาของงานที่จะต้องกระทำ กำหนดเวลาของงานช่วงของการปฏิบัติ เป็นต้น

ข. การวิเคราะห์สถานภาพในปัจจุบัน

งานขั้นแรกของการทำงานด้านการประหยัดพลังงาน คือ การวิเคราะห์สถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบัน โดยต้องทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่ากำลังใช้พลังงานอะไรอยู่บ้าง ใช้ด้วยปริมาณมากน้อยเท่าไร และใช้เพื่อจุดประสงค์อะไร และสิ่งที่สำคัญคือต้องชี้ให้เห็นว่าการใช้พลังงานในขณะนี้มีพลังงานอะไรสูญเสียอยู่บ้าง สูญเสียอยู่ที่บริเวณหรือพื้นที่ส่วนไหนของโรงงาน และสูญเสียอยู่ด้วยปริมาณมากน้อยเท่าไร ดังนั้นเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าว จะต้องมีการทำการสำรวจและตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานทั่วทั้งโรงงาน เรียกว่า การตรวจสอบพลังงาน ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์วัดต่าง ๆ เข้ามาช่วย ต้องกำหนดผู้รับผิดชอบดำเนินการวัดและวิเคราะห์โดยตรง ข้อมูลดิบที่ได้จะต้องนำมาทำการวิเคราะห์และแสดงผลในรูปของกราฟ แผนภูมิหรือภาพที่สื่อความหมายที่ชัดเจนเข้าใจง่าย

ค. การเตรียมแผนงานปรับปรุง

หลังจากที่ได้วิเคราะห์สถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบันเรียบร้อยแล้ว และพบว่ามีพลังงานสูญเสียจำนวนมาก สามารถประหยัดได้ ขั้นตอนต่อไปก็คือการจัดทำแผนงานปรับปรุง ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินงาน 3 ขั้นตอน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) การรวบรวมแนวความคิด จากผู้ปฏิบัติงานในส่วนต่าง ๆ ซึ่งทำงานเต็มเวลาในพื้นที่ทำงานนั้น ๆ และจากวิศวกรแขนงต่าง ๆ ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านพลังงานการผลิต การควบคุม การบำรุงรักษาและด้านความปลอดภัย จะช่วยให้ได้แผนที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

(2) การจัดทำแผนงานปรับปรุง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค เพื่อชี้ชัดถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอื่น ๆ คุณภาพของผลผลิต ขีดจำกัดสูงสุดของการผลิต สภาพแวดล้อมของการทำงานกับมลภาวะสิ่งแวดล้อมและด้านความปลอดภัย

(3) การประเมินผลแผนงาน แผนงานประหยัดพลังงานที่ได้เสนอไว้จะต้องได้รับการประเมินผลประสิทธิภาพในเทอมของเงินลงทุน ระยะเวลาของการคืนทุน และควรจำแนกแผนตามลำดับความสำคัญด้วย

ง. การนำแผนงานไปปรับปรุงปฏิบัติ

ก่อนลงมือปฏิบัติงานจะต้องมีการตรวจสอบซ้ำอีกครั้งในเรื่องของเนื้อหาสาระ ระยะเวลาที่ใช้ วิธีการดำเนินงาน และตัวประกอบอื่น ๆ ว่าถูกต้องเหมาะสมดีแล้ว จากนั้นต้องดำเนินการชี้แจงให้บุคคลที่เกี่ยวข้องทราบถึงรายละเอียดว่ากำลังทำอะไรอยู่ แผนที่ได้เสนอไว้จะต้องได้รับการนำไปปฏิบัติอย่างฉับพลันและแม่นยำ

จ. การประเมินผลลัพธ์ที่ได้

เพื่อบอกให้ทราบว่าโครงการที่ตั้งขึ้นมานั้นประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด ถ้าไม่สำเร็จเกิดจากสาเหตุใด ผลการประเมินจะชี้ให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้คุ้มกับความพยายามและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ต้องเสียไปหรือไม่

ฉ. ความต่อเนื่องของโครงการ

โครงการประหยัดพลังงานมีลักษณะเป็นโครงการแบบต่อเนื่อง เมื่อเริ่มดำเนินการแล้วจะหยุดไม่ได้ การประหยัดพลังงานจะเกี่ยวข้องเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำทุกวัน ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สามารถแปรเปลี่ยนได้ เช่น การลดพลังงานสูญเสียของหม้อน้ำจะทำได้โดยการปรับอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม การหุ้มฉนวนกันความร้อนสูญหาย ระบบต่าง ๆ เหล่านี้จะใช้การได้ดีในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไประบบต่าง ๆ เหล่านี้จะทำงานเปลี่ยนไป เช่น อัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม ฉนวนความร้อนชำรุด ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นการประหยัดพลังงานจึงต้องมีการติดตามอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างเหมาะสม ระบบที่ใช้ติดตามความต่อเนื่องได้อย่างดีก็คือ ระบบจดบันทึกและรายงานผล ซึ่งจะบอกให้วิศวกรโรงงานและผู้บริหารทราบว่ามีการใช้พลังงานชนิดต่าง ๆ ไปในส่วนไหนของโรงงานบ้าง ใช้ไปด้วยปริมาณมากน้อยเพียงใด ใช้ไปในลักษณะใด ทำให้สามารถระบุได้ว่าควรให้ความสนใจพลังงานชนิดใด ที่พื้นที่ส่วนไหนเป็นพิเศษได้

การตรวจสอบพลังงานและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานเป็นขั้นตอนหนึ่งในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานและบรรลุสู่มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดไว้ มีอยู่ด้วยกัน 4 ขั้นตอนดังนี้ (จะขอกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป)

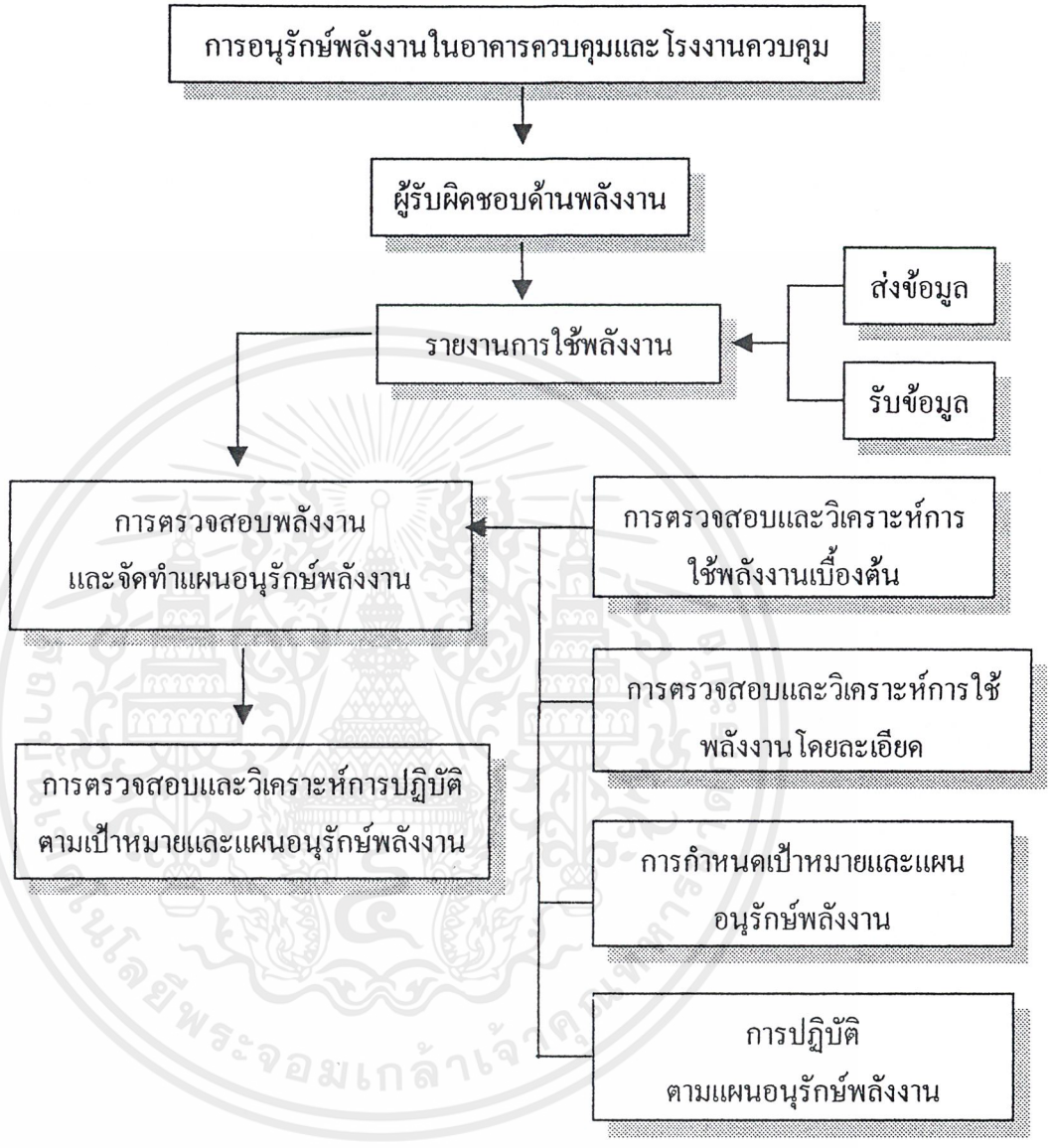
(1) การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

(2) การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

(3) การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

(4) การปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
42399



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานอนุรักษ์พลังงาน [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การตรวจสอบพลังงานและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน [1,3,5-7]

2.4.1 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

ก. วัตถุประสงค์

เพื่อชี้ให้เห็นสภาพการใช้งานพลังงานและโอกาสที่จะอนุรักษ์พลังงานได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติฯ ที่กำหนดไว้

ข. วิธีการดำเนินงาน

เป็นการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานเบื้องต้นในเครื่องจักรและอุปกรณ์ ตลอดจนระบบต่าง ๆ ในโรงงานควบคุมอย่างน้อยให้ดำเนินงานดังต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต ระบบการใช้พลังงาน ระบบการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ของระบบต่าง ๆ ในโรงงานควบคุมตลอดจนตรวจสอบรายละเอียดทั่วไปของโรงงานควบคุม

(2) ตรวจวัดข้อมูลรายละเอียดสภาพการทำงาน การใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบต่าง ๆ ในโรงงานควบคุม ทั้งด้านพลังงานความร้อนและไฟฟ้า การวิเคราะห์การสูญเสียพลังงาน ให้วิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- การสูญเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์ที่ใช้เชื้อเพลิง
- การสูญเสียพลังงานจากผิวผนังเตาหม้อน้ำและอุปกรณ์ใช้ความร้อนอื่น ๆ รวมทั้งการสูญเสียความร้อนจากท่อไอน้ำและท่อส่งความร้อนอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสูญเสียไฟฟ้าเนื่องจากระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ตลอดจนจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้ารวมถึงการมีตัวประกอบกำลัง (Power factor) ต่ำกว่าปกติ

- การสูญเสียอื่น ๆ

(3) การตรวจวัดการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานอย่างน้อยต้องปฏิบัติดังนี้

- สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีการใช้พลังความร้อนเทียบเท่าเฉลี่ยระหว่าง 175-350 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังไฟฟ้าระหว่าง 20-50 กิโลวัตต์ ให้ดำเนินการตรวจวัดข้อมูลเฉพาะสภาพการทำงาน และลักษณะของการใช้พลังงานและการสูญเสียพลังงานที่สำคัญในระดับเบื้องต้น

- สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีขนาดพิกัดการใช้พลังความร้อนต่อเนื่อง น้อยกว่า 175 กิโลวัตต์ หรือใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า 20 กิโลวัตต์ การหาข้อมูลรายละเอียดการใช้พลังงานให้ใช้วิธีสังเกตจากภายนอก

(4) สำรวจหาข้อมูลเบื้องต้นในการหาศักยภาพ ในการใช้พลังงานรูปอื่น

(5) ประเมินศักยภาพเบื้องต้นของการอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิค และการลงทุนของเครื่องจักรอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ในเรื่องดังต่อไปนี้

- การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง

- การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

- การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

- การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น

- การใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน

- การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

(6) ตรวจสอบการกรอกข้อมูลในแบบส่งข้อมูลการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานควบคุม (แบบ บพร.1) และแบบบันทึกการใช้พลังงาน การติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานควบคุม (แบบ บพร.2) ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ของโรงงานควบคุม

(7) ประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานและผลการลงทุน ตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา

(8) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน โดยพิจารณาจากการจัดองค์กรกิจกรรม ขีดความสามารถของบุคลากรและทัศนคติของฝ่ายบริหารและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

(9) ในการดำเนินการต้องใช้เครื่องมืออย่างน้อยดังนี้

ก) ด้านความร้อน

1) เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้

2) เครื่องวัดอุณหภูมิผิวโดยมีหัววัดทั้งแบบ Contact และแบบ Immersion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี (Radiation thermometer)

4) เครื่องวัดสภาพความเป็นกรดหรือด่าง (pH meter)

5) เครื่องวัดสภาพความนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity meter)

6) เครื่องวัดความเร็วก๊าซ (Gas velocity meter)

7) เครื่องมือตรวจสอบกับดักไอน้ำ

8) เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Thermometer and Hygrometer)

9) เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำในท่อ (Flow meter)

ข) ด้านไฟฟ้า

1) เครื่องบันทึกพลังไฟฟ้า (kW recorder meter)

2) เครื่องวัดพลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า (kW, Volt, Amp. meters)

3) เครื่องวัดตัวประกอบกำลัง (Power factor meter)

4) เครื่องวัดความเข้มของแสง (Lux meter)

5) เครื่องวัดและบันทึกกระแสไฟฟ้า

6) เครื่องวัดความเร็วรอบ

7) เครื่องวัดความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

ก. วัตถุประสงค์

เพื่อชี้ให้เห็นถึงมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นจริงในระดับการติดตั้งหรือเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก การปรับปรุงกระบวนการผลิต การปรับปรุงตัวอาคาร ทั้งทางเทคนิคและการลงทุนที่จะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามที่กฎหมายกำหนดไว้

ข. วิธีการดำเนินงาน

เป็นการตรวจสอบและวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนระบบต่าง ๆ ในโรงงานควบคุมโดยละเอียด ทำนองเดียวกับการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น แต่มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น

2.4.3 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

ก. วัตถุประสงค์

เพื่อใช้เป็นกรอบและแนวทางปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นรูปธรรมและเป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมาย

ข. วิธีการดำเนินงาน

เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุมต้องประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดครั้งหลังสุดที่จัดทำ

(2) เป้าหมายโครงการอนุรักษ์พลังงานและแผนการดำเนินการ 3 ปี ต้องประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลทั่วไป (ชื่อ ที่อยู่โรงงานควบคุม)
- ระดับการใช้พลังงาน
- เป้าหมายเชิงปริมาณในการปรับปรุงระดับการใช้ พลังงาน
- มาตรการอนุรักษ์พลังงาน
- แผนดำเนินการเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้
- มูลค่าการประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ
- ผลวิเคราะห์การลงทุน

● ทางด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย ระยะเวลาคืนทุน และอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return : EIRR)

● ทางด้านการเงินประกอบด้วย กระแสเงินสด (Cash flow) และอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางการเงิน (Financial Internal Rate of Return : FIRR)

(3) คำขอรับการสนับสนุนทางด้านการเงินจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงการคลัง โดยต้องได้รับความเห็นชอบในหลักการจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานก่อน

2.4.4 การปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

ก. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นการติดตามและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ดำเนินการตามโครงการต่าง ๆ ในแผนอนุรักษ์พลังงาน

ข. วิธีการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงานจะดำเนินการได้เมื่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ทางเทคนิคและการลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและให้ความเห็นชอบกับแผนนั้นแล้ว หลังจากที่มาตรการนั้นได้รับการอนุมัติแล้ว จึงเริ่ม

(1) ศึกษาและวางแผนปฏิบัติงานตามมาตรการนั้น

(2) เริ่มดำเนินการตามมาตรการที่อนุมัติแล้ว

(3) ตรวจสอบและวิเคราะห์ผลงานแต่ละมาตรการให้เป็นตามเป้าหมาย

(4) ประเมินผลและรายงานผลเสนอผู้บริหาร

2.5 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน [5]

โครงงานนี้ผู้จัดทำได้มีส่วนร่วมเข้าไปปฏิบัติงานกับทีมกองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเพื่อหาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ โดยจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 5

2.5.1 การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงาน

2.5.2 การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง

2.5.3 การลดค่าใช่จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น

2.5.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง

2.5.5 การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

2.5.6 การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า

2.5.7 การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.8 การป้องกันการสูญเสียพลังงาน

2.5.9 การเปลี่ยนไปใช้งานอีกประเภทหนึ่ง

2.5.10 การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

สรุปว่า แนวทางที่เหมาะสมที่จะดำเนินการต่อ ต้องเป็นมาตรการที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง มีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ข้อมูลทั่วไปและลักษณะโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม

3.1 ความเป็นมาของเขื่อนเขาแหลม [2]

แม่น้ำแควน้อยมีความยาวประมาณ 390 กิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งเป็นเส้นกั้นพรมแดนตะวันตกระหว่างประเทศไทยและเมียนม่า ประกอบด้วยลำน้ำสำคัญ 3 สาย คือ บีคี่ ใหญ่ ซองกาเลีย และรันตี แม่น้ำแควน้อยไหลไปบรรจบกับแม่น้ำแควใหญ่ที่ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี ตอนที่เรียกกันว่า ปากแพรก ได้ชื่อใหม่ว่าแม่น้ำแม่กลอง เพื่อพัฒนาลำน้ำนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รัฐบาลจึงได้มอบหมายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ดำเนินการก่อสร้างเขื่อนเขาแหลมขึ้นปิดกั้นลำน้ำแควน้อย ที่บ้านท่าขนุน เหนืออำเภอทองผาภูมิ 5 กิโลเมตร โดยมีประวัติความเป็นมา คือ การไฟฟ้ายันฮี (กฟย.) เริ่มต้นทำการสำรวจโครงการแควน้อย เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2511 ที่บริเวณบ้านพุเตย อำเภอไทรโยค เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2512 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำการศึกษาและสำรวจเพื่อทำแผนที่ภูมิประเทศ ขุดบ่อขุดร่อง เจาะสำรวจหิน เจาะอุโมงค์ และข้อมูลทางอุทกวิทยา เพื่อการศึกษาเบื้องต้นร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจากประเทศญี่ปุ่นภายใต้ความช่วยเหลือตามแผนโคลัมโบได้ดำเนินไปจนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2513 รายงานผลการศึกษาเบื้องต้นจึงแล้วเสร็จ เพื่อให้การศึกษารวมทั้งการวางแผนดำเนินการเป็นไปโดยรอบคอบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จึงได้ติดต่อขอความช่วยเหลือทางด้านวิชาการจากรัฐบาลออสเตรเลีย ซึ่งได้จัดคณะผู้เชี่ยวชาญจากบริษัท Snowy Mountains Engineering Cooporation : SMEC มาร่วมดำเนินการศึกษาวางแผนพัฒนาลุ่มน้ำแควน้อย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ.2515 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและคณะผู้เชี่ยวชาญชาวออสเตรเลียได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ระยะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและวางแผนดำเนินการในระยะต่อไป (ใช้เวลาดำเนินการ 1 ปี)

ระยะที่ 2 สำรวจด้านธรณีวิทยา (ใช้เวลาดำเนินการ 1 ปี)

ระยะที่ 3 ศึกษาสำรวจและรวบรวมรายละเอียดด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อจัดทำรายงานศึกษาความเหมาะสม (ใช้เวลาดำเนินการ 3 ปี)

ระยะที่ 4 ศึกษาสำรวจในรายละเอียดเพื่อออกแบบลักษณะที่แน่นอนของโครงการ (ใช้เวลาดำเนินการ 2 ปี)

ผลการศึกษาและสำรวจหาที่ตั้งเขื่อนในเบื้องต้นปรากฏว่า บริเวณเขาแหลมมีความเหมาะสมที่จะก่อสร้างเขื่อนและโรงไฟฟ้าพลังน้ำได้ การสำรวจหารายละเอียดเพิ่มเติมและการจัดทำเอกสารรายงานความเหมาะสมซึ่งได้รวบรวมงานทุกด้าน เช่น ภูมิประเทศ ธรณีวิทยา อุทกวิทยา นิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ทำให้แน่ใจว่าที่ตั้งเขื่อนเขาแหลมมีความเหมาะสมที่จะก่อสร้าง เพื่อการพัฒนาลำน้ำแควน้อย งานตามโครงการได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากทางราชการและสถาบันการศึกษา เช่นสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ กรมแผนที่ทหาร กรมทางหลวง กรมทรัพยากรธรณี กรมป่าไม้ กรมชลประทาน สถาบันวิจัยสังคมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ อำเภอไทรโยค อำเภอทองผาภูมิ อำเภอสังขละบุรี กองพลทหารราบที่ 9 กรมวิเทศสหการ สถานเอกอัครราชฑูตออสเตรเลียประจำประเทศไทย สถาบันการเงินระหว่างประเทศ ฯลฯ เป็นต้น โดยที่โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมมีความเหมาะสมดังกล่าว ในที่สุดเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2522 คณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยดำเนินการก่อสร้างโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

3.2 งานก่อสร้าง [2]

งานก่อสร้างเขื่อนเขาแหลมการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัท Snowy Mountains Engineering Cooporation ทำหน้าที่วิศวกรที่ปรึกษาประจำโครงการนอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังมีคณะกรรมการที่ปรึกษานานาชาติ (Internal Boards of Consultant : IBC) ร่วมตรวจสอบผลการก่อสร้างและให้คำปรึกษาเป็นระยะ ๆ ในงานก่อสร้างด้านโยธาของโครงการโดยเฉพาะงานฐานราก และกำแพงคอนกรีตใต้ฐานเขื่อน งานก่อสร้างเขื่อนเขาแหลมประกอบด้วยการดำเนินงานดังนี้

งานก่อสร้างเพื่อเตรียมการ

- งานก่อสร้างด้านโยธา เช่น สร้างอุโมงค์ผันน้ำ งานฐานราก งานถมเขื่อน อาคารรับน้ำ อาคารระบายน้ำล้นท่อส่งน้ำโรงไฟฟ้า ลานไกไฟฟ้า ฯลฯ

- งานก่อสร้างอุปกรณ์ชลศาสตร์ ได้แก่ อุปกรณ์รับน้ำ-ส่งน้ำ ประตูระบายน้ำ

- งานติดตั้งเครื่องกลไฟฟ้า ได้แก่ ปั้นจั่น เครื่องกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้า

- งานก่อสร้างลานไกไฟฟ้า สายส่ง และสถานีไฟฟ้าแรงสูง

- งานก่อสร้างหมู่บ้านอพยพสำหรับประชาชนที่ต้องโยกย้ายออกจากเขตโครงการ ประกอบด้วย การสร้างถนน อาคารทำการอำเภอ โรงเรียน วัด สถานีอนามัย ศาลาประชาคม ระบบประปา ระบบไฟฟ้า ฯลฯ

โครงการก่อสร้างนี้ใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 9,110 ล้านบาท เป็นเงินตราต่างประเทศ 3,251.929 ล้านบาท และเป็นเงินตราภายในประเทศ 5,858.071 ล้านบาท โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเปิดเป็นทางการเมื่อ 9 มิถุนายน พ.ศ.2529

3.3 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงาน [2,9]

3.3.1 ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อโรงงาน คือ โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อนิติบุคคลที่จดทะเบียน คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม)

- ที่อยู่ของโรงงาน คือ เลขที่ 44 หมู่ 1 ตำบลท่าขนุน อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

- เบอร์โทรศัพท์ (034) 599077

- เบอร์โทรสาร (02) 4364019, (034) 599077 ต่อ 2203

- ประเภทอุตสาหกรรม คือ ผลิตกระแสไฟฟ้า

- อายุโรงงาน 16 ปี

- พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด 19,857.50 ตารางเมตร แบ่งเป็น

  - พื้นที่ปรับอากาศ 8,436.05 ตารางเมตร
  - พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 11,421.45 ตารางเมตร

- ชื่อผลิตภัณฑ์ คือ กระแสไฟฟ้า

- กำลังการผลิต 300,000.00 กิโลวัตต์

- ไม่มีการใช้เชื้อเพลิงเป็นพลังงานเชื้อเพลิง

<u>ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเดือนตุลาคม พ.ศ.2543</u> (ไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีงบประมาณต่าง ๆ สามารถดูในตารางที่ 3.1)

- ปริมาณ 6,675,587.50 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

- ราคา 10,387,214.15 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เวลาทำการแบ่งเป็นสำนักงาน เวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น. คิดเป็น 7 ชั่วโมง/วัน และโรงงาน 24 ชั่วโมง/วัน คิดเป็น 365 วัน/ปี

- เริ่มเปิดดำเนินการเมื่อปี พ.ศ.2527

- จำนวนผู้ปฏิบัติงาน 316 คน

- จำนวนเจ้าหน้าที่ด้านพลังงาน 2 คน

สำหรับแผนผังบริเวณโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมและสภาพโดยรวมจะแสดงในรูปที่ 3.1–3.10

3.3.2 โครงสร้างเขื่อนเขาแหลม

ก. **อ่างเก็บน้ำ** (รายละเอียดดัง ตารางที่ 3.2)

- พื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ระดับเก็บกักสูงสุดปกติ 388 ตารางกิโลเมตร

- ความจุอ่างเก็บน้ำ 8,860 ล้านลูกบาศก์เมตร

- ระดับเก็บกักสูงสุดปกติ 155 เมตรที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

ข. **ลักษณะเขื่อน**

- ประเภทของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเป็นหินถมดาดคอนกรีต

- ความยาวสันเขื่อน 910 เมตร

- ตัวเขื่อนสูง 92 เมตร

- ปริมาตรตัวเขื่อน 8,100,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ

- ขนาดกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยละ 100 เมกะวัตต์ และคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำสามารถดูได้จาก ตารางที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

- จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมด 3 หน่วย

- กำลังการผลิตทั้งหมด 300 เมกะวัตต์

- ผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละ 460 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

ง. การดำเนินงาน

- เริ่มก่อสร้างเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2524 แล้วเสร็จเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ.2528 ทำพิธีเปิดเป็นทางการวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ.2529

3.4 ประโยชน์เขื่อนเขาแหลม [2]

เขื่อนเขาแหลมเป็นเขื่อนอเนกประสงค์ที่สร้างขึ้นเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำอันเป็นทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม พอสรุปได้ดังนี้ คือ

3.4.1 ด้านการชลประทานและการเกษตร

ทำให้มีแหล่งน้ำถาวรเพิ่มขึ้นอีกแห่งหนึ่งเพื่อช่วยเสริมระบบการชลประทานในพื้นที่ของโครงการแม่กลองใหญ่ โดยเฉพาะทำการเพาะปลูกในฤดูแล้งจะได้ผลผลิตการเกษตรเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ด้านการผลิตไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าแห่งนี้มีกำลังผลิตรวม 300,000 กิโลวัตต์ ให้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยปีละประมาณ 777 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ได้นอกจากจะช่วยสนองความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยประหยัดการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาที่ต้องสั่งจากต่างประเทศได้ปีละ 200 ล้านลิตร

3.4.3 ด้านการประมง

ในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนมีพื้นที่ 388 ตารางกิโลเมตร เหมาะสำหรับเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาน้ำจืดได้เป็นอย่างดี

3.4.4 ด้านการบรรเทาอุทกภัย

โดยปกติน้ำในฤดูฝนทั้งในลำน้ำแควน้อยและแควใหญ่ จะมีปริมาณมากถึงประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อไหลไปรวมกันจะทำให้เกิดน้ำท่วมลุ่มน้ำแม่กลองเป็นประจำ เมื่อเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนเขาแหลมแล้วเสร็จ อ่างเก็บน้ำของเขื่อนทั้งสองจะช่วยเก็บกักน้ำไว้ เป็นการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ดังกล่าวอย่างถาวร

3.4.5 ช่วยต่อต้านน้ำเค็มและน้ำเสียในฤดูแล้ง

เมื่อก่อนนี้ที่บริเวณปากน้ำแม่กลองจะมีน้ำเค็มย้อนเข้ามาในฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมของสองฝั่งแม่กลองอีกส่วนหนึ่ง การที่มีน้ำจากเขื่อนปล่อยไปมากกว่าปกติในฤดูแล้งจะช่วยขับไล่น้ำเสียและผลักดันน้ำเค็ม ทำให้สภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลองมีคุณภาพดีขึ้น

3.4.6 ด้านการคมนาคมและการท่องเที่ยว

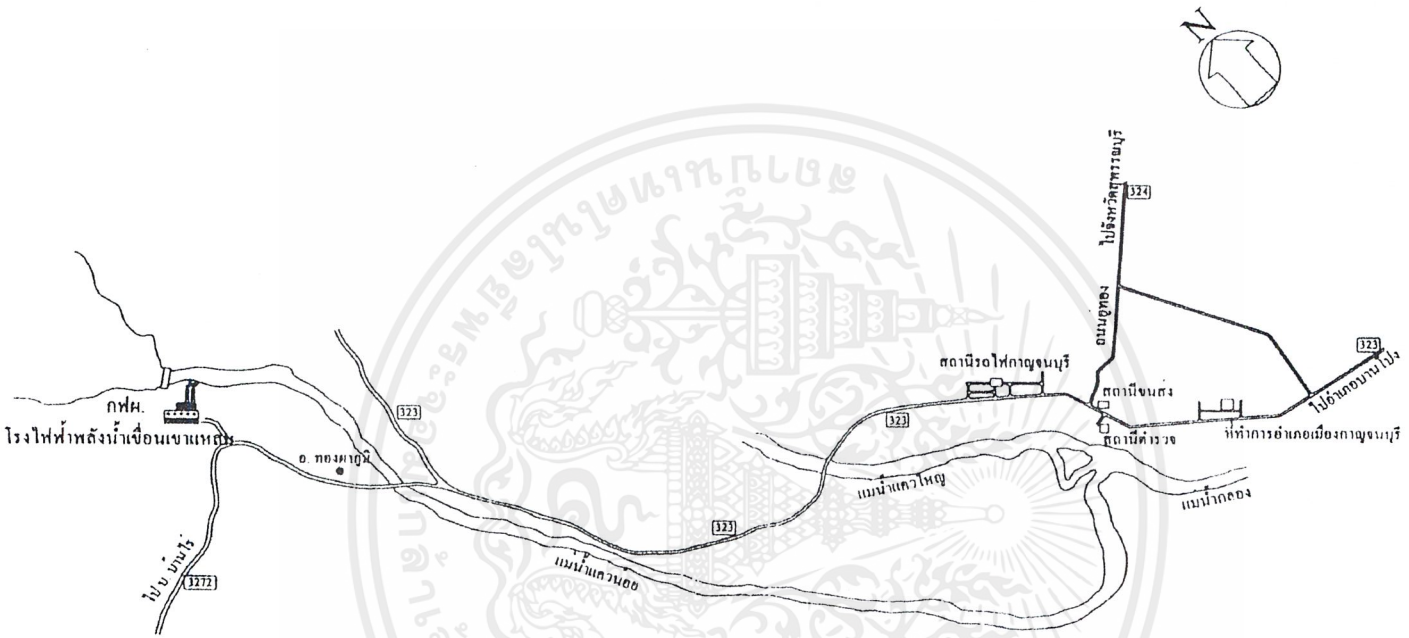
เมื่อมีอ่างเก็บน้ำเกิดขึ้นชุมชนต่าง ๆ ก็ได้อาศัยเป็นเส้นทางคมนาคมทางน้ำเพื่อนำผลผลิตที่ได้ออกสู่ตลาดเป็นการช่วยกระจายรายได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้บริเวณนั้นยังมีแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจอีกหลายแห่ง เช่น น้ำตกไทรโยค บึงเกริงกะเวีย ด่านเจดีย์สามองค์ ฯลฯ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

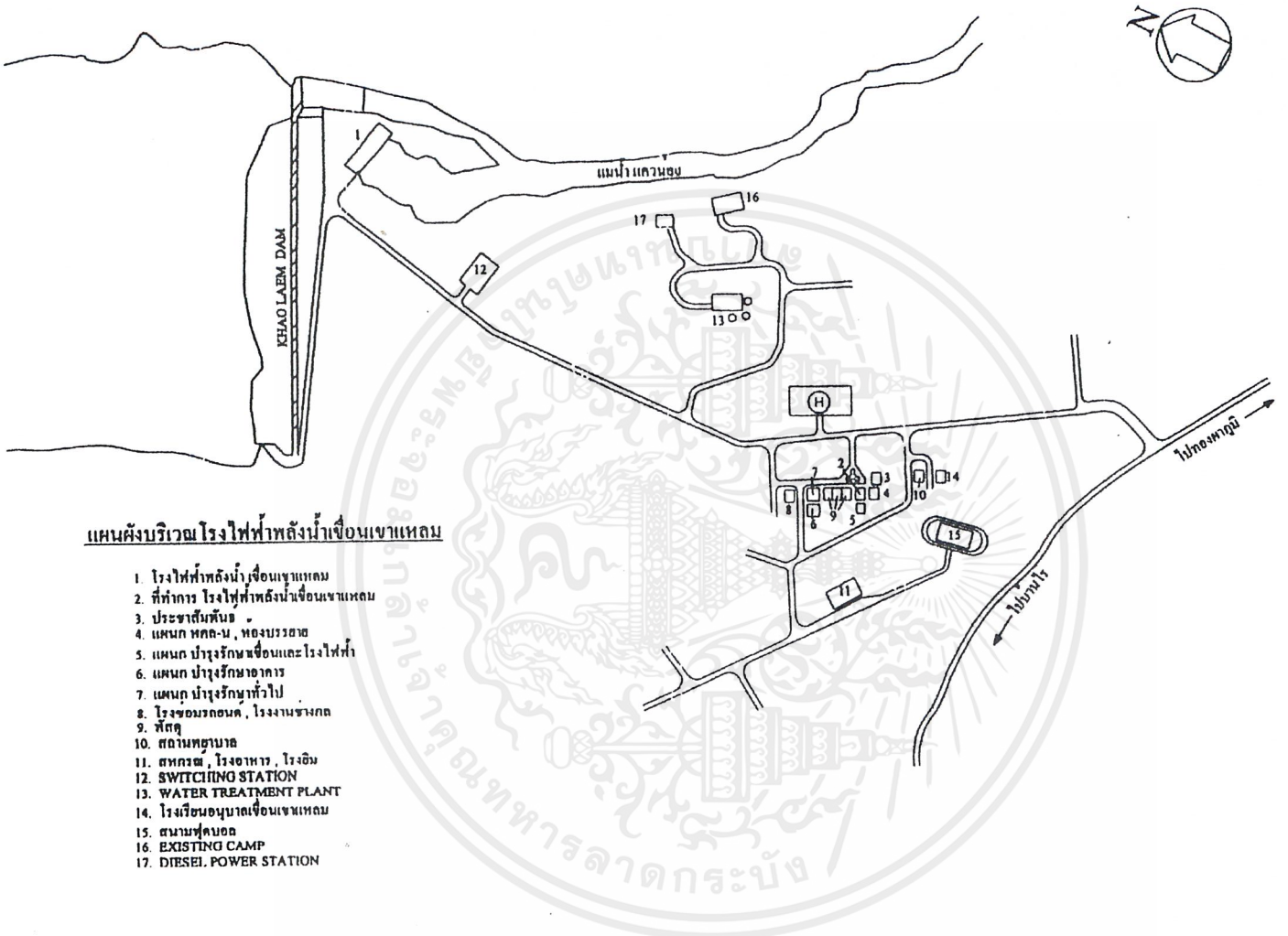
3.4.7 การช่วยเหลือชุมชนรอบอ่างเก็บน้ำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ช่วยเหลือราษฎรที่ได้รับผลกระทบจำนวน 1,860 ครัวเรือนในท้องที่อำเภอทองผาภูมิและอำเภอสังขละบุรี อพยพไปอยู่ในที่จัดสรรแห่งใหม่ โดยจัดสรรที่ดินพร้อมที่ทำกิน จ่ายเงินค่าทดแทนที่ดินและทรัพย์สิน รวมทั้งก่อสร้างสาธารณูปโภคและสาธารณูปการครบครัน นอกจากนี้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้มอบเงินจำนวน 18 ล้านบาท จัดตั้งสหกรณ์การเกษตรขึ้น 5 แห่ง ในหมู่บ้านอพยพจ่ายเงินช่วยเหลือราษฎรในการดำรงชีพในระยะแรก แนะนำการส่งเสริมการเกษตรแผนใหม่ เช่น การปลูกพืชเมืองหนาว และยางพารา เป็นต้น รวมทั้งแนะนำให้รู้จักการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์น้ำและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรได้ถาวรตลอดไปจากอดีตถึงปัจจุบัน แผนกประชาสัมพันธ์โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมได้จัดให้มีกิจกรรมออกเยี่ยมทุกข์สุขของราษฎรที่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างเขื่อนเป็นประจำเสมอมาโดยเป็นโครงการชุมชนสัมพันธ์ออกหน่วยแพทย์ให้การตรวจรักษาฟรีในหมู่บ้านอพยพทั้ง 5 แห่ง โครงการส่งเสริมอาชีพการเกษตรแผนใหม่ ทำน้ำดื่มสะอาดให้บริการแก่ชุมชนรอบอ่างเก็บน้ำเขื่อนเขาแหลม ให้การสนับสนุนกิจกรรมของชุมชน หน่วยราชการ วัดและโรงเรียน ฯลฯ

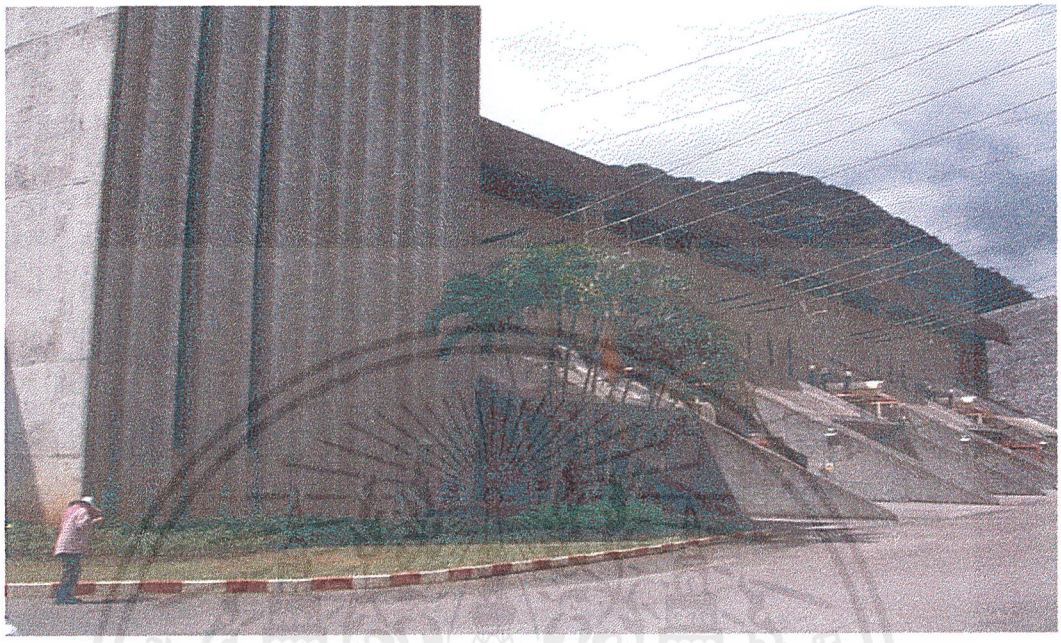
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



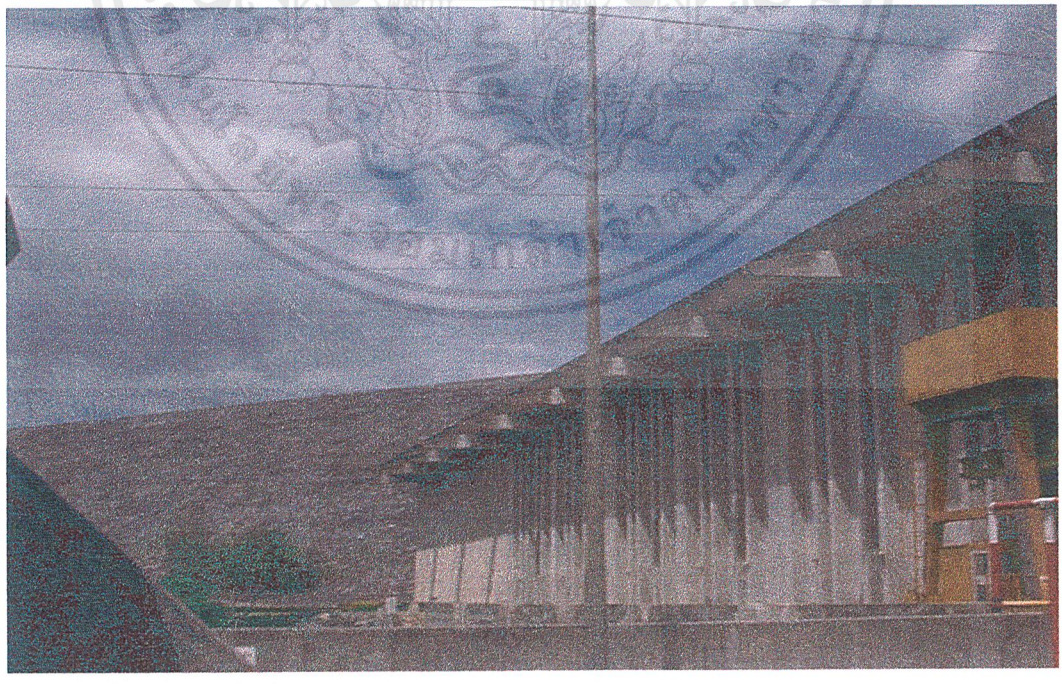
รูปที่ 3.1 แผนผังที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]



รูปที่ 3.2 แผนผังบริเวณโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

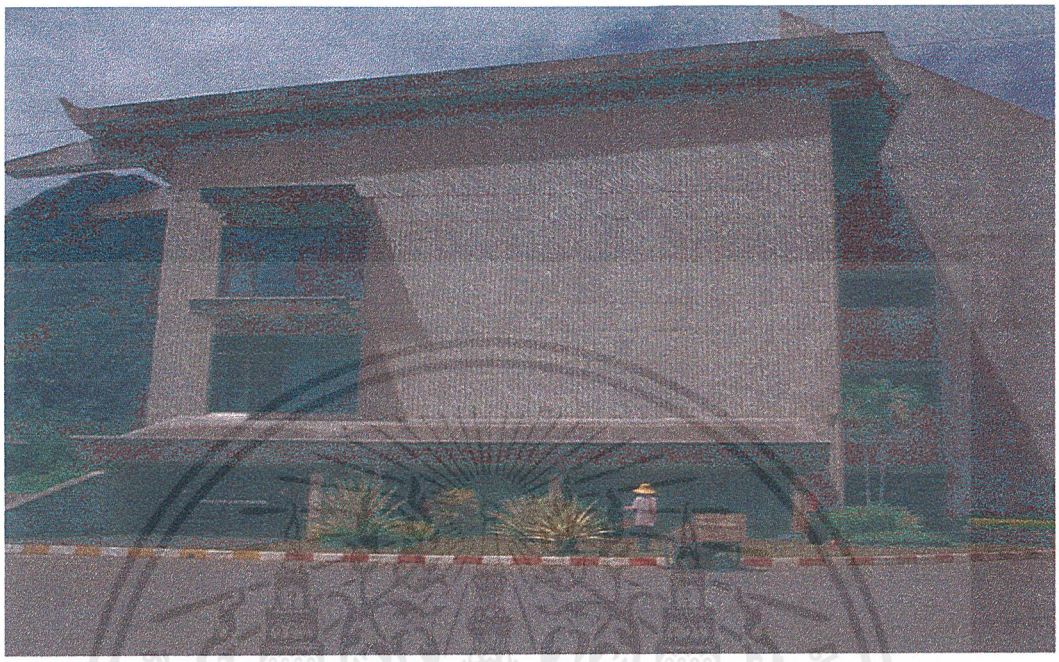


รูปที่ 3.3 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศเหนือ [9]



รูปที่ 3.4 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศใต้ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศตะวันออก [9]

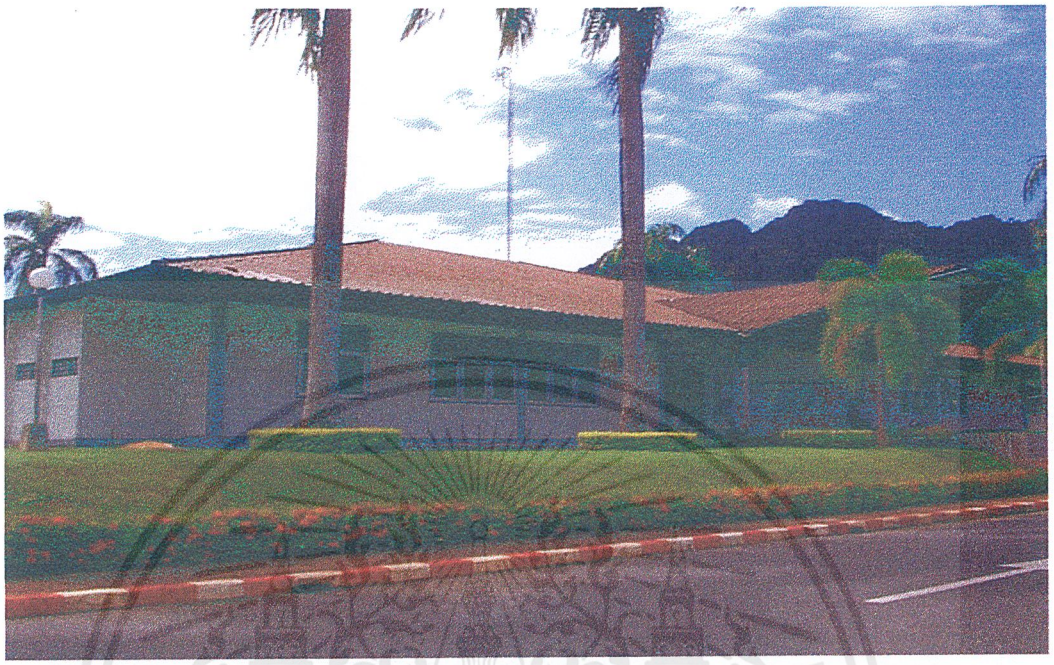
รูปที่ 3.6 อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมด้านทิศตะวันตก [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 อาคารที่ทำการด้านทิศเหนือ [9]

รูปที่ 3.8 อาคารที่ทำการด้านทิศใต้ [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 อาคารที่ทำการด้านทิศตะวันออก [9]

รูปที่ 3.10 อาคารที่ทำการด้านทิศตะวันตก [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปีงบประมาณต่าง ๆ [2]

ปีงบประมาณ (พ.ศ.)	กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 (จิกะวัตต์ชั่วโมง)	กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 2 (จิกะวัตต์ชั่วโมง)	กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 (จิกะวัตต์ชั่วโมง)	กำลังการผลิตทั้งหมด (จิกะวัตต์ชั่วโมง)
2528	146.3652	145.2912	149.2618	440.9182
2529	273.6321	278.3159	281.9770	833.9250
2530	179.1400	178.2028	162.8214	520.4430
2531	188.8906	183.8812	186.4780	559.2498
2532	168.4510	158.9776	166.5218	493.9504
2533	238.1337	225.4096	234.6953	698.2386
2534	221.9808	208.1966	220.0154	650.1928
2535	291.5786	276.2609	294.6664	862.5059
2536	179.3390	177.4465	168.3034	525.0889
2537	237.3992	237.1678	235.6167	710.1837
2538	349.8057	352.3308	311.1458	1013.2823
2539	275.7939	279.3661	319.3261	874.4861
2540	305.9731	308.2415	304.8697	919.0843
2541	311.3582	311.6461	311.4653	934.4696
2542	127.4096	127.5692	124.8381	379.8169

ตารางที่ 3.2 ข้อกำหนดตัวเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ [2]

พื้นที่รับน้ำ	3,720	ตารางกิโลเมตร
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยปีละ	5,500	ล้านลูกบาศก์เมตร
ความจุของอ่างเก็บน้ำ	8,860	ล้านลูกบาศก์เมตร
พื้นที่อ่างเก็บน้ำ	388	ตารางกิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมโดย บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น [2]

ชนิด	$VTFk_3W$-RD	เฟส	3	มาตรฐาน	ANSI C50.12. (1965)
ความสามารถ	96,600 กิโลโวลต์แอมป์	ความต่างศักย์	13,800 โวลต์	กระแสไฟฟ้า	4,041 แอมแปร์
ความเร็วรอบ	150 รอบ/นาที	จำนวนขั้ว	40	ตัวประกอบกำลัง	0.9
ความถี่	50 เฮิร์ทซ	ความต่างศักย์กระตุ้น	295 โวลต์	กระแสสร้างสนามไฟฟ้า	1,147 แอมแปร์
ระดับของฉนวน	B	น้ำหนักของสเตเตอร์	150 ตัน	น้ำหนักของโรเตอร์	305 ตัน
ความสามารถสูงสุดในการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง				111,100 กิโลโวลต์แอมป์	

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของกังหันน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมโดย บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น [2]

กังหันน้ำ	Net head	Output	Discharge
ค่าสูงสุด	72 เมตร	113,000 กิโลวัตต์	173.5 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
ค่าปกติ	63 เมตร	102,000 กิโลวัตต์	184.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
ค่าต่ำสุด	57 เมตร	88,500 กิโลวัตต์	176.0 ลูกบาศก์เมตร/วินาที
Runaway	150 รอบ/นาที	-	-
MFG.NO.	144250	-	-
ปีพ.ศ.	2525	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

รายละเอียดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ทั้งหมด ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

4.1 ลักษณะการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงาน [9]

4.1.1 ลักษณะของการผลิตและแผนผังแสดงกระบวนการผลิต

ก. ลักษณะการผลิต

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมประกอบด้วย โรงไฟฟ้าพลังน้ำจำนวน 3 หน่วย ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานศักย์ของน้ำที่เก็บอยู่ในอ่างเก็บน้ำไปเป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นตามลำดับดังนี้ ลำดับดังนี้

พลังงานศักย์ → พลังงานจลน์ → พลังงานกล → พลังงานไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าพลังน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยแรงขับดันของน้ำที่ถูกส่งมาจากอ่างเก็บน้ำไปหมุนกังหันน้ำซึ่งเพลาของกังหันน้ำต่ออยู่กับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละหน่วย มีกำลังการผลิตหน่วยละ 100 เมกะวัตต์ จำนวน 3 หน่วย รวมเป็นกำลังการผลิตทั้งสิ้น 300 เมกะวัตต์

ข. โครงสร้างของระบบผลิตไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าพลังน้ำจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

1) กังหันน้ำ (Water turbine) จำนวน 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) จำนวน 1 เครื่อง

ค. กระบวนการผลิต

การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเริ่มจากน้ำที่เก็บอยู่ในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนซึ่งมีระดับสูงกว่าจะถูกส่งเข้ามาทางประตูรับน้ำ (Intake gate) และส่งไปตามท่อส่งน้ำ (Penstock) ผ่านวาล์ว (Inlet valve) เข้าไปในหอยโข่ง (Spiral case) ซึ่งทำหน้าที่ทำให้ปริมาณน้ำที่ผ่านไกด์เวน (Guide vane) ทุกบานสามารถรับน้ำได้ปริมาณเท่ากันหมด หลังจากนั้นน้ำจะถูกส่งผ่านเข้าไปหมุนกังหันน้ำโดยมีไกด์เวน ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับโหลดโดยมีโกว์เวอร์เนอร์ (Governor) เป็นตัวปรับระยะของไกด์เวน ขณะที่กังหันน้ำเริ่มหมุนก็จะทำให้เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนด้วยซึ่งก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น (เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่กับเพลาของกังหันน้ำ) น้ำที่ไหลออกมาจากกังหันน้ำก็จะถูกส่งผ่านดราฟท์ทิวป์ (Draft tube) ไปยังท้ายน้ำ

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้า ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังลานไกไฟฟ้า (Switch yard) แล้งส่งต่อไปยังสถานีไฟฟ้าแรงสูงด้วยขนาดแรงดัน 230 กิโลโวลต์ และจะถูกจ่ายไปยังแหล่งต่าง ๆ ให้กับผู้ใช้ต่อไป กระแสไฟฟ้าอีกส่วนถูกนำกลับมาใช้ในโรงไฟฟ้า เพื่อใช้กับอุปกรณ์ทางด้านไฟฟ้าโดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าช่วย (Auxiliary transformer) เปลี่ยนแรงดันจาก 13.8 กิโลโวลต์ มาเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ 416 โวลต์ และ 690 โวลต์

4.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้า

การใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าได้มาจากหม้อแปลงไฟฟ้าไฟฟ้าช่วย ที่รับไฟฟ้าจากการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปีแสดงดังในรูปที่ 4.1

- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้า	6,675,587.50	กิโลวัตต์/ปี
- พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อ	-	กิโลวัตต์/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-	กำลังไฟฟ้าสูงสุด[1]	-	กิโลวัตต์
-	ตัวประกอบโหลดไฟฟ้าเฉลี่ย[2]	-	%
-	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้งาน	9,900.00	กิโลโวลต์แอมป์
	ประกอบด้วย (ดังตารางที่ 1)		
	1. ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า x จำนวน	250 x 5	กิโลโวลต์แอมป์
		630 x 1	กิโลโวลต์แอมป์
		2,000 x 1	กิโลโวลต์แอมป์
	แรงดันไฟฟ้า	22 กิโลโวลต์ – 380 โวลต์	
	2. ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า x จำนวน	2,000 x 1	กิโลโวลต์แอมป์
	แรงดันไฟฟ้า	13.8 กิโลโวลต์ – 416 โวลต์	
	3. ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า x จำนวน	1,550 x 3	กิโลโวลต์แอมป์
	แรงดันไฟฟ้า	13.8 กิโลโวลต์ – 416 โวลต์/690 โวลต์	
-	ตัวประกอบกำลังเฉลี่ย	0.87	
-	ราคาพลังงานไฟฟ้าที่ขายให้ กฟผ.	1.556	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

หมายเหตุ [1] เนื่องจากทางโรงไฟฟ้าไม่เสียค่า Demand charge จึงไม่ติดตั้งมิเตอร์วัดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

[2] ไม่สามารถหาค่าได้ เนื่องจากไม่ทราบค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สัดส่วนการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า [9]

ก. การคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า

โดยจำแนกตามปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ

ระบบแสงสว่าง[1] = $\frac{333{,}115.43 \times 100}{6{,}675{,}587.50}$ [4]

= 4.99%

ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า[2] = $\frac{1{,}501{,}752.40 \times 100}{6{,}675{,}587.50}$

= 22.50%

ระบบทำความเย็น[3] = $\frac{2{,}331{,}399.87 \times 100}{6{,}675{,}587.50}$

= 34.92%

ระบบอื่น ๆ = 100 - (ระบบแสงสว่าง + ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า + ระบบปรับอากาศ)

= 37.59%

หมายเหตุ [1] ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง ดูจากหัวข้อ 4.4.2

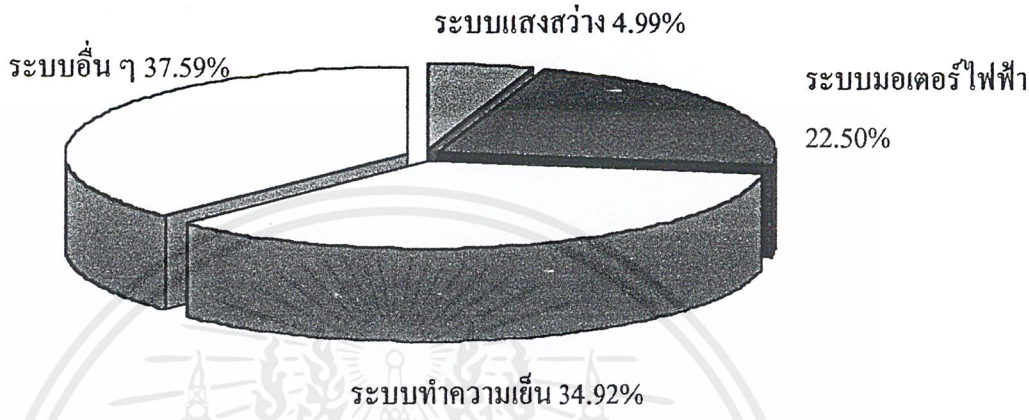
[2] ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ดูจากหัวข้อ 4.4.3

[3] ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็น ดูจากหัวข้อ 4.4.4

[4] ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า ดูจากหัวข้อ 4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจำแนกปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ [9]

4.3 รายละเอียดของอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน [9]

4.3.1 อุปกรณ์ทางด้านไฟฟ้า

ก. หม้อแปลงไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.1

ข. มอเตอร์ไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.2

ค. เครื่องปรับอากาศ ดังตารางที่ 4.3

ง. อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากน้ำ ได้แก่

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ดังตารางที่ 4.4

2. กังหันน้ำ (Water turbine) ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

ลำดับที่	รายละเอียด	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	ลำดับที่ 4	ลำดับที่ 5	ลำดับที่ 6	ลำดับที่ 7
1	จำนวน	3	1	1	1	1	1	3
2	ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า	แบบเปียก	แบบเปียก	แบบเปียก	แบบเปียก	แบบเปียก	แบบเปียก	แบบเปียก
3	ขนาดพิกัด (กิโลโวลต์แอมป์)	250	250	250	630	2,000	2,000	1,550
4	แรงดันสูง (กิโลโวลต์)	22	22	22	22	22	13.8	13.8
5	แรงดันต่ำ (โวลต์)	380	380	380	380	380	380	416/690
6	เดือน/ปี พ.ศ.ที่ติดตั้งใช้งาน	2525	2525	2540	2525	ก.พ. 2528	ก.พ. 2528	2527/2528
7	สถานที่ใช้งาน	แพปั๊มน้ำ กรองน้ำ สถานพยาบาล	ที่ทำการ	โรงซ่อมต่างๆ	สโมสร สหกรณ์	Station services 1	Station services 2	Excitation station services

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของมอเตอร์ไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

ลำดับที่	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ขนาด (กิโลวัตต์)	จำนวน	รวม (กิโลวัตต์)
1	ชั้นกังหันน้ำ	Governer oil pump	45	6	270
2	ห้องอัดอากาศ	Tool air compressor	45	2	90
3	ห้องอัดอากาศ	Operating air compressor	22	2	44
4	ห้องอัดอากาศ	Dewatering air compressor	150	2	300
5	ดราฟท์ทิวป์	Normal drainage pump	18.5	2	37
6	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	220	4	880
7	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา	45	2	90
8	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	37	6	222
9	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำทั่วไป	45	3	135
10	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำทั่วไป	37	1	37
11	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำทั่วไป	22	2	44
12	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำทั่วไป	30	2	60
รวมกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ [1]					**2,209**

หมายเหตุ [1] รวมกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้า ตามตาราง หมายถึง มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานทั้งหมดนอกจากระบบปรับอากาศและระบบทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

ลำดับที่	รายการ	ชนิด	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	จำนวน					ขนาดรวม (บีทียู/ชั่วโมง)	สถานที่ใช้งาน
				< 3ปี	3-5 ปี	5-8 ปี	>8 ปี	รวม		
1	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	-	-	-	1	1	24,000	แผนกโรงงาน (ท.010)
2	เนชั่นเนล	ติดหน้าต่าง	13,000	-	-	1	-	1	13,000	แผนกโรงงาน (ท.010)
3	โตชิบา	แยกส่วน	11,892	1	-	-	-	1	11,892	แผนกโรงงาน (ท.010)
4	สตาร์	แยกส่วน	28,500	-	-	-	2	2	57,000	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
5	เฟดเดอร์	แยกส่วน	25,000	-	-	-	1	1	25,000	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
6	เซ็นทรัลแอร์	แยกส่วน	25,800	-	-	-	1	1	25,800	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
7	มิตซูชิตา	แยกส่วน	25,639	1	-	-	-	1	25,639	ห้อง หทล-น (ท.008)
8	มิตซูชิตา	แยกส่วน	14,116	1	-	-	-	1	14,116	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
9	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	18,000	1	-	-	-	1	18,000	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
10	มิตซูชิตา	แยกส่วน	20,000	1	-	-	-	1	20,000	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)
11	อมีนา	แยกส่วน	12,500	-	1	-	-	1	12,500	ห้อง กยล-น (อาคารสำนักงาน)
12	สตาร์	แยกส่วน	24,000	-	-	-	1	1	24,000	ห้องวิทยุ (อาคารสำนักงาน)
13	เพนส์	แยกส่วน	19,000	-	-	-	1	1	19,000	ห้องวิทยุ (อาคารสำนักงาน)
14	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	-	1	-	-	1	13,000	ห้อง กกล-น (อาคารสำนักงาน)

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ชนิด	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	จำนวน					ขนาดรวม (บีทียู/ชั่วโมง)	สถานที่ใช้งาน
				< 3ปี	3-5 ปี	5-8 ปี	>8 ปี	รวม		
15	แคเรียร์	แยกส่วน	19,000	1	-	-	-	1	19,000	ห้องสมุด (อาคารสำนักงาน)
16	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	-	-	1	-	1	13,000	อขล (อาคารสำนักงาน)
17	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	-	-	1	-	1	13,000	ช.อขล-ห (อาคารสำนักงาน)
18	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	-	-	1	-	1	13,000	ช.อขล-ป (อาคารสำนักงาน)
19	ยูนิแอร์	แยกส่วน	29,000	2	-	-	-	2	58,000	แผนกบัญชีและการเงิน (อาคารสำนักงาน)
20	ยูนิแอร์	แยกส่วน	20,000	1	-	-	-	1	20,000	แผนกบัญชีและการเงิน (อาคารสำนักงาน)
21	มิตซูชิตา	แยกส่วน	14,000	1	-	-	-	1	14,000	ห้อง วศ.11 (อาคารสำนักงาน)
22	ยูนิแอร์	แยกส่วน	25,000	2	-	-	-	2	50,000	ห้องตรวจจ่าย (อาคารสำนักงาน)
23	แคเรียร์	แยกส่วน	360,000	-	-	-	1	1	360,000	อาคารสำนักงาน
24	ยูนิแอร์	แยกส่วน	240,000	-	-	-	1	1	240,000	อาคารสำนักงาน
25	ยูนิแอร์	แยกส่วน	240,000	-	-	-	1	1	240,000	อาคารสำนักงาน
26	เทม์มาสเตอร์	แยกส่วน	90,000	-	-	-	2	2	180,000	Switch yard (ผ.038)
27	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	2	-	-	-	2	51,600	แผนกบำรุงรักษาเขื่อนและโรงไฟฟ้า (ท.003)
28	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	20,000	1	-	-	-	1	20,000	แผนกบำรุงรักษาเขื่อนและโรงไฟฟ้า (ท.003)

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ชนิด	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	จำนวน					ขนาดรวม (บีทียู/ชั่วโมง)	สถานที่ใช้งาน
				< 3ปี	3-5 ปี	5-8 ปี	>8 ปี	รวม		
29	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	1	-	-	-	1	25,800	แผนกประชาสัมพันธ์
30	สตาร์	แยกส่วน	29,000	2	-	-	-	2	58,000	แผนกประชาสัมพันธ์
31	เอนจิเนียร์	แยกส่วน	19,000	1	-	-	-	1	19,000	แผนกจัดหา (ท.002)
32	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,800	-	3	-	-	3	74,400	แผนกจัดหา (ท.002)
33	แคเรียร์	แยกส่วน	19,000	-	2	-	-	2	38,000	แผนกจัดหา (ท.002)
34	ยูนิแอร์	แยกส่วน	13,000	-	-	-	1	1	13,000	แผนกควบคุมความปลอดภัย (ท.002)
35	เฟดเดอร์	แยกส่วน	25,000	-	-	-	1	1	25,000	แผนกควบคุมความปลอดภัย (ท.002)
36	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	-	-	-	3	3	72,000	สถานพยาบาล (ท.201)
37	แคร์เรีย	แยกส่วน	19,000	-	-	1	-	1	19,000	สถานพยาบาล (ท.201)
38	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	18,300	1	-	-	-	1	18,300	สถานพยาบาล (ท.201)
39	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,000	1	-	-	-	1	25,000	ที่ทำการสหกรณ์
40	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,000	2	-	-	-	2	50,000	ที่ทำการสหกรณ์
41	แคเรียร์	แยกส่วน	25,000	-	-	1	-	1	25,000	โรงอาหาร
42	ซันโย	แยกส่วน	16,000	-	-	-	1	1	16,000	โรงอาหาร

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำน้ำเย็นของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ชนิด	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	จำนวน					ขนาดรวม (บีทียู/ชั่วโมง)	สถานที่ใช้งาน
				< 3ปี	3-5 ปี	5-8 ปี	>8 ปี	รวม		
43	ยอร์ค	เครื่องทำน้ำเย็น	1,540,800	-	-	-	2	2	3,081,600	อาคารโรงไฟฟ้า
รวม				**23**	**7**	**6**	**20**	**56**	**5,154,647**	

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

รายละเอียดอุปกรณ์	
รุ่น/แบบ	$VTFk_3W$-RD
จำนวนเครื่อง	3
ความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า (เมกะโวลต์แอมป์) (ต่อเนื่อง)	111.1
ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	150
แรงดันไฟฟ้า/ความถี่	13800 โวลต์/50 เฮิร์ทซ
ตัวประกอบกำลัง	0.9
ชื่อผู้ผลิต	ฮิตาชิ
เดือน/ปีที่ติดตั้งใช้งาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 3	 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 มกราคม พ.ศ. 2528 กันยายน พ.ศ.2527
สถานที่ใช้งาน	โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมชุดที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของกังหันน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

รายละเอียดอุปกรณ์	
รุ่น/แบบ	Francis-Turbine
จำนวนเครื่อง	3
เนทเฮด/กำลังขาออก (สูงสุด)	72.00 เมตร/113,000 กิโลวัตต์
เนทเฮด/กำลังขาออก (ปกติ)	63.00 เมตร/102,000 กิโลวัตต์
เนทเฮด/กำลังขาออก (ต่ำสุด)	57.00 เมตร/88,500 กิโลวัตต์
ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	150
ชื่อผู้ผลิต	ฮิตาชิ
เดือน/ปีที่ติดตั้งใช้งาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 3	 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 มกราคม พ.ศ. 2528 กันยายน พ.ศ.2527
สถานที่ใช้งาน	โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมชุดที่ 1, 2 และ3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รายละเอียดการใช้พลังงาน [9]

4.4.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์

การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้า 3 เฟส 690 โวลต์ และ 416 โวลต์ โดยผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าลดระดับแรงดันจาก 22 กิโลโวลต์ และ 13.8 กิโลโวลต์ ลงมาที่ระดับแรงดัน 690 โวลต์ และ 416 โวลต์ ตามระดับแรงดันของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 4.1

4.4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ประกอบด้วยหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.6 และสรุปได้ดังนี้

กำลังการติดตั้งรวมทั้งหมด	169.715	กิโลวัตต์
พื้นที่การใช้งาน	19,858.00	ตารางเมตร
กำลังการติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน	8.55	วัตต์/ตารางเมตร
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	333,115.43	กิโลวัตต์/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ในระบบแสงสว่าง [9]

ลำดับที่	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด (หลอด)	กำลังติดตั้งทั้งหมด (วัตต์)
1	หลอดไส้	60	20	1,200
2	หลอดไส้	100	8	800
3	คอมเพคฟลูออเรสเซนต์	9	46	414
4	คอมเพคฟลูออเรสเซนต์	18	9	162
5	ฟลูออเรสเซนต์ (อุ่นไส้หลอด)	18	52	936
6	ฟลูออเรสเซนต์ (อุ่นไส้หลอด)	20	2	40
7	ฟลูออเรสเซนต์ (อุ่นไส้หลอด)	32	44	1,408
8	ฟลูออเรสเซนต์ (อุ่นไส้หลอด)	36	1,911	68,796
9	ฟลูออเรสเซนต์ (อุ่นไส้หลอด)	40	188	7,520
10	หลอดไอปรอทความดันสูง	50	35	1,750
11	หลอดไอปรอทความดันสูง	80	10	800
12	หลอดไอปรอทความดันสูง	160	6	960
13	หลอดไอปรอทความดันสูง	250	21	5,250
14	หลอดไอปรอทความดันสูง	400	44	17,600
15	หลอดไอปรอทความดันสูง	500	1	500
16	หลอดไอปรอทความดันสูง	1,000	36	36,000
รวม				**169,715**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมตามตาราง หมายถึง มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานทั้งหมด นอกเหนือจากระบบปรับอากาศและระบบทำความเย็น รายละเอียดดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า [9]

ลำดับที่	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ชั่วโมงการทำงาน	กิโลวัตต์	โหลดสูงสุด	% โหลด	กิโลวัตต์ชั่วโมง
1	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1	Governer oil pump.1	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
2	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1	Governer oil pump.2	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
3	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 2	Governer oil pump.1	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
4	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 2	Governer oil pump.2	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
5	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3	Governer oil pump.1	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
6	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3	Governer oil pump.2	4,380	45	42.9	95.3	187,902.00
7	ห้องอัดอากาศ	Tool air comp.1	100	45	48.4	107.6	4,840.00
8	ห้องอัดอากาศ	Tool air comp.2	100	45	48.4	107.6	4,840.00
9	ห้องอัดอากาศ	Operating air comp.1	100	22	18.4	83.6	1,840.00
10	ห้องอัดอากาศ	Operating air comp.2	100	22	18.4	83.6	1,840.00
11	ห้องอัดอากาศ	Dewater air comp.1	365	150	150.0	100.0	54,750.00
12	ห้องอัดอากาศ	Dewater air comp.2	365	150	150.0	100.0	54,750.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับที่	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ชั่วโมงการทำงาน	กิโลวัตต์	โหลดสูงสุด	% โหลด	กิโลวัตต์ชั่วโมง
13	ดราฟท์ทิวป์	Nor. drainage pump 1	2,920	18.5	10.7	57.8	31,244.00
14	ดราฟท์ทิวป์	Nor. drainage pump 1	2,920	18.5	10.4	56.2	30,368.00
15	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา 1	548	45.0	40.8	90.7	22,358.40
16	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา 2	548	45.0	41.3	91.8	22,632.40
17	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 1	548	37.0	37.6	101.6	20,604.80
18	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 2	548	37.0	37.6	101.6	20,604.80
19	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 3	548	37.0	35.6	96.2	19,508.80
20	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 4	548	37.0	35.6	96.2	19,508.80
21	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 5	548	37.0	38.9	105.1	21,317.20
22	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำดิบ 6	548	37.0	38.9	105.1	21,317.20
23	สระที่ทำการ	ปั๊มน้ำประปา 1	160	45.0	25.6	56.9	4,096.00
24	ที่ทำการ[1]	ปั๊มน้ำประปา 2	-	-	-	-	-
25	ที่ทำการ	ปั๊มน้ำประปา 3	160	37.0	30.9	83.5	4,944.00
26	ที่ทำการ	ปั๊มน้ำประปา 4	160	45.0	22.6	50.2	3,616.00
27	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำประปา 1	120	22.0	-	75.0	1,980.00
28	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำประปา 2	120	22.0	-	75.0	1,980.00
29	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำประปา 3	120	30.0	-	75.0	2,700.00
30	แพท้ายเขื่อน	ปั๊มน้ำประปา 4	120	30.0	-	75.0	2,700.00
รวม							**1,501,752.40**

<u>หมายเหตุ</u> [1] เครื่องปั๊มน้ำประปา 2 เกิดการชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบทำความเย็น แบ่งพิจารณาเป็น 2 ส่วน

ก. การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split) และแบบติดหน้าต่าง (Window) รายละเอียดดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างที่ใช้งานเป็นประจำ [9]

ลำดับที่	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ชนิด	จำนวนทั้งหมด (เครื่อง)	จำนวนเครื่องที่สำรอง (เครื่อง)	ความสามารถการทำความเย็นติดตั้ง (บีทียู/ชั่วโมง)	ความสามารถกา ทำความเย็นจริง (บีทียู/ชั่วโมง)
1	11,892	แยกส่วน	1	-	11,892	11,892
2	12,500	แยกส่วน	1	-	12,500	12,500
3	13,000	แยกส่วน	5	-	13,000	13,000
4	13,000	หน้าต่าง	1	-	13,000	13,000
5	14,000	แยกส่วน	1	-	14,000	14,000
6	14,116	แยกส่วน	1	-	14,116	14,116
7	16,000	แยกส่วน	1	-	16,000	16,000
8	18,000	แยกส่วน	1	-	18,000	18,000
9	18,300	แยกส่วน	1	-	18,300	18,300
10	19,000	แยกส่วน	6	-	19,000	19,000
11	20,000	แยกส่วน	3	-	20,000	20,000
12	24,000	แยกส่วน	5	-	24,000	24,000
13	24,800	แยกส่วน	3	-	24,800	24,800
14	25,000	แยกส่วน	8	-	25,000	25,000
15	25,639	แยกส่วน	1	-	25,639	25,639
16	25,800	แยกส่วน	4	-	25,800	25,800
17	28,500	แยกส่วน	2	-	28,500	28,500
18	29,000	แยกส่วน	4	-	29,000	29,000
19	90,000	แยกส่วน	2	-	90,000	90,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างที่ใช้งานเป็นประจำ (ต่อ)

ลำดับที่	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ชนิด	จำนวนทั้งหมด (เครื่อง)	จำนวนเครื่องที่สำรอง (เครื่อง)	ความสามารถการทำความเย็นติดตั้ง (บีทียู/ชั่วโมง)	ความสามารถการทำความเย็นจริง (บีทียู/ชั่วโมง)
20	240,000	แยกส่วน	2	-	240,000	240,000
21	360,000	แยกส่วน	1	-	360,000	360,000
รวม			**54**	**0**	**2,073,047**	**2,073,047**

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่าง (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ.1) 530,738.47 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เฉลี่ย(รายละเอียดในภาคผนวก ฉ.2)

8.67 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

ข. การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็น รายละเอียดดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น [9]

ขนาดทำความเย็น (ตันความเย็น)	ชนิด	จำนวน (เครื่อง)	รวม (ตันความเย็น)	ผู้ผลิต
128	ลูกสูบ	2	256	ยอร์ค
รวม		**2**	**256**	

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของระบบทำน้ำเย็น 1,800,661.40 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยของเครื่องทำความเย็น	1.07	กิโลวัตต์/ตันความเย็น

สรุป

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของระบบทำความเย็น [1]	2,331,399.87	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
พื้นที่ปรับอากาศรวม [2]	8,436.05	ตารางเมตร
ความสามารถในการทำความเย็นติดตั้งต่อพื้นที่ [3]	611.03	บีทียู/ชั่วโมง/ตารางเมตร

หมายเหตุ [1] พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของระบบทำความเย็น คือ ผลรวมของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำน้ำเย็น

[2] อ้างอิงจากหัวข้อที่ 3.3.1

[3] ความสามารถในการทำความเย็นติดตั้งต่อพื้นที่เท่ากับผลรวมของความสามารถในการทำความเย็นติดตั้งของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างกับความสามารถในการทำความเย็นติดตั้งของเครื่องทำน้ำเย็นต่อพื้นที่ปรับอากาศรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

5.1 การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงาน

พิจารณาจากการหาความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านผนังและหลังคาอาคาร

ก. ทฤษฎี [8,10]

ในอาคารหลังหนึ่ง ๆ ที่มาของความร้อนภายในอาคาร สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) ความร้อนจากภายในอาคาร ได้แก่ ความร้อนจากผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคาร ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง และความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

(2) ความร้อนภายนอกอาคาร ได้แก่

- ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคารผ่านทางหน้าต่างและช่องเปิดต่าง ๆ
- ความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งถ่ายเทผ่านผนังและหลังคาอาคารเข้าสู่ภายในอาคารโดยการนำความร้อน
- ความร้อนจากอากาศภายนอกที่รั่วไหลเข้าสู่ภายในอาคารตามของประตูหน้าต่าง การปิด-เปิดประตู หน้าต่าง และตามรอยรั่วต่าง ๆ

หากพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นจะพบว่า แหล่งที่มาของความร้อนส่วนใหญ่มาจากความร้อนภายนอกอาคาร ซึ่งผ่านเข้ามายังภายในอาคารด้วยรูปแบบต่าง ๆ ดังนั้นหากสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดค่าความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารนี้ได้จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารลดลงด้วย คุณสมบัติที่แสดงถึงความสามารถในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้แก่ ค่าการป้องกันความร้อนของกรอบอาคาร หรือค่าต้านทานการส่งผ่านความร้อนของกรอบอาคาร การถ่ายเทของความร้อนผ่านกรอบอาคารขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ วัสดุกรอบอาคาร พื้นที่ของกรอบอาคาร และอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านกรอบอาคาร (Rate of heat flow through envelope)

การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคาร มีความสำคัญและเป็นแนวทางหนึ่งในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร โดยเฉพาะการเลือกวัสดุเพื่อทำกรอบอาคารจะต้องมีความพิถีพิถันอย่างมากเพราะหากเลือกใช้ไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเข้ามาภายในอาคารมีค่าสูงภายในอาคารจึงร้อน นอกจากนี้หากอาคารดังกล่าวเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ ก็จะเป็นการเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยทั่วไปการก่อสร้างในปัจจุบันนิยมใช้การก่ออิฐฉาบปูน เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมานานแล้ว วัสดุก่ออิฐฉาบปูนเป็นวัสดุที่มีการดูดกลืนความร้อนสูง เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะกักเก็บความร้อนเอาไว้มาก และถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุในส่วนของกรอบอาคาร จึงควรเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ดีหรือมีความเป็นฉนวน เพื่อช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value : OTTV)

วัสดุกรอบอาคารที่ดีควรเป็นวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อช่วยป้องกันมิให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักเบา และภายในเนื้อของวัสดุประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก ฟองอากาศเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้ดี

อาคารที่ก่อสร้างในประเทศไทยตั้งอยู่ในแถบที่จะได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือและมีอุณหภูมิอากาศสูงเกือบตลอดทั้งปี การถ่ายเทความร้อนจากอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกอาคารจึงมีค่าค่อนข้างสูง รูปลักษณะของอาคาร ทิศทางการจัดวางหน้าต่าง ตลอดจนการเลือกใช้วัสดุของอาคารล้วนมีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อาคารที่มีสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยต่อพื้นที่เปลือกนอกของอาคารมาก แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีในการใช้ประโยชน์อาคารและยังมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานที่ดีอีกด้วย ดังนั้นรัฐบาลจึงได้ออกกฎกระทรวงตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 เพื่อเป็นการจำกัดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยกำหนดค่าที่สูงที่สุดของการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารไว้เป็นมาตรฐาน ได้แก่

1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_r)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (SC)(WWR)(SF) \qquad (5.1)$$

โดยที่ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (วัตต์/ตารางเมตร หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต/องศาฟาเรนไฮต์)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนแสงอาทิตย์ของผนังทึบโดยให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด (องศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต/องศาฟาเรนไฮต์)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมให้ใช้ค่าเท่ากับ 5 องศาเซลเซียสในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบแสงอาทิตย์ (Solar factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือ ผนังโปร่งแสง (วัตต์/ตารางเมตร หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต) โดยให้เป็นตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละส่วน ($OTTV_i$)

$$OTTV = \frac{(A_1)(OTTV_1) + (A_2)(OTTV_2) + ... + (A_i)(OTTV_i)}{A_1 + A_2 + ... + A_i} \quad (5.2)$$

โดยที่ A_i คือ พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ตารางเมตร)

2. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value : RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละด้าน ($RTTV_i$) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SSR)(TD_{eq}) + (U_s)(SSR)(\Delta T) + (SC)(SSR)(SF) \quad (5.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณา (วัตต์/ตารางเมตร หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต)

U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต/องศาฟาเรนไฮต์)

SSR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนแสงอาทิตย์ของผนังทึบ โดยให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมประกาศกำหนด (องศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์) การคำนวณหาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของหลังคา มีความหมายในทำนองเดียวกับค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าของผนังทึบ

U_s คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของแสงที่ช่องรับแสง (วัตต์/ตารางเมตร/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต/องศาฟาเรนไฮต์)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (องศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮต์) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมให้ใช้ค่าเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง ซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

SF คือ ค่าตัวประกอบแสงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือผนังโปร่งแสง (วัตต์/ตารางเมตร หรือ บีทียู/ชั่วโมง/ตารางฟุต) โดยให้เป็นตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน ($RTTV_i$)

$$RTTV = \frac{(A_1)(RTTV_1) + (A_2)(RTTV_2) + ... + (A_i)(RTTV_i)}{A_1 + A_2 + ... + A_i} \quad (5.4)$$

โดยที่ A_i คือ พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา (ตารางเมตร)

ข. มาตรฐาน [9]

จากกฎกระทรวงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร $\leq$ 55.00 และ $\leq$ 25.00 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ

ค. ผลการสำรวจ (รายละเอียดในภาคผนวก ค) [9]

พบว่าอาคารสำนักงานและอาคารของโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นอาคารหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเป็นผนังอิฐบล็อกกับผนังคอนกรีตที่หนามาก และมีการบุพื้นด้วยยางกันซึมบนหลังคา ทำให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารเท่ากับ 42.58 และ 20.70 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารเท่ากับ 22.058 และ 24.89 วัตต์/ตารางเมตร ตามลำดับ

ง. ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน [9]

พบว่าอาคารทั้งหมดมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ไม่เกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง จึงไม่มีมาตรการปรับปรุงค่าเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าจะไม่มีความจำเป็นที่จะปรับปรุงในมาตรการนี้ แต่ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร มีแนวทางดังนี้

- **การใช้ฉนวนกันความร้อนที่ผนังอาคาร**

ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญ ปัจจุบันเกือบทุกอาคารใช้ฉนวนกันความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติในการสกัดกั้นการส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง อาจใช้ได้ทั้งการรักษาความร้อนและความเย็นซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของฉนวนและลักษณะการใช้งานฉนวนนั้น ๆ สำหรับการใช้งานฉนวนในอาคารสิ่งก่อสร้างอาจทำหน้าที่หลาย ๆ อย่าง เช่น ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง ป้องกันไฟ เป็นต้น อาคารในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นต้องใช้เครื่องทำความร้อนและใช้ฉนวนเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้อบอุ่น แต่สำหรับประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงดังนั้นจึงต้องลดความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคารซึ่งมีอยู่หลายลักษณะ ได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อนประเภทต่าง ๆ ก่อน ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องเล็ก ๆ และช่องอากาศภายในวัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ เรียกว่า ฉนวนมวลสาร (Mass insulation) ช่องเล็ก ๆ เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด เส้นใย ปมแข็ง หรือเซลล์ของตัววัสดุนั้นเอง ยกเว้นฉนวนสะท้อนความร้อน กลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสาร เกิดขึ้นโดยช่องเล็ก ๆ ที่อยู่ภายในวัสดุ และลักษณะเป็นโพรงอากาศนี้ทำหน้าที่ต้านทานการไหลของอากาศหรือก๊าซ ทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่งโดยกระบวนการพาความร้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ประเภทของฉนวนและคุณสมบัติของฉนวน

ในการจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นกับเงื่อนไขที่ใช้ เช่น การจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนตามชนิดของวัสดุพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท ดังนี้

(1) วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral fibrous material) เช่น ใยหิน ขี้โลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ ใยแก้ว เป็นต้น

(2) วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic fibrous material) เช่น ไม้ ชานอ้อย ฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยเซลลูโลส ใยสังเคราะห์ เป็นต้น

(3) วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic cellular material) เช่น ไม้ก๊อก โฟมยาง พอลิสไตรีน พอลิยูรีเทน เป็นต้น

(4) วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral cellular material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ โฟมคอนกรีต เป็นต้น

สำหรับคุณสมบัติของฉนวนบางประเภทระบุไว้ดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนบางประเภท [9]

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
ใยแก้ว (Glass fiber)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส	- ไม่กันไฟ - ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส - การแทรกซึมของไอน้ำสูง ควรมีวัสดุหุ้มกันน้ำ
ใยแร่หรือใยหิน (Mineral fiber or rock wool)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่ติดไฟ - ไม่เป็นพิษ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 1300 องศาเซลเซียส	- ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ - การแทรกซึมของไอน้ำสูง
ใยเซลลูโลส (Cellulose)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ	- ติดไฟได้ - การดูดซึมน้ำสูง - อาจมีการยุบตัวตามอายุการใช้งาน
เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)	- ไม่ติดไฟ - ไม่เป็นพิษ	- สภาพการนำความร้อนปานกลาง - การดูดซึมน้ำสูง - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 405 องศาเซลเซียส
โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric foam)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ติดตั้งง่าย - ไม่เป็นพิษ	- ติดไฟได้และเกิดควันมาก - ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลต - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 105 องศาเซลเซียส
โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane foam)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ -ใช้เป็นตัวผนึกหรือกันซึมได้ - การแทรกซึมของไอน้ำและการดูดซึมต่ำ	- ติดไฟได้ - เกิดควันที่เป็นพิษขณะลุกไหม้ แก้ไขโดยใส่สารกันไฟลาม
แคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate)	- ไม่ติดไฟ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส	- สภาพการนำความร้อนปานกลาง - ไอน้ำแทรกซึมง่าย - การดูดซึมน้ำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การพิจารณาเลือกฉนวน

(1) รูปแบบทางกายภาพ (Physical forms) ของฉนวน มีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ เช่น ฉนวนแบบคลุมห่ม แบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด เป็นต้น การเลือกใช้ฉนวนจะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานและตำแหน่งติดตั้ง

(2) ความหนาแน่นและความจุความร้อน เป็นคุณสมบัติซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ฉนวนที่มีคุณภาพดีจะมีค่าความหนาแน่นและความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียว ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ในทางปฏิบัติข้อมูลเหล่านี้จะได้จากบริษัทผู้ผลิต

(3) อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม (Suitable for service temperature) เนื่องจากฉนวนแต่ละชนิดจะมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน หากเลือกใช้ไม่เหมาะอาจเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของฉนวนได้

(4) การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal expansion) ควรเลือกใช้ฉนวนที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตรงตามความต้องการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและมีอายุการใช้งานยาวนาน

(5) ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Thermal resistance) ฉนวนที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง จะกันความร้อนได้ดี

(6) ความต้านทานต่อความชื้น (Resistance to water penetration) หากเกิดความชื้นในฉนวนจะทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติความเป็นฉนวน

(7) ความต้านทานต่อแรงอัด (Resistance to compaction) โดยเฉพาะในส่วนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้น ฉนวนที่ขอบประตู-หน้าต่าง ฉนวนท่อและอุปกรณ์ เป็นต้น ฉนวนที่มีคุณสมบัติต้านทานต่อแรงอัดสูง เช่น ฉนวนประเภทโฟม พอลิเมอร์บางชนิด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) ความแข็งแรงทางกล (Mechanical strength) สามารถทนทานต่อการรับน้ำหนัก แรงอัด แรงดึง แรงเฉือน การกระแทก การสั่นสะเทือน ทนต่อการบิดงอ ซึ่งความสามารถดังกล่าวของฉนวนจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ความหนาแน่น ขนาดของเซลล์ ขนาดและการจัดเรียงตัวของเส้นใยของฉนวน ชนิดและปริมาณของตัวประสาน อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการใช้งาน

(9) อันตรายจากไฟไหม้ (Fire hazard) และต้องพิจารณาด้วยว่าการเผาไหม้ของฉนวนก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษหรือไม่ ตัวอย่างฉนวนที่กันไฟได้ดี เช่น ใยแร่ แคลเซียมซิลิเกต เวอร์มิคูไลต์ เป็นต้น

(10) ความต้านทานต่อแมลง เชื้อราและความปลอดภัยต่อสุขภาพ ฉนวนที่มีความต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา ได้แก่ ฉนวนพวกสารอนินทรีย์ เช่น แคลเซียมซิลิเกต โฟม ใยแร่ ใยคาร์บอน เป็นต้น

(11) การกันเสียง (Acoustical resistance) ซึ่งได้แก่ ฉนวนที่มีความพรุนหรือฉนวนที่มีช่องว่างอากาศมาก ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุที่มีน้ำหนักมากจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงได้ดีขึ้น เช่น ใยแร่ ใยแก้ว เป็นต้น

(12) การปลอดจากกลิ่น (Freedom from odor) ฉนวนที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบ หากเกิดการเสื่อมสภาพหรือเกิดการเผาไหม้จะทำให้ผู้ที่อาศัยภายในอาคารได้รับอันตรายจากการสูดดมไอระเหยของสารเคมี

(13) ความต้านทานต่อการกัดกร่อนและสารเคมี (Corrosion and chemical resistance) ฉนวนที่ดีควรมีความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพทางสารเคมีและสภาพอากาศ

(14) การบำรุงรักษา แสดงถึงค่าใช้จ่ายภายหลังการติดตั้งฉนวน ควรให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านหลังคาโดยการเลือกใช้วัสดุมุงหลังคา

1. หน้าที่หลักของวัสดุมุงหลังคา

ในการเลือกวัสดุมุงหลังคานั้น ในเบื้องต้นต้องเข้าใจถึงความต้องการและหน้าที่หลักของวัสดุมุงหลังคา คือ

- การกันรั่ว จากน้ำฝน น้ำค้างและความชื้นอากาศ ไม่ให้ผ่านเข้ามาภายในอาคาร

- การกันความร้อน เนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่ต้องรับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงในเวลากลางวัน คุณสมบัติการกันความร้อนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา

- ความแข็งแรงทนทาน เมื่อมีลมมาปะทะแรง ๆ

- ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จะทำให้วัสดุมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงและมีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารบ่อย ๆ

- ความสวยงาม วัสดุมุงหลังคาจัดเป็นวัสดุในส่วนของกรอบอาคาร นอกจากมีความสวยงามแล้ว ยังแสดงถึงรสนิยมของผู้เป็นเจ้าของด้วย

- ควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย เพื่อให้มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ ทำให้การถ่ายเทความร้อนจากวัสดุมุงหลังคาเข้ามาภายในอาคารลดลง

- ควรเป็นวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุมุงหลังคาชนิดต่าง ๆ

เมื่อความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อย ภายในอาคารก็จะเย็นสบายโดยไม่ต้องใช้พัดลมหรือเครื่องปรับอากาศเข้ามาช่วย วัสดุมุงหลังคามีหลายชนิด ซึ่งจะกล่าวถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ดังนี้

ก) แป้นเกล็ด

เป็นกระเบื้องไม้ที่นิยมใช้สำหรับมุงหลังคาในอดีต เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก ปัจจุบันไม่นิยมใช้เพราะไม้หายาก มุงยาก ประกอบกับไม่ค่อยมีการผลิตมากนัก กระเบื้องไม้จึงมีราคาแพงขึ้น ข้อดีของกระเบื้องไม้ คือ มีความสวยงามและกลมกลืนกับสภาพธรรมชาติ การใช้งานส่วนใหญ่จึงมักพบในอาคารที่อยู่ท่ามกลางสภาพธรรมชาติ เช่น โรงแรม หรือรีสอร์ท เป็นต้น คุณสมบัติของวัสดุประเภทไม้จะมีการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง ดังนั้นหากใช้ไม้มุงหลังคาจึงควรเคลือบผิวด้วยวัสดุอื่นที่มีค่าการกันความชื้นที่ดีกว่า หรือติดตั้งร่วมกับวัสดุฉนวนกันความชื้นชนิดอื่น

ข) กระเบื้องคอนกรีต หรือ กระเบื้องโมเนีย

เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากสำหรับบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะบ้านจัดสรร กระเบื้องคอนกรีตผลิตจากคอนกรีตอัดให้เป็นรูปลักษณะกระเบื้อง มีขนาด ลวดลายและสีสันต่าง ๆ ให้เลือกใช้ได้มากมายตามความต้องการ กระเบื้องคอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทาน แต่มีน้ำหนักเบา (ประมาณ 4.4 กิโลกรัม/ 1 แผ่น) ดังนั้นโครงหลังคาจึงต้องสร้างให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักได้ และกระเบื้องคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก จึงมีการดูดกลืนความร้อนสูง ดังนั้นการใช้งานควรติดตั้งฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร จึงจะเป็นการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน หรือ กระเบื้องลอน หรือ กระเบื้องลอนลูกฟูก

ทำจากปูนซีเมนต์ผสมแอสเบสทอส (Asbestos) นำมาอัดเป็นแผ่น มีทั้งลอนเล็กและลอนใหญ่ นิยมใช้สำหรับบ้านพักอาศัยระดับราคาปานกลาง และอาคารที่มีพื้นที่หลังคามาก ๆ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โกดังเก็บสินค้า เป็นต้น เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาถูกมากเมื่อเทียบกับกระเบื้องคอนกรีต หลังคาโลหะ และหลังคาชิงเกิล ข้อดีของการใช้กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน คือ มีน้ำหนักเบา ทำให้ไม่สะสมความร้อนและมีความเป็นฉนวนค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องคอนกรีต แต่ข้อเสีย คือ เปราะ แตกหักง่ายและมีการดูดซับความชื้นสูง

ง) หลังคาโลหะ

โลหะเป็นวัสดุอีกชนิดที่นิยมนำมาใช้ในส่วนของหลังคา เนื่องจากคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทาน สามารถป้องกันความชื้นได้ 100% หลังคาโลหะส่วนใหญ่จะเป็นระบบหลังคาซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด เพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน โลหะที่นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุมุงหลังคา ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม โลหะผสมของอลูมิเนียม สังกะสี ซิลิกอน เป็นต้น วัสดุอื่น ๆ ที่ประกอบเป็นระบบหลังคา ได้แก่ วัสดุประเภทฉนวนชนิดต่าง ๆ เพื่อป้องกันความร้อน ส่วนสีหรือวัสดุเคลือบผิวทำหน้าที่ป้องกันความชื้นและเกิดสนิมให้แก่โลหะ แต่อาจทำให้เกิดความร้อนภายในอาคารสูง เนื่องจากโลหะเป็นวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงมาก การส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในอาคารจึงมีค่าสูงตาม จึงควรมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในระบบหลังคาด้วย

จ) หลังคาชิงเกิล

เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง ทนทานและมีความยืดหยุ่นดี มีลักษณะเป็นแถบแบนยาว ผลิตขึ้นจากวัสดุหลายชนิด ประกอบด้วยแกนกลางซึ่งทำจากใยแก้วอัดชั้นของบิทูมินัส แคลเซียมคาร์บอเนต และตกแต่งผิวด้านบนด้วยกรวดขนาดเล็ก โดยมีเรซินเป็นตัวเชื่อมให้กรวดยึดติดอยู่อย่างแน่นหนา มีสีสันต่าง ๆ ให้เลือกใช้เพื่อความสวยงาม วัสดุนี้ทนทานต่อสภาพอากาศที่มีความแปรปรวนได้ดี สามารถติดตั้งได้กับหลังคาทุกแบบ ทุกลักษณะ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นดีจึงสามารถดัดให้โค้งงอได้ตามความต้องการ และติดตั้งลงบนแผ่นไม้อัดธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคาชิงเกิล สามารถกันน้ำและความชื้นได้เกือบ 100% เป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุกับสิ่งแวดล้อมได้อย่างรวดเร็ว แต่ค่าความต้านทานความร้อนของหลังคาชิงเกิลมีค่าไม่สูงมากนัก ดังนั้นควรติดตั้งฉนวนกันความร้อนด้วย

- **การเลือกใช้กระจกบริเวณผนังโปร่งแสง**

กระจกเป็นวัสดุโปร่งแสงที่มีบทบาทสำคัญมากโดยเฉพาะในการก่อสร้างอาคารสูง ได้นำกระจกมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบผนังภายนอกอาคาร เนื่องจากคุณสมบัติด้านความทนทานและสวยงาม ผนังโปร่งแสงของอาคารเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เพราะเป็นส่วนที่ความร้อนจากแสงแดดภายนอกจะเข้ามาในอาคารได้มากที่สุด ช่องโปร่งแสงควรมีขนาดเล็กพอที่จะไม่ให้ความร้อนเข้ามาในอาคารมากนัก แต่ใหญ่พอที่จะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ นอกจากนี้การติดฟิล์มกรองแสงที่ผนังโปร่งแสงสามารถลดปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงานได้

กระจกมีหลายประเภทจำแนกตามกระบวนการผลิตดังนี้ กระจกธรรมดา กระจกอบความร้อน กระจกเคลือบผิวหรือกระจกสะท้อนแสง กระจกดัดแปลง กระจกอื่น ๆ เช่น กระจกเงา กระจกลวดลาย กระจกเสริมลวด เป็นต้น ควรเลือกให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน การพิจารณาเลือกกระจกสำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบประเทศไทย สามารถจำแนกตามคุณสมบัติในแต่ละด้านได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การประหยัดพลังงานและการกันความร้อน

- มีความสามารถในการทนความร้อนได้ดี
- กันการรั่วซึมของอากาศได้ดี
- กันน้ำและกันความชื้นได้ดี
- มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ
- มีค่าการส่งผ่านของแสงสูง
- มีค่าของอัตราส่วนระหว่างค่าการส่งผ่านของแสงต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสูง หมายความว่า ยอมให้แสงผ่านเข้าได้มากแต่ความร้อนเข้าได้น้อย

2. การก่อสร้างและการลงทุน

- มีความปลอดภัยสูง
- มีน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
- มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน
- มีความสามารถในการทนความร้อนสูง
- หาซื้อได้ง่ายและราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง
- มีความหลากหลายของรูปแบบเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาพแวดล้อม

- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- มีความสวยงามและทนทาน
- มีค่าการส่งผ่านกระจกของรังสีอัลตราไวโอเลตต่ำ
- สามารถกันเสียงรบกวนได้ดี

4. การมองเห็น

- มีค่าการสะท้อนแสงภายนอกต่ำ ทำให้ไม่รบกวนสภาพแวดล้อม
- มีค่าการสะท้อนแสงภายในระดับที่เหมาะสม ไม่สูงเกินไปจนมองเห็นทัศนียภาพภายนอกไม่ชัดเจนหรือต่ำเกินไปจนไม่มีความเป็นส่วนตัว
- ให้ภาพสะท้อนที่ไม่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง

5.2.1 เปลี่ยนการใช้โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นโคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ก. ทฤษฎี [13,14]

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamps) หรือ หลอดคายประจุความดันต่ำ (Low pressure discharge lamps) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดตรงหรือชนิดหลอดวงกลม (Tubular or circular fluorescent lamps) เป็นหลอดไฟที่มีหลักการแตกต่างจากหลอดไส้ กล่าวคือ การเกิดขึ้นของแสงไม่ได้ใช้การเผาไส้หลอดให้ร้อนด้วยไฟฟ้า แต่ใช้แรงดันไฟฟ้า (ความต่างศักย์) ตกคร่อมที่ปลายขั้วของหลอดทั้ง 2 ข้าง เพื่อกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่ขั้วไฟฟ้าหลุดออกและวิ่งข้ามจากขั้วที่มีความต่างศักย์สูงไปยังขั้วที่มีความต่างศักย์ต่ำ โดยในขณะที่ทำการจุดติดหลอดครั้งแรกจะใช้สตาร์ทเตอร์และบัลลาสต์ ช่วยในการทำให้ความต่างศักย์ที่ขั้วทั้งสองมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมปกติ ขณะที่อิเล็กตรอนวิ่งข้ามจากขั้วหนึ่งไปขั้วหนึ่ง อิเล็กตรอนจะชนเข้ากับอะตอมของก๊าซปรอทและกระตุ้นให้อะตอมของก๊าซปรอทคายเอาพลังงานออกมา พลังงานดังกล่าว คือ พลังงานในรูปแสงอัลตราไวโอเลตซึ่งจะวิ่งผ่านออกไปจากผนังในทุกทิศทาง ผ่านสารฟอสเฟอร์รัสที่เคลือบอยู่ด้านในของผนังหลอดที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแสงอัลตราไวโอเลตไปเป็นแสงในระดับที่สายตามนุษย์มองเห็นและเมื่อหลอดไฟติดแล้ว บัลลาสต์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปที่หลอดให้มีค่าสม่ำเสมอและเหมาะสมต่อการทำงานของหลอดไฟ

2. คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact fluorescent lamps) หรือ หลอดตะเกียบ คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเล็กและกะทัดรัด โดยที่หลักการการให้กำเนิดแสงเป็นหลักการเดิม จุดประสงค์หลักในการออกแบบหลอดชนิดนี้ก็เพื่อนำมาใช้แทนหลอดไส้ มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าหลอดไส้ประมาณ 8 เท่า และการใช้พลังงานของคอมแพคฟลูออเรสเซนต์น้อยกว่าหลอดไส้ประมาณ 4 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละประเภท แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ข้อดีและข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละประเภท [14]

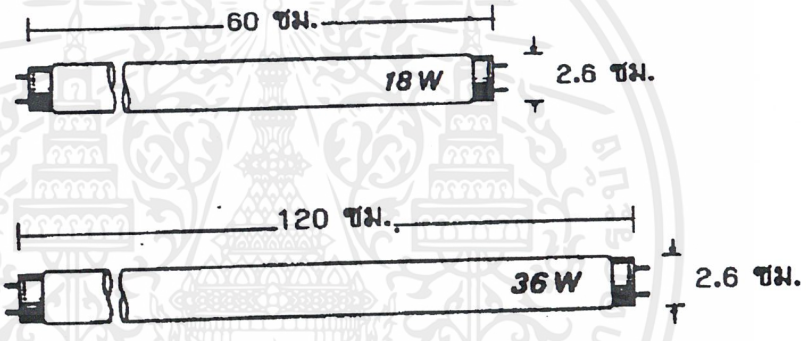
ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	ข้อดี	ข้อเสีย
หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดตรงหรือชนิดหลอดวงกลม (Tubular or circular fluorescent lamps)	- ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เพราะไม่ต้องสูญเสียไปกับพลังงานความร้อน - อุณหภูมิสภาพแวดล้อมรอบข้างต่ำกว่าหลอดประเภทอื่น - มีประสิทธิภาพแสงสูงกว่าหลอดไส้ (55 – 90 ลูเมน/วัตต์) - มีระดับราคาปานกลาง	- ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ - มีขนาดใหญ่หรือยาวกว่า ทำให้การขนส่ง เก็บรักษา ติดตั้งการใช้งานต้องระวังมากขึ้น - ค่าดัชนีความเหมือนสีต่ำกว่าหลอดไส้
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact fluorescent lamps)	- มีขนาดเล็ก กะทัดรัด สามารถนำมาใช้แทนหลอดไส้ได้ทันที (เฉพาะหลอดที่มีบัลลาสต์ในตัว) - การขนย้ายทำได้ง่ายกว่าเพราะมีขนาดเล็ก - ประสิทธิภาพแสง 40 – 80 ลูเมน/วัตต์	- มีราคาแพงหลายเท่า เมื่อเทียบกับหลอดไส้ - ส่วนมากหลอดมีบัลลาสต์ในตัว เมื่อหลอดหรือบัลลาสต์เสียต้องเปลี่ยนทั้งคู่ เพราะแยกเปลี่ยนไม่ได้ - ค่าดัชนีความเหมือนสีต่ำกว่าแบบหลอดไส้

โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงหรือโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง (ในที่นี้กล่าวถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดตรงหรือชนิดหลอดวงกลม) หมายถึง โคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงที่ให้กำลังส่องสว่างเท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา แต่กินไฟน้อยกว่า มีประสิทธิภาพสูงกว่า ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนกันแต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงมีความเรียวกะทัดรัดกว่า ตัวหลอดจะเล็กกว่าหลอดธรรมดาและมีระยะห่างของขั้วหลอดที่ปลายทั้งสองข้างเท่ากันกับขั้วหลอดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ในการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำหลอดประสิทธิภาพสูงไปสวมใส่กับขาหลอดเดิมได้ทันที โดยไม่ต้องเปลี่ยนบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์เดิม

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูงมีขนาดเล็ก ซึ่งมีความกว้างของหลอดวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร มีกำลังไฟฟ้าลดลงเหลือเป็นขนาด 18 วัตต์ วัดความยาวได้ 60 เซนติเมตร ฟลักซ์การส่องสว่าง 1,030 ลูเมน อายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง และขนาด 36 วัตต์ วัดความยาวได้ 120 เซนติเมตร ฟลักซ์การส่องสว่าง 2,600 ลูเมน อายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง ดังแสงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขนาดของหลอดและกำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง [13]

ข. มาตรฐาน [9]

ค่าความเข้มแสงของสำนักงานตามมาตรฐานของสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ประมาณ 350 – 500 ลักซ์

ค. ผลการสำรวจ [9]

ความเข้มแสงที่วัดได้โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 100-200 ลักซ์ และจากการสำรวจพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม โดยทั่วไปได้มีการใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงในอาคารสำนักงานและอาคารของโรงไฟฟ้าบางส่วนแล้ว แต่สภาพโคมสกปรก และมีการใช้โคมแบบโคมโรงงาน ติดลอย/เปลือย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา

- โคม ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 129 โคม

- โคม ขนาด 2 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 2 โคม

- โคม ขนาด1 x 36วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดลอยติดเพดาน/หน้าตะแกรง จำนวน 41 โคม

ง. ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน [9]

ความเข้มแสงที่วัดได้โดยทั่วไปต่ำกว่ามาตรฐาน

จ. แนวทางแก้ไข รายละเอียดในภาคผนวก ง [9]

- ในกรณีที่มีการใช้โคมแบบโคมโรงงานติดลอย/เปลือย ทางโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมได้มีมาตรการลดจำนวนหลอดเพื่อประหยัดพลังงานอยู่แล้ว

- การทำความสะอาดโคม และการทาสีห้องด้วยโทนสว่างจะช่วยให้ห้องดูสว่างขึ้น

- เปลี่ยนโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง มาเป็นชุดโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 129 โคม ราคาชุดละ 1,328.94 บาท ค่าแรงในการติดตั้ง 230 บาท/ชุด ค่าเก็บงาน 12% ของเงินลงทุนรวมกับค่าแรง รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 235,587.90 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปลี่ยนโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 2 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง มาเป็นชุดโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง ขนาด 2 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 2 โคม ราคาชุดละ 1,762.29 บาท ค่าแรงในการติดตั้ง 230 บาท/ชุด ค่าเก็บงาน 12% ของเงินลงทุนรวมกับค่าแรง รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 4,462.73 บาท

- เปลี่ยนโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดลอยติดเพดาน/หน้าตะแกรง มาเป็นชุดโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดลอยติดเพดาน/หน้าตะแกรง จำนวน 41 โคม จำนวน 2 โคม ราคาชุดละ 1,328.94 บาท ค่าแรงในการติดตั้ง 170 บาท/ชุด ค่าเก็บงาน 12% ของเงินลงทุนรวมกับค่าแรง รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 63,864.04 บาท

ฉ. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ [9]

- ประหยัดพลังงานลงได้ 18,622.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 28,976.83 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 303,914.67 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 10.49 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 5.31% (รายละเอียดในตารางที่ ญ.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

ก. ทฤษฎี

1. หลักการทำงานของบัลลาสต์ [14]

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์จำเป็นที่ต้องใช้ ต้องมีอยู่ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้หลอดไฟประเภทฟลูออเรสเซนต์และประเภทหลอดคายประจุความดันสูง โดยมีหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปที่หลอดไฟให้มีค่าเหมาะสม สม่ำเสมอตามแต่ละประเภทหลอด แต่ละชนิด แต่ละรุ่น แต่ละขนาด โดยขณะที่หลอดไฟผ่านขบวนการจุดติดแล้วนั้น ค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) หรือค่าความต้านทานการไหลของไฟฟ้าของหลอดนั้นจะมีค่าติดลบซึ่งหมายถึงกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวหลอดในปริมาณที่มากเพราะไม่มีตัวต้านทานไว้ ผลที่เกิดขึ้น คือ กำลังงานที่หลอดไฟได้รับจะมีมากเกินกว่าที่ออกแบบไว้ (Overload) ไส้หลอดก็จะเสียหายและขาด ในที่สุด ดังนั้นจึงต้องนำบัลลาสต์มาต่ออนุกรมในวงจรและบัลลาสต์นี้เองที่จะทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรแทนหลอดไฟ

2. ประเภทของบัลลาสต์ [14]

ก) บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา บัลลาสต์ประเภทนี้ถูกออกแบบผลิตเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทอินดักทีฟ (Inductive) คาปาซิทีฟ (Capacitive) และรีซีสทีฟ (Resistive) ซึ่งมีหลักการต่างกัน แต่ให้ผลในเชิงต้านทานการไหลทางไฟฟ้าเหมือนกัน แต่ที่ใช้งานมากที่สุดจะเป็นประเภทอินดักทีฟ ซึ่งจะประกอบด้วยวัสดุหลัก ๆ คือ แกนเหล็กที่ประกอบขึ้นมาจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกันและพันโดยรอบด้วยขดลวดทองแดง อย่างไรก็ตามบัลลาสต์แกนเหล็กชนิดนี้จะมีการสูญเสียพลังงานในตัวมันเองสูงถึงประมาณ 20% เมื่อเทียบกับพลังงานที่จ่ายให้กับระบบแสงสว่างและพลังงานที่สูญเสียนี้จะเปลี่ยนแปลงและปรากฏออกมาในรูปความร้อน โดยปกติจะมีการสูญเสียพลังงานอยู่ในช่วง 9 – 13 วัตต์ แล้วแต่คุณภาพของวัสดุแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก ขดลวดที่นำมาใช้และขนาดกำลังวัตต์ของบัลลาสต์ ซึ่งจะทำให้บัลลาสต์มีอุณหภูมิขณะใช้งานในอยู่ช่วง 55 – 77 องศาเซลเซียส

ข) บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง เป็นบัลลาสต์แกนเหล็กเช่นเดียวกับประเภทแรก แต่ผลิตโดยใช้วัสดุแกนเหล็กและขดลวดที่มีคุณภาพดีขึ้น มีผลให้จำนวนรอบของขดลวดที่พันมีน้อยลง โดยไม่ทำให้ความสามารถในการใช้งานลดลง บัลลาสต์ชนิดนี้จะมีค่าพลังงานที่สูญเสียในตัวประมาณ 6 – 8.5 วัตต์ แล้วแต่คุณภาพและขนาดกำลังวัตต์ของบัลลาสต์ อุณหภูมิขณะใช้งานอยู่ในช่วง 35 – 50 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ตามข้อเสียของบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาและบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง คือ การที่มีค่าตัวประกอบกำลังที่ต่ำ

ค) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หน้าที่หลักของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะไม่แตกต่างกับบัลลาสต์แบบแกนเหล็ก แต่ใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้แกนเหล็กพันขดลวด ดังนั้นภายในตัวบัลลาสต์จึงบรรจุชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก จึงทำให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถและลดจุดอ่อนของบัลลาสต์ ซึ่งบัลลาสต์แกนเหล็กไม่สามารถทำได้ เช่น กระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่ขั้วหลอดไฟวิ่งจากขั้วหนึ่งไปยังขั้วหนึ่งสลับกันด้วยความถี่ที่สูงขึ้นเป็น 35,000 – 40,000 รอบ/วินาที จากเดิมที่วิ่งด้วยความถี่ 50 รอบ/วินาที สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงดันสูงได้ ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ภายนอกมาต่อเพิ่ม ลดความร้อนด้วยการลดขนาดคอยล์ให้มีขนาดเล็กลงอย่างมาก ลดการสูญเสียพลังงานในตัวเองเหลือเพียง 2 – 4 วัตต์/หลอด (แบบแกนเหล็ก 9 – 12 วัตต์) ทำให้หลอดไฟมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น 30 – 50% ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าไฟฟ้า ได้ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างที่มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากไม่มีการกระพริบและได้แสงที่มีความสว่างสม่ำเสมอซึ่งจะมีผลดีต่อสายตาในระยะยาว แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทวงไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้บัลลาสต์

ค. ผลการสำรวจ [9]

สำรวจชนิดของบัลลาสต์ที่ใช้ในโคมหลอดไฟฟ้า พบว่าสภาพการติดตั้งโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา โดยทั่วไปใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา

- โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 36 วัตต์ ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา จำนวน 1,025 ตัว

- โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 18 วัตต์ ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา จำนวน 29 ตัว

ง. แนวทางแก้ไข (รายละเอียดในภาคผนวก จ) [9]

เปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดามาเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง จะสามารถลดพลังงานลงได้ 4 วัตต์/ตัวโดยที่ความสว่างคงเดิม

- บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา ขนาด 36 วัตต์ ราคาตัวละ 133.75 บาท จำนวน 1,025 ตัว ค่าแรง 30 บาท/ตัว รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 167,843.75 บาท มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 6.79 ปี คิดเป็นอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ20.34%

- บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา ขนาด 18 วัตต์ ราคาตัวละ 133.75 บาท จำนวน 29 ตัว ค่าแรง 30 บาท/ตัว รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น 4,748.75 บาท มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 6.24 ปี คิดเป็นอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 21.99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ [9]

- ประหยัดพลังงานลงได้ 16,375.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 25,480.50 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 172,593.00 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 6.77 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 20.38%

5.3 การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น

5.3.1 เครื่องปรับอากาศ

ก. ทฤษฎี [15]

1. หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เพื่อให้การควบคุมอุณหภูมิภายในสำนักงานสม่ำเสมอเท่าที่ต้องการ เครื่องปรับอากาศต้องมีเทอร์โมสตัทท์ (Thermostat) สำหรับควบคุมการทำความเย็น เมื่ออุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทท์จะสั่งให้เครื่องทำงานเบาลง ในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทท์จะสั่งให้เครื่องทำงานมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีสวิทช์ควบคุมความเร็วของพัดลม สำหรับการลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในห้อง เครื่องปรับอากาศจะมีเครื่องทำความเย็น ทำหน้าที่ปั๊มความร้อนจากห้องออกไประบายทิ้งภายนอก โดยจะมีการติดตั้งเครื่องระเหย ซึ่งมีอุณหภูมิ 5 – 7 องศาเซลเซียสไว้ภายในห้อง เครื่องระเหยจะดูดเอาความร้อนและควบแน่นความชื้นจากอากาศในห้อง ทำให้สารทำความเย็นเดือดกลายเป็นไอ จากนั้นเครื่องอัดอากาศจะปั๊มเอาไอสารทำความเย็นไปเข้าเครื่องควบแน่นที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องอัดอากาศ เครื่องควบแน่นจะระบายความร้อนออกจากไอสารทำความเย็น ทำให้ไอสารทำความเย็นกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารทำความเย็นเหลว ซึ่งจะไหลผ่านเอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion valve) ไปเข้าเครื่องระเหยใหม่ เป็นการเริ่มวัฏจักรใหม่อีก สำหรับการกรองอากาศภายในห้องปรับอากาศให้สะอาด จะใช้แผ่นกรองอากาศติดตั้งอยู่หน้าแผงเครื่องระเหย

2. ประเภทของเครื่องปรับอากาศ

ก) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่างหรือผนังห้อง เป็นเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งได้ง่ายและถูกที่สุด แต่เป็นเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งได้เฉพาะห้องที่มีหน้าต่างหรือผนังติดกับอากาศโล่งภายนอกเท่านั้น ข้อเสียคือ หน้าต่างที่ใช้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะไม่สามารถเปิดใช้งานได้ขณะที่ไม่ต้องการใช้เครื่องปรับอากาศ และเครื่องจะส่งเสียงดังเข้าไปในห้องมากกว่าเครื่องแบบแยกส่วน

ข) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มีแฟนคอยล์ยูนิตแบบตั้งพื้น เป็นแบบแยกส่วนที่ราคาถูกที่สุด ติดตั้งง่ายและดูแลบำรุงรักษาง่ายที่สุด ไม่เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่จำกัด

ค) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มีแฟนคอยล์ยูนิตแบบแขวนใต้ฝ้าเพดาน เป็นแบบแยกส่วนที่ราคาใกล้เคียงแบบตั้งพื้น เหมาะสำหรับห้องที่มีความสูงเพียงพอ

ง) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีแฟนคอยล์ยูนิตติดที่ผนังห้องและแบบที่มีแฟนคอยล์ยูนิตติดตั้งฝังในฝ้าเพดาน เป็นแบบที่ใช้พื้นที่ใช้สอยภายในห้องน้อย แต่เครื่องทั้งสองแบบนี้ติดตั้งค่อนข้างยาก ดูแลบำรุงรักษายากและราคาแพงกว่าแบบอื่น

3. การกำหนดระดับประสิทธิภาพ (ตามข้อกำหนดของสำนักการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

- ระดับที่ 5 เป็นระดับประสิทธิภาพดีมาก จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ 10.6 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระดับที่ 4 เป็นระดับประสิทธิภาพดี จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ 9.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 10.6

- ระดับที่ 3 เป็นระดับประสิทธิภาพปานกลาง จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ 8.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 9.6

- ระดับที่ 2 เป็นระดับประสิทธิภาพพอใช้ จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานตั้งแต่ 7.6 ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.6

- ระดับที่ 1 เป็นระดับประสิทธิภาพต่ำ จะมีค่าประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่า 7.6

ค่าประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio : EER) หมายถึงปริมาณความเย็นที่ผลิตได้ต่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงสมรรถนะการทำความเย็นมีค่ามากกว่าหรือ 7.45 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

ค. ผลการสำรวจ [9]

จากการสำรวจเครื่องปรับอากาศมีทั้งหมด 54 เครื่อง ซึ่งส่วนมากมีอายุการใช้งานน้อยกว่า 3 ปีหรือไม่ก็มากกว่า 8 ปี ส่วนใหญ่ติดตั้งบริเวณอาคารสำนักงานและบริเวณอาคารโรงไฟฟ้า ประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 53 เครื่อง คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น 2,060,047 บีทียู/ชั่วโมง และแบบติดหน้าต่าง 1 เครื่อง คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น 13,000 บีทียู/ชั่วโมง ดังนั้นความสามารถในการทำความเย็นรวม 2,073,047 บีทียู/ชั่วโมง โดยเครื่องปรับอากาศทั้งหมดเป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้อยู่เป็นประจำ (รายละเอียดในบทที่ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่างเท่ากับ 530,738.47 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

การวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์เฉพาะเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานประจำเท่านั้น โดยแยกเครื่องปรับอากาศเป็นกลุ่มตามอายุการใช้งานและทำการสุ่มวิเคราะห์ (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ.1 และ ฉ.2) ซึ่งได้ผลดังนี้

- อายุ 0 – 3 ปี สุ่มวิเคราะห์ 20 เครื่อง จากทั้งหมด 23 เครื่อง (86.96%) ค่าประสิทธิภาพพลังงาน เท่ากับ 9.73 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

- อายุ 3 – 5 ปี สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่อง จากทั้งหมด 7 เครื่อง (42.86%) ค่าประสิทธิภาพพลังงาน เท่ากับ 8.81 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

- อายุ 5 – 8 ปี สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่อง จากทั้งหมด 6 เครื่อง (50.00%) ค่าประสิทธิภาพพลังงาน เท่ากับ 8.14 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

- อายุมากกว่า 8 ปี สุ่มวิเคราะห์ 18 เครื่อง จากทั้งหมด 18 เครื่อง (100.0%) ค่าประสิทธิภาพพลังงาน เท่ากับ 7.56 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง

ง. ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ.1 และ ฉ.2) [9]

จากการวิเคราะห์เครื่องปรับอากาศ 44 เครื่อง (ทำการวิเคราะห์เฉพาะเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานประจำเท่านั้น) พบว่ามีค่าสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยรวม 8.67 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าค่าที่กฎกระทรวงกำหนด สามารถแยกเป็นเครื่องปรับอากาศที่มีสมรรถนะการทำความเย็นสูงเกินกว่าค่าที่กฎกระทรวงกำหนด คิดเป็น 86.36% ของเครื่องที่สุ่มวิเคราะห์ และเครื่องปรับอากาศที่มีสมรรถนะในการทำความเย็นต่ำกว่าค่าที่กฎกระทรวงกำหนด คิดเป็น 13.64% ของเครื่องที่สุ่มวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. แนวทางแก้ไข [9]

- ทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีค่าสมรรถนะในการทำความเย็นน้อยกว่าค่าที่กฎกระทรวงกำหนดให้เป็นเครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะมีค่าสมรรถนะการทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับ 9.60 บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง จำนวน 6 เครื่อง

- ปกติเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษาทำความสะอาดเครื่องควบแน่นและเครื่องระเหย จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นควรทำความสะอาดบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็น เช่น ใช้ลมเป่าทำความสะอาดเครื่องควบแน่นและเครื่องกรองต่าง ๆ ทุก ๆ เดือน และควรทำความสะอาดเครื่องควบแน่นและเครื่องระเหยโดยใช้น้ำหรือน้ำยาทำความสะอาด รวมทั้งตรวจสอบสภาพการรั่วซึมของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศทุก ๆ 6 เดือน

ฉ. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ [9]

- ประหยัดพลังงานลงได้ 54,918.31 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี (รายละเอียดในภาคผนวก ฉ.3)

- มูลค่าที่ประหยัดได้ 85,452.90 บาท/ปี

- มูลค่าการลงทุน 460,134.00 บาท/ปี

- ระยะเวลาคืนทุน 5.38 ปี

- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 5.31% (รายละเอียดในตารางที่ ญ.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ระบบทำน้ำเย็น

ก. ทฤษฎี [16]

1. หลักการทำงานของระบบทำน้ำเย็นที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

ระบบทำน้ำเย็นที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ใช้หลักการของเครื่องกล คือ ระบบแบบอัดไอ (Vapor compression หรือ Reversed heat engine) ได้แก่ เครื่องทำน้ำเย็นและเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้เครื่องอัดแบบหอยโข่ง (Centrifugal water chilling unit) ระบบดังกล่าวต้องการปริมาณพลังงานในรูปของพลังงานกล เพื่อไปขับเคลื่อนให้เกิดการทำงานโดยผ่านทางเครื่องอัดน้ำยา

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงสมรรถนะการทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับ 1.01 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

ค. ผลการสำรวจ [9]

ระบบทำน้ำเย็นที่ใช้อยู่ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการปรับอากาศให้กับโรงไฟฟ้าโดยที่ระบบทำน้ำเย็นนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

- เครื่องทำน้ำเย็นเป็นชนิดลูกสูบระบายความร้อนด้วยน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
- เครื่องสูบน้ำเป็นชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ จำนวน 4 เครื่อง
- หอระบายความร้อน จำนวน 2 เครื่อง
- เครื่องส่งลมเย็น ซึ่งจะติดตั้งอยู่ตามจุดใช้งาน จำนวน 81 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตรวจวัดเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 กิโลวัตต์/ตันความเย็น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทำน้ำเย็นประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ และเครื่องส่งลมเย็น

- เครื่องทำน้ำเย็น ขนาด 128.4 ตันความเย็น จำนวน 2 เครื่อง

	1,191,360.00	กิโลวัตต์/ปี
- เครื่องสูบน้ำและหอระบายความร้อน	314,396.00	กิโลวัตต์/ปี
- เครื่องส่งลมเย็น	294,905.40	กิโลวัตต์/ปี
รวมทั้งสิ้น	1,800,661.40	กิโลวัตต์/ปี

ง. ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน [9]

ค่าสมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยสูงกว่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการปรับปรุง

จ. ข้อเสนอแนะ [9]

- เครื่องทำน้ำเย็นหมายเลขเครื่อง CH2 มีสารทำความเย็นน้อยควรที่จะใส่เพิ่มเพื่อทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องดีขึ้น

- เนื่องจากความดันแตกต่างระหว่างด้านเข้าและด้านออกของเครื่องควบแน่นของเครื่องทำน้ำเย็นหมายเลขเครื่อง CH2 มีค่า 18.85 ปอนด์/ตารางนิ้ว ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ในคู่มือการทำงานมาก (10 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากความสกปรกของเครื่องควบแน่น ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดเครื่องควบแน่นเพื่อที่จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดีขึ้น และควรดำเนินการดังกล่าวกับเครื่องระเหยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบทำน้ำเย็นดีขึ้นควรมีการตรวจสอบสภาพการทำงานและมีการดูแลรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ควรพิจารณาดำเนินการดังนี้

1. หอระบายความร้อน

- ใบพัด ควรทำความสะอาดโดยใช้แปรงขัดหรือใช้วัสดุขูดเฉพาะตะไคร่ให้สะอาดและขันนอตที่ยึดใบพัดให้แน่น ตรวจดูการสั่นหรือเสียงผิดปกติจากใบพัด ไม่ควรใช้ใบพัดที่บิ่น ร้าว หรือ คดงอ

- เกียร์ ฟังเสียงผิดปกติของเกียร์ ดูการรั่วซึมของน้ำมันเกียร์ที่เพลาใบพัด รอยต่อของเสื้อเกียร์และหน้าแปลนมอเตอร์ ตรวจดูการสั่นคลอนของลูกปืน ระดับน้ำมันเกียร์ น้ำที่ผสมอยู่ในน้ำมันเกียร์ การถ่ายน้ำมันเกียร์ควรทำขณะเครื่องหยุดใหม่ ๆ

- หัวจ่ายน้ำและท่อจ่ายน้ำ ทำความสะอาดรูจ่ายน้ำ ปรับระยะของเส้นลวดที่ยึดปลายท่อให้มีระยะระหว่างท่อกับผิวฟิลเตอร์น้อย ๆ แต่ไม่ติดผิวหน้าของฟิลเตอร์ ตรวจดูความเร็วรอบของหัวจ่ายน้ำ ปริมาณน้ำไหล ดูความหนาแน่นของน้ำที่ตกลงผิวควรกระจายสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันทุกเครื่อง

- ฟิลเตอร์ โดยการเก็บสิ่งสกปรกออกจากผิวหน้าของฟิลเตอร์ ใช้น้ำฉีดทำความสะอาด ถอดฟิลเตอร์ออกทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่เมื่อสกปรกมาก เมื่อต้องไปเหยียบฟิลเตอร์ควรใช้แผ่นไม้อัดบางกว้างวางรองเท้าเพื่อป้องกันฟิลเตอร์เสียรูปร่าง

- ตัวคูลลิ่งทาวเวอร์ ทำความสะอาดโดยใช้แปรงขัดภายใน ส่วนภายนอกใช้ผ้าทำความสะอาด ตรวจการรั่วซึมของน้ำตามรอยต่อของแผ่นถาดรองน้ำ การผุกร่อนของนอตและความตึง ส่วนที่เป็นเหล็กถ้ามีสนิมมากให้ขูดออกและทาสีกันสนิม

- ถาดรองน้ำ ทำความสะอาดโดยใช้แปรงขัด ตรวจสอบหารอยรั่วซึมระหว่างแผ่นต่อ ข้อต่อของท่อน้ำต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลูกลอย ตรวจสอบโดยกดลูกลอยไว้สักครู่แล้วปล่อย ผลที่ได้จากการกดลูกลอย คือ ลูกลอยควรจะหยุดไหลสนิทที่ระดับหนึ่ง ระดับนั้นจะเป็นระดับที่เหมาะสม

- การควบคุมคุณภาพน้ำ เนื่องจากน้ำในหอระบายความร้อนสัมผัสกับอากาศโดยตรง เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะมีสารตกค้างสะสมเข้มข้นมากขึ้น หรือมีสาเหตุจากแหล่งน้ำเอง เพราะฉะนั้นควรป้องกันสภาพของน้ำโดยการวิเคราะห์ตรวจสภาพของกระแสน้ำที่หมุนเวียนและใช้สารเคมีเมื่อสภาพน้ำมีปัญหารวมทั้งใส่สารเคมี ป้องกันตะกรัน และตะไคร่น้ำ

2. เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ เครื่องส่งลมเย็น

- ใช้ลมเป่าทำความสะอาดฟิลเตอร์และส่วนอื่น ๆ ของเครื่องส่งลมเย็น

- ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิห้องว่าทำงานถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่

- ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น เพื่อหาสิ่งผิดปกติในการทำงาน

- ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ของเครื่องสูบน้ำและเครื่องส่งลมเย็น ถ้าให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันแตกต่างไปจากค่าพิกัดป้ายชื่อ จะทำให้มีสมรรถนะการทำงานของมอเตอร์เปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนและอายุการใช้งานของมอเตอร์ด้วย

- ฉนวนกันความร้อนของระบบท่อน้ำเย็นที่อยู่ภายนอกอาคารควรที่จะหาอุปกรณ์มาปิดให้มิดชิดเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของฉนวนกันความร้อน

- หมั่นตรวจสอบระบบทางกลของมอเตอร์เครื่องสูบน้ำและเครื่องส่งลมเย็นเป็นประจำ เช่น การอัดจาระบี หยอดน้ำมันหล่อลื่นตามเวลาที่กำหนด เพื่อลดกำลังสูญเสียและการสึกหรอเนื่องจากแรงเสียดทานหรือความฝืด ตรวจสอบแรงตึงของสายพานให้มีค่าที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง

ก. ทฤษฎี

1. หลักการเบื้องต้นของการเผาไหม้ [9,17]

เชื้อเพลิงปิโตรเลียมประกอบด้วยธาตุที่เผาไหม้หลัก ๆ คือ คาร์บอน และไฮโดรเจน และมีกำมะถันประกอบด้วยปริมาณที่น้อยมาก ในระบบการเผาไหม้ทั่ว ๆ ไป เชื้อเพลิงจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศและปล่อยพลังงานความร้อนออกมา โดยจะถ่ายเทความร้อนให้กับวัตถุรับความร้อน เช่น ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ในหลอดน้ำของหม้อน้ำเพื่อทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ เป็นต้น ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะไหลผ่านไปตามท่อหรือปล่องควันและรวมตัวกับไนโตรเจน

การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้โดยการป้อนอากาศในปริมาณพอดี ในเชิงทฤษฎีเท่ากับ 14.1 กิโลกรัม/น้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งทำให้ออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในเชื้อเพลิงได้หมด จนกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในทางปฏิบัติแม้ว่าจะป้อนอากาศเข้าเผาไหม้ในปริมาณที่พอดีในเชิงทฤษฎีแล้ว เป็นการยากที่จะทำให้ออกซิเจนทุกตัวพบกับธาตุต่าง ๆ ในเชื้อเพลิงได้ทั้งหมด จึงเป็นผลให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะอากาศไม่เพียงพอ ผลที่ได้จากการเผาไหม้นอกเหนือจากที่กล่าวมา คือ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ และบางส่วนของเชื้อเพลิงอาจไม่เผาไหม้ ทำให้เกิดเขม่า การเผาไหม้ที่อากาศไม่เพียงพอนี้จะให้พลังงานความร้อนออกมาน้อยกว่าการเผาไหม้สมบูรณ์มาก จึงจำเป็นต้องป้อนอากาศให้เกินกว่าความต้องการในทางทฤษฎี (ในทางปฏิบัติการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ต้องการอากาศส่วนเกินอีกประมาณ 20 – 25% โดยปริมาตร) ถ้าในก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่า 12.5 – 13% โดยปริมาตร หรือ ปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงกว่า 4 – 4.5% โดยปริมาตร แสดงว่ามีปริมาณอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้มากเกินควร ถ้าอากาศมากเกินไปจะเกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปกับก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างมาก เนื่องจากออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไนโตรเจนในอากาศที่เกินมานี้ไม่ได้ทำปฏิกิริยาใด ๆ ในการเผาไหม้ แต่จะดูดพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้และพาออกไปทิ้งทางปล่อง

ควันจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพการเผาไหม้ ถ้าควันที่ออกทางปล่องไฟเป็นสีดำจะเกิดการสูญเสียเชื้อเพลิงอย่างมาก แสดงว่าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ถ้าควันที่ออกทางปล่องไฟเป็นสีขาวแสดงว่ามีอากาศช่วยในการเผาไหม้มากเกินไป ถ้าเป็นการเผาไหม้สมบูรณ์ควันที่ออกทางปล่องไปจะเป็นสีเทาอ่อน ซึ่งแสดงว่ามีอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการการเผาไหม้อยู่ปริมาณเหมาะสม

การดำเนินการตามมาตรการนี้ได้ในโรงงานต้องมีการใช้อุปกรณ์เผาไหม้และมีการใช้พลังงานเชื้อเพลิง การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ หมายถึงการควบคุมเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเปลี่ยนไปเป็นความร้อนทั้งหมดและสามารถนำความร้อนไปใช้ได้อย่างเต็มที่ โดยเหลือปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศน้อยที่สุด มาตรการที่ใช้ในการควบคุมการเผาไหม้ เช่น การปรับอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงให้เหมาะสมซึ่งจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ควรออกแบบเตาเผาให้มีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัตถุดิบมากที่สุดและควรลดหรือป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยการเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสม

2. ตัวอย่างของการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำ [18]

การเผาไหม้ในหม้อน้ำ ถ้ามีการใช้อากาศหรือเชื้อเพลิงมากกว่าที่จำเป็นในการเผาไหม้ ทำให้เกิดการสูญเสียเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ จะทำให้เกิดควันและมีเขม่าเกาะภายในหม้อน้ำ ถ้าปล่อยให้อากาศเข้ามากเกินไปพลังงานย่อมสูญเสียไปมากด้วย เนื่องจากการทำให้อากาศส่วนเกินร้อนแล้วปล่อยทิ้งไป อากาศเหล่านี้ไม่มีความจำเป็นในการเผาไหม้ การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อน้ำทำได้โดยพิจารณาจากกฎทั่ว ๆ ไป ดังนี้

- หาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในหม้อน้ำแต่ละตัว ได้จากผู้ผลิต กล่าวคือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้สำหรับหม้อน้ำที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงจะมีค่าประมาณ 83% ส่วนหม้อน้ำที่ใช้ก๊าซจะมีค่าประมาณ 79 – 81%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จัดซื้อเครื่องมือวัดส่วนประกอบทางเคมีและอุณหภูมิของก๊าซที่ปล่อง เพื่อที่จะนำค่าที่ได้มาคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้ในหม้อน้ำ

- วัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ถ้าประสิทธิภาพลดลงให้ปรับใหม่ คำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง แล้วเปรียบเทียบถึงผลที่ประหยัดได้ โดยทั่วไปไม่ควรปล่อยให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำกว่า 3% ของค่าที่กำหนดไว้

- ปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่หัวเผาไหม้ (Burner) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและประหยัด

ข. ผลการสำรวจ [9]

ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม เนื่องจากไม่มีการใช้อุปกรณ์เผาไหม้และไม่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า

5.5 การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat utilization)

ก. ทฤษฎี [5,9,18]

ถึงแม้ว่าศักยภาพการประหยัดพลังงานในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่มีอยู่มาก แต่การดำเนินงานในเรื่องนี้ต้องใช้เงินลงทุนสูง ด้วยการคืนทุนอยู่ระหว่าง 2 – 5 ปี ก่อนการดำเนินการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ต้องแน่ใจว่ากระบวนการผลิตปัจจุบันทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดแล้วหรือยัง อาจเป็นไปได้ว่าความร้อนทิ้งนั้นอาจไม่มากพอที่จะคุ้มการลงทุนได้ ถ้าการทำงานของกระบวนการผลิตมีความเหมาะสมแล้ว ควรมีการกำหนดว่าความร้อนทิ้งสามารถใช้ร่วมกับความร้อนที่กระบวนการผลิตที่ต้องการความร้อนได้หรือไม่

พลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งหมายถึงพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอากาศ หรือ ก๊าซ หรือ น้ำ หรือ ของเหลวอื่น ๆ ที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรืออุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่ง โดยทั่วไปพลังงานที่เหลือนี้ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหรืออุปกรณ์นั้น ๆ อีกแล้ว แต่อาจจะใช้ประโยชน์ในงานอื่นได้ เช่น ไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาอบ สามารถนำไปใช้อุ่นอากาศ อุ่นวัสดุที่จะป้อนเข้าเตา ใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันน้ำ สามารถนำไอน้ำแฟลชที่ได้ไปป้อนให้แก่กระบวนการผลิตที่ต้องการไอน้ำความดันต่ำ ใช้เป็นน้ำป้อนหม้อน้ำโดยตรง (ในกรณีที่เป็นน้ำสะอาด) ใช้ในการอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำ (ในกรณีที่เป็นน้ำปนเปื้อน)

1. การแบ่งประเภทของความร้อนทิ้ง

โดยใช้ระดับอุณหภูมิเป็นเกณฑ์ ความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงจะมีคุณภาพสูงกว่าความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิต่ำ

- ความร้อนทิ้งอุณหภูมิสูง หมายถึง ความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 600 – 1600 องศาเซลเซียส ในการผลิตกำลังงาน เช่น ในการผลิตไอน้ำความดันสูง เพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ ซึ่งใช้เป็นแหล่งกำลังงานทางกลได้ ในกรณีนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ระบบผลิตกำลังงานร่วมเพื่อผลิตกำลังงานไฟฟ้าร่วมกับการผลิตความร้อนสำหรับกระบวนการผลิต แหล่งที่พบ เช่น เตาเผาขยะที่เป็นของแข็ง เตาหลอมแก้ว เตาเผาซีเมนต์ เป็นต้น

- ความร้อนทิ้งอุณหภูมิปานกลาง หมายถึง ความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 200 – 600 องศาเซลเซียส ความร้อนทิ้งเหล่านี้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ในการผลิตกำลังงานโดยใช้กังหันไอน้ำ สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งความร้อนในกระบวนการผลิต แหล่งที่พบ เช่น ไอเสียจากหม้อไอน้ำ เครื่องอบแห้ง ไอเสียจากเครื่องยนต์กังหันก๊าซ เป็นต้น

- ความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำ หมายถึง ความร้อนทิ้งที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35 – 200 องศาเซลเซียส จัดเป็นความร้อนทิ้งอุณหภูมิปานกลาง ความร้อนทิ้งกลุ่มนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในด้านการผลิตกำลังงาน หรือการผลิตไอน้ำ เนื่องจากจะได้ไอน้ำความดันต่ำมาก ส่วนใหญ่จึงมุ่งไปที่การใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนโดยตรง เช่น การอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำ การอุ่นของเหลว เช่น น้ำเชื่อม ในกระบวนการผลิต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่

การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้นั้นในทางปฏิบัติยังไม่แพร่หลายมากนัก เพราะว่าภายในโรงงานมีการใช้สตีมแทรปกระจายทั่วไปทั้งโรงงาน จึงเป็นการยากที่จะรวบรวมคอนเดนเสทที่ปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศโดยสตีมแทรปกลับมาใช้ได้ทั้งหมด รวมถึงการตัดสินใจที่จะนำคอนเดนเสทกลับมาใช้นั้นปัญหาข้อแรก คือ จะต้องทราบว่าสามารถประหยัดเงินมากน้อยเพียงใด

- ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

- ประหยัดน้ำที่ใช้ในโรงงาน ระบบที่จะนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ควรเป็นระบบปิด ซึ่งสามารถนำความร้อนจากคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

- ลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำ น้ำสำหรับป้อนหม้อไอน้ำจำเป็นต้องมีการปรับแต่งด้วยสารเคมีเพื่อให้เป็นน้ำบริสุทธิ์ ถ้าหากนำคอนเดนเสทซึ่งเป็นน้ำบริสุทธิ์กลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำแล้ว สามารถลดค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำได้

- ลดมลภาวะในอากาศ การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้จะช่วยลดภาระของหม้อไอน้ำ ซึ่งมีผลต่อการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างมาก รวมทั้งมลภาวะที่เป็นพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ก็ลดน้อยลง

- ลดภาวะของเสียงที่เกิดจากการทำงานของสตีมแทรป ในขณะที่สตีมแทรปปล่อยไอน้ำออกสู่บรรยากาศ ไอน้ำที่ผ่านปากท่อจะวิ่งด้วยความเร็วสูงเนื่องจากความแตกต่างอย่างมากของความดันภายในและภายนอกระบบ จึงทำให้เกิดเสียงดัง หากนำคอนเดนเสทกลับมาใช้โดยระบบปิดแล้ว ไอน้ำที่ปล่อยออกมาจะถูกนำกลับเข้าไปใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ เสียงที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของไอน้ำจึงไม่ได้ยิน

- ลดละอองไอน้ำที่เกิดจากการปล่อยคอนเดนเสท ถ้ามีการปล่อยคอนเดนเสทออกสู่บรรยากาศด้วยสตีมแทรป ภายในโรงงานจะเต็มไปด้วยหมอกของละอองไอน้ำที่เกิดจากการกลั่นของคอนเดนเสท เป็นผลให้สภาพแวดล้อมในการทำงานแย่ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลดการใช้น้ำบาดาล หากโรงงานลดความต้องการใช้น้ำแล้ว จะเป็นการประหยัดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำในบริเวณนั้นได้ รวมถึงช่วยชะลอการทรุดตัวของแผ่นดิน

ข. ผลการสำรวจ [9]

ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเป็นพลังงานที่ได้จากการปล่อยน้ำในเขื่อนลงมาจึงยากต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งน้ำที่ผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วจะถูกปล่อยทิ้งเพื่อการเกษตรต่อไป ประกอบกับการตรวจสอบพลังงานมีระยะเวลาจำกัดและอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบพลังงานยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะดำเนินการได้

5.6 การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า

ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นถ้ามีการนำเอามาตรการนี้เข้ามาใช้ก็จะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทางหนึ่ง เพราะว่ามาตรการนี้จะช่วยส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีแนวทางดังนี้ การปรับปรุงตัวประกอบกำลังและการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุดจะสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้

5.6.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

ก. ทฤษฎี [19]

1. หลักการเบื้องต้นของตัวประกอบกำลัง

ตัวประกอบกำลัง (ไม่มีหน่วย) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริง (Active power) มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ ต่อกำลังงานที่ปรากฏ (Apparent power) มีหน่วยเป็น กิโลโวลต์แอมป์ ในระบบไฟฟ้าหรือในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอุปกรณ์และเครื่องมือทางไฟฟ้าหลายชนิด ซึ่งจะให้ค่าตัวประกอบกำลังแตกต่างกันออกไปแล้วแต่คุณสมบัติของอุปกรณ์นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบกำลัง = กำลังงานจริง (กิโลวัตต์) (5.5)

กำลังงานที่ปรากฏ (กิโลโวลต์แอมป์)

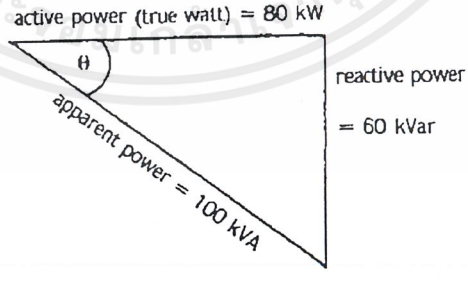
2. **กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ** แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

(1) กำลังงานปรากฏ (Apparent power) เช่น ขนาดของหม้อแปลง มีหน่วยเป็น โวลต์แอมป์ หรือ กิโลโวลต์แอมป์ ซึ่งสามารถวัดค่าได้จากเครื่องวัดแรงดันและเครื่องวัดกระแส

(2) กำลังงานจริง (Active power) เช่น การยกสิ่งของ การขับเคลื่อนสายพาน เป็นต้น มีหน่วยเป็น วัตต์ หรือ กิโลวัตต์ ซึ่งสามารถวัดค่าได้จาก เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

(3) พลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก (Reactive power) เช่น พลังงานที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น มีหน่วยเป็น วาร์ (Var) หรือ กิโลวาร์ (kVar) ซึ่งสามารถวัดค่าได้จากวัตต์มิเตอร์

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานปรากฏ กำลังงานจริง และพลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 5.2



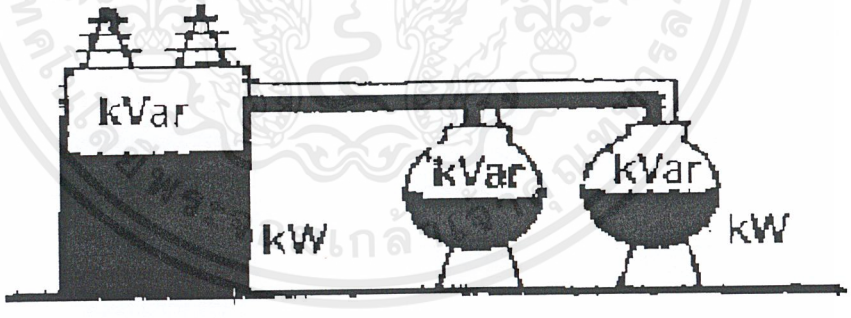
รูปที่ 5.2 แผนภาพเวกเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานปรากฏ กำลังงานจริง และพลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำการเปรียบเทียบระหว่างโหลด 2 ชนิดที่ให้กำลังเท่ากัน แต่ค่าของตัวประกอบกำลังต่างกัน โหลดที่มีค่าของตัวประกอบกำลังต่ำจะต้องการกระแสไฟฟ้าที่มากกว่ารวมทั้งขนาดสายไฟ หม้อแปลงและโหลดก็ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น

ในโรงงานอุตสาหกรรมการที่ค่าตัวประกอบกำลังต่ำส่วนใหญ่เนื่องจากอินดักทีฟโหลด (Inductive load) และคาปาซิทีฟโหลด (Capacitive load) ถ้าโรงงานอุตสาหกรรมมีโหลดอย่างนี้ชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างเดียว จะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของโรงงานต่ำ แต่ถ้านำอุปกรณ์สองอย่างนี้มาใช้รวมกันในอัตราที่เหมาะสมจะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังของโรงงานสูงถึง 95 – 100% วิธีนี้เรียกว่า วิธีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลัง

การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็น Inductive load พลังงานส่วนหนึ่งจะเป็นพลังงานส่วนที่ถูกนำมาใช้สร้างสนามแม่เหล็ก และอีกส่วนหนึ่ง คือ กำลังงานจริงจะถูกนำมาใช้งานจริง ๆ ดังนั้นการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า จึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ พลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กและกำลังงานจริง ดังในรูปที่ 5.3

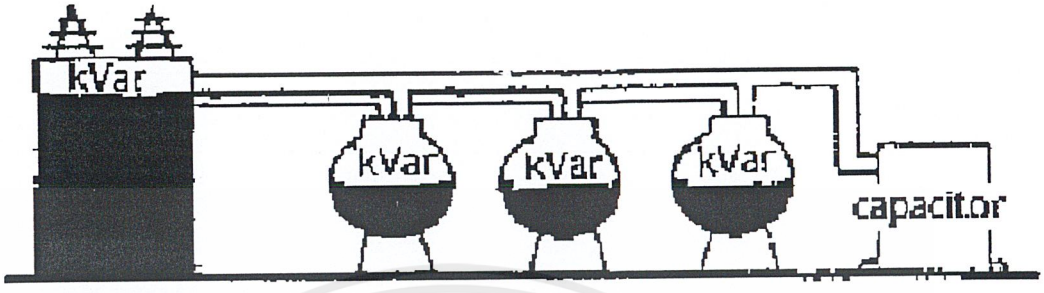


รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอินดักทีฟโหลด [19]

ลักษณะของตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ในวงจรของอินดักทีฟโหลด ซึ่งตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการช่วยจ่ายพลังงานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กให้กับอินดักทีฟโหลด ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าจึงไม่จำเป็นต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งเพื่อเป็นพลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานส่วนที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กจะช่วยให้หม้อแปลงไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น ดังในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ลักษณะของตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ในวงจรของอินดักทีฟโหลด [19]

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงไม่กำหนดค่าตัวประกอบกำลัง

ค. ผลการสำรวจ [9]

ตัวประกอบกำลังมีค่าประมาณ 0.87 และพบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมจะแบ่งไฟฟ้าส่วนหนึ่งจากที่ผลิตได้ทั้งหมดมาใช้ภายในโรงไฟฟ้า

ง. ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน [9]

ถึงแม้ว่าจะไม่มีค่าตัวประกอบกำลังกำหนดไว้ในกฎกระทรวง แต่ค่าที่สำรวจได้ถือว่าเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (โดยทั่วไปตัวประกอบกำลังของโรงไฟฟ้าควรมีค่าสูงกว่า 0.85) แสดงว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงในประเด็นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้ามาในช่วงโหลดสูงสุด จะส่งผลให้ค่าธรรมเนียมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมากขึ้นด้วย และประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือตัวประกอบโหลดจะต่ำลง

ก. **ทฤษฎี** [20]

1. ค่าธรรมเนียมที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้า มี 3 ประเภท

- **ค่าพลังงานไฟฟ้า** (กิโลวัตต์ชั่วโมง) คือ ค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือน โดยมีอัตราที่แตกต่างกันแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

- **ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า** (Demand Charge) เป็นค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือนนั้น ซึ่งมีอัตราที่แตกต่างกันแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและที่ระดับแรงดันไฟฟ้า

- **ค่าตัวประกอบกำลัง** สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มี lagging power factor ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรากิโลวาร์ละ 15 บาท สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะไม่เสียค่าธรรมเนียมในส่วนนี้

2. การกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตามลักษณะของการใช้ไฟฟ้า 7 ประเภท

(1) **บ้านที่อยู่อาศัย** การใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัยตลอดจน วัด สำนักสงฆ์ โบสถ์ หรือสุเหร่าของทุกศาสนาโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว แบ่งเป็น 2 ประเภท กลุ่มบ้านอยู่อาศัยขนาดเล็ก (การใช้ไฟฟ้าต่ำกว่า 150 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน) และ กลุ่มบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่อาศัยขนาดใหญ่ (การใช้ไฟฟ้ามากกว่า 150 กิโลวัตต์ชั่วโมง/เดือน) ในการคิดค่าไฟฟ้าจะคิดเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น และมีลักษณะค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามการใช้ที่มากขึ้นด้วย

(2) **กิจการขนาดเล็ก** การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม หรืออื่น ๆ มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว ในการคิดค่าไฟฟ้าจะคิดเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นและมีลักษณะค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามการใช้ที่มากขึ้นด้วย

(3) **กิจการขนาดกลาง** การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม หรืออื่น ๆ มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 2,000 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ในการคิดค่าไฟฟ้าจะแบ่งคิดค่าไฟฟ้าเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกสำหรับกิจการที่มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน จะเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามระดับ แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไว้ 3 ระดับ คือ 69 กิโลโวลต์ ขึ้นไป 12 – 24 กิโลโวลต์ ขึ้นไป และต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์ รวมถึงเสียค่าตัวประกอบกำลังด้วยหากต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด กรณีที่สองสำหรับกิจการที่มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน จะเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ค่าพลังไฟฟ้าตามช่วงเวลา คือ ช่วงพาเชียลพีก (Partial peak) (8.30 – 18.30 น.) และช่วงพีก (Peak) (18.30 – 21.30 น.) และตามระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน รวมถึงเสียค่าตัวประกอบกำลังด้วยหากต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

(4) **กิจการขนาดใหญ่** การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรม หรืออื่น ๆ มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าเครื่องเดียว คิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลา ช่วงพาเชียลพีก และช่วงพีก โดยจะเสียค่าไฟฟ้าทั้งค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า ที่แตกต่างกันตามระดับแรงดันทั้ง 3 ระดับ รวมถึงค่าตัวประกอบกำลัง

(5) **กิจการเฉพาะอย่าง** การใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ของโรงแรมและกิจการอื่นใดที่บริการพักอาศัยให้เช่า ยกเว้น บ้านให้เช่า ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว ในการคิดค่าไฟฟ้าจะคิดลักษณะเดียวกับกิจการขนาดกลาง

(6) **ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร** การใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการสำนักงานหรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐบาลรวมถึงหน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น องค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ในการคิดค่าไฟฟ้าจะประกอบด้วยค่าไฟฟ้าขั้นต่ำสุดและค่าพลังงานไฟฟ้าแต่แยกตามระดับแรงดันไฟฟ้า

(7) **สูบน้ำเพื่อการเกษตร** การใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการหรือกลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง และห้ามใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำในช่วงเวลา 18.30 – 21.30 น. ของทุก ๆ วัน โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว ในการคิดค่าไฟฟ้าเป็นลักษณะเดียวกับประเภทที่ 6 แต่ไม่แยกค่าพลังงานไฟฟ้า ไม่แยกตามระดับแรงดันไฟฟ้า

ในโรงงานอุตสาหกรรมค่าธรรมเนียมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด มี สัดส่วนค่อนข้างสูงโดยจะเป็นอันดับสองรองจากค่าพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นถ้าสามารถลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็จะลดลงได้ สาเหตุที่ต้องมี การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเพราะเป็นปัจจัยหนึ่งที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้ พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ แต่ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ (ใช้เท่าที่จำเป็นจริง ๆ ในกระบวนการผลิตของโรงงาน) ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูง ถ้าในโรงงาน อุตสาหกรรมใดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสุงสุดให้อยู่ในขนาดที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าได้อย่างมากและยังแสดงให้เห็นว่าโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับสูง

3. แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ต้องทราบถึงตัวประกอบโหลด (Load factor) ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีสูตรดังสมการ 5.6

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)} \times 100\%}{\text{พลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (กิโลวัตต์)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (ชั่วโมง)}} \quad (5.6)$$

พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะพบว่าตัวแปรที่ทำให้ % ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่ 2 ตัวแปรคือ จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้และพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ ยิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าต่ำเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยก็ยิ่งสูงมากขึ้นเท่านั้น วิธีการที่จะเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ลดจำนวนค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และลดการใช้จำนวนหน่วยไฟฟ้า เพื่อให้สมดุลกับจำนวนความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง มีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนหน่วยไฟฟ้าจะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง

4. ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

- ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง ถ้าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นถ้าทุกโรงงานอุตสาหกรรมสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ จะสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานลงได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โรงงานอุตสาหกรรมจะเสียค่าไฟฟ้า ในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้าลดลง

- ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

- การที่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลงสายเมนและสายป้อนกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้มีความจุเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงไม่มีข้อกำหนดค่ามาตรฐานตัวประกอบโหลด

ค. ผลการสำรวจ [9]

การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเป็นแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ไม่มีศักยภาพในการดำเนินการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด เนื่องจากการผลิตต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และการผลิตไฟฟ้าจะเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า จึงไม่สามารถควบคุมได้

ง. ข้อแนะนำในการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด [20] ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

1. การรวบรวมข้อมูล

- จัดทำรายการแสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานให้เป็นหมวดหมู่เพื่อง่ายต่อการค้นคว้าและตรวจสอบ

- จัดทำวงจรไฟฟ้า (Single line diagram) เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าและขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้

- สำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอย่างละเอียด เช่น ต้องรู้ว่าเป็นเครื่องชนิดไหน มีขนาดเท่าไร สภาพการใช้งานเป็นอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจะทำให้การควบคุมทำได้ผลดี

- คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดและจัดทำกราฟโหลด (Load curve) โดยปกติช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เมื่อดูผลของการใช้โหลดรวมกันพบว่า การใช้ไฟฟ้าของโรงงานในแต่ละเวลามีค่าไม่เท่ากัน ในการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดควรพิจารณาค่าตัวประกอบโหลดทั้งรายเดือนและรายวัน

2. วางแผนดำเนินการ

- พิจารณาว่าในขณะที่มีการใช้พลังงานสูงสุด เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานไปเป็นเวลาอื่นได้บ้าง

- ตามหลักการประหยัดพลังงานทั่วไป ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดพิจารณาจากกราฟโหลด ควรจะมีไฟสัญญาณบอกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องไหนที่ไม่จำเป็นหรืออาจมีความจำเป็นไม่มากก็ควรตัดหรือหยุดการใช้งานชั่วคราวจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าวได้ผ่านไปจึงจะเปิดใช้ตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งในการที่จะหยุดการใช้งานควรแจ้งช่วงเวลาที่จะหยุดและแจ้งช่วงเวลาที่กลับมาใช้งานได้

- พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนขนาดให้ใช้พลังไฟฟ้าน้อยลง โดยยอมให้เดินเครื่องนานขึ้นได้หรือไม่ จะช่วยลดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ในช่วงเวลาโหลดสูงสุด และช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบ

- พิจารณาเลือกสิ่งที่จะไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการทำงานให้สำเร็จได้ ในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น แรงคน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

- พิจารณาเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ใช้ว่ามีขนาดใหญ่ไปหรือใช้เต็มกำลังหรือไม่ โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าทางไฟฟ้าที่แผ่นป้ายชื่อประจำเครื่องกับค่าที่วัดได้จริง ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่วัดได้จริงต่ำกว่าที่ระบุไว้มากจะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องต่ำ ประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูงเมื่อใช้งานที่โหลด 80 – 100%

- หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์ให้ความร้อนต่างๆ เช่น เตาหลอมไฟฟ้า เตาอบไฟฟ้า เป็นต้น ในเวลาเดียวกัน

- พิจารณาเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงระบบการผลิต พยายามศึกษาระบบการผลิตบางอย่างเท่าที่สามารถจะทำได้ เพื่อควบคุมไม่ให้การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเกินค่าที่ควรจะเป็น เกิดขึ้นในช่วง 15 นาที

3. จัดทำเอกสารสรุปผลเสนอฝ่ายบริหาร

ในการควบคุมค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีประสิทธิภาพบางเรื่องก็ไม่มีค่าใช้จ่าย บางเรื่องต้องลงทุนเพิ่มเติม บางกรณีอาจมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของคนงาน ผู้ที่ได้รับมอบหมายจากฝ่ายบริหารให้พิจารณาปรับปรุงจะต้องเสนอการปรับปรุงเป็นลายลักษณ์อักษร ระบุสภาพเดิม และสภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อได้ปรับปรุงแล้ว วิธีการดำเนินการ ประมาณการเงินลงทุนค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน เพื่อให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลคุ้มค่าเพียงใด รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการ ผลกระทบต่อกิจการของโรงงานขณะดำเนินการปรับปรุง การทำเอกสารนี้จะเป็นประโยชน์ต่อฝ่ายบริหารในการพิจารณาตัดสินใจว่าจะดำเนินการหรือไม่ ถ้าตกลงดำเนินการเอกสารดังกล่าวจะใช้เป็นเอกสารประกอบการควบคุมการดำเนินการปรับปรุงให้เป็นไปตามที่กำหนดและใช้ประโยชน์ในการวัดผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

4. ดำเนินการควบคุมและติดตามผล

เมื่อได้มีการวางแผนอย่างรอบคอบแล้ว จึงมาถึงขั้นตอนการปฏิบัติ การควบคุมการปฏิบัติงานมี 2 วิธี ดังนี้

- ใช้พนักงานควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เพราะความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจะคิดทุกช่วงเวลา 15 นาที ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังไฟฟ้า ดังนั้นฝ่ายบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมอบหมายให้บุคคลและคณะบุคคลควบคุมติดตามดูแลอย่างใกล้ชิดและมีการเสนอผลที่ได้เป็นระยะ ๆ

- การใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติทำการตัดต่อโหลดการใช้เครื่องควบคุมวิธีนี้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน แต่การลงทุนค่อนข้างสูง

5.6.3 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม

ก. ทฤษฎี [9]

การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการย้ายโหลดของหม้อแปลงที่มีโหลดน้อยมารวมกันเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบโหลด ควรพิจารณาเลือกซื้อหม้อแปลงชนิดประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดที่เหมาะสมกับโหลด

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงไม่มีข้อกำหนด

ค. ผลการสำรวจ [9]

โรงไฟฟ้าไม่มีสายเชื่อมต่อ (Tie bus) ระหว่างหม้อแปลง และโหลดทางไฟฟ้าในแต่ละที่อยู่ห่างกันมาก จึงทำให้การย้ายการรับโหลดหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีการใช้โหลดต่ำกว่าพิกัดนั้นทำได้ยาก เพราะถ้าทำการย้ายโหลดแล้วอาจจะเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก จึงไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง

ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการหมุนขับเคลื่อนกระบวนการผลิต ดังนั้นตัวอย่างการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงจะเสนอแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า ได้แก่

5.7.1 การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ก. **ทฤษฎี** [21]

1. ลักษณะทั่วไปของมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ขายทั่วไป บางบริษัทได้มีการผลิตตามมาตรฐานแต่บางบริษัทต้องการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีราคาถูกจึงใช้ส่วนประกอบคุณภาพต่ำ ประสิทธิภาพต่ำ ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากินไฟสูง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าและมีอายุการใช้งานสั้น ในปัจจุบันนอกจากมีมอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานแล้วยังมีการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงออกจำหน่ายด้วย แต่มีราคาสูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปที่มีขายอยู่ประมาณ 20 – 25% เพราะใช้ส่วนประกอบที่มีคุณภาพสูง มอเตอร์ไฟฟ้าไม่ร้อนทำให้อายุการใช้งานยาวนานกว่า ทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิต มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป 2 – 4% ในมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 5.5 กิโลวัตต์ และ 4 – 7% ในมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 5.5 กิโลวัตต์ เมื่อคิดคำนวณแล้ว จะคุ้มค่าเมื่อเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีการออกแบบและมีส่วนประกอบโครงสร้างที่ปรับปรุงขึ้นดังนี้

- คุณภาพแกนเหล็ก สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะเลือกใช้แผ่นเหล็กซิลิกอนเคลือบด้วยฉนวนที่มีคุณภาพสูง ซึ่งลดการสูญเสียในแกนเหล็กลงครึ่งหนึ่งเมื่อเทียบกับแกนเหล็กที่มีส่วนผสมคาร์บอนต่ำ ที่ใช้ในมอเตอร์ไฟฟ้าธรรมดาทั่ว ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นเหล็กที่ใช้ประกอบเป็นแกนเหล็กสเตเตอร์และโรเตอร์มีความบางกว่า เพื่อจะเพิ่มความต้านทานของแผ่นเหล็กทำให้กระแสไหลวนน้อยลง ลดการสูญเสียในแกนเหล็กลง แต่มีราคาสูงขึ้น

- เพิ่มขนาดของตัวนำทองแดงที่สเตเตอร์ให้ใหญ่กว่าที่ใช้ในมอเตอร์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป 35 – 40% เพิ่มขนาดตัวนำที่ฝังอยู่ในโรเตอร์และตัวนำวงแหวนที่ปิดลัดวงจรที่หัวท้ายของโรเตอร์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อลดความต้านทาน ทำให้ลดการสูญเสียที่เปลี่ยนเป็นความร้อน

- ร่องสลอต (Slot) แกนเหล็กสเตเตอร์ใหญ่และยาวขึ้นทำให้รองรับตัวนำทองแดงที่ใช้ขนาดใหญ่ขึ้น แกนเหล็กที่ขยายความยาวออกไปทำให้เพิ่มพื้นที่แกนเหล็ก ลดความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก และมีผลทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดสเตเตอร์ได้ลดลง

- ลดช่องว่างอากาศระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ ทำให้ความต้านทานต่อเส้นแรงแม่เหล็กจากสเตเตอร์ไปโรเตอร์น้อยลง ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กสูงขึ้นและลดเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลออก มอเตอร์ไฟฟ้าจะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงแต่ได้แรงบิดเท่าเดิม และยังลดการสูญเสียในสภาวะการใช้งานลดลง

- ใช้ตลับลูกปืนที่มีแรงเสียดทานน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าสูงขึ้น

- ใช้พัดลมระบายความร้อนที่ลดแรงเสียดทานลมและมีขนาดเล็ก

2. การตัดสินใจเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

- การเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะลดต้นทุนในการบำรุงรักษา รวมถึงลดต้นทุนโดยรวมในการผลิต และเป็นการร่วมอนุรักษ์พลังงานประหยัดการใช้พลังงาน ประหยัดการใช้น้ำมันที่ต้องพึ่งพาจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้แทนมอเตอร์ไฟฟ้าเก่าที่ชำรุดเสียหาย เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าเก่าที่ใช้งานมานานเกิน 10 – 15 ปี และใช้งานเกิน 4,000 ชั่วโมง/ปี มีค่าซ่อมบำรุงสูงกว่า 65% ของราคามอเตอร์ไฟฟ้าใหม่ ควรตัดสินใจซื้อมอเตอร์ไฟฟ้าใหม่

- ใช้แทนมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินกว่าการขับโหลดมาก ในการใช้งานอุตสาหกรรมบางครั้งจะเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ใช้งานจริง ๆ ด้วยเหตุผล เช่น ไม่ทราบโหลดที่แท้จริง เมื่อออกแบบจะคำนวณเผื่อไว้จึงเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ไว้ ตัดสินใจเลือกมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ไว้เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยคิดว่าอาจจะมีความผิดปกติของเครื่องจักร

ถ้าเครื่องจักรไม่มีสิ่งผิดปกติและระดับแรงดันไฟฟ้าถูกปรับปรุงขึ้นอยู่ในระดับที่ไม่เปลี่ยนแปลงลดลงต่ำกว่า 2% เมื่อตัดสินใจเพื่อร่วมโครงการการประหยัดพลังงานและตรวจพบว่า มอเตอร์ไฟฟ้ามีโหลดต่ำกว่าพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้ามาก ๆ ควรเลือกซื้อมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงและมีขนาดเล็กลงมาใช้แทน โดยควรให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่โหลดสูงกว่า 75% ของพิกัด จะเป็นการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าที่ประสิทธิภาพสูงสุดด้วย

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงไม่กำหนดค่ามาตรฐานการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย

ค. ผลการสำรวจ [9]

จากการสำรวจชนิดและขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าพบว่า มีการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าใช้งานที่มีขนาด 10 กิโลวัตต์ ขึ้นไป รวมทั้งหมดจำนวน 38 เครื่อง แต่ใช้งานจริงเพียง 22 เครื่อง แม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานกำหนดแต่สามารถทำการปรับปรุงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ข้อเสนอแนะ [9,22]

- ควรเปลี่ยนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบมาตรฐานมาเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบประสิทธิภาพสูง โดยพิจารณาเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดตั้งแต่ 20 – 100 กิโลวัตต์ และมีชั่วโมงการทำงานตลอดและต่อเนื่องเท่านั้น เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 100 กิโลวัตต์ขึ้นไปทั้งแบบมาตรฐานและแบบประสิทธิภาพสูง จะมีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกัน ดังนั้นจำนวนมอเตอร์ไฟฟ้าที่จะเปลี่ยนมาใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าแบบประสิทธิภาพสูงมี 10 เครื่อง

- ควรควบคุมแรงดันไฟฟ้าและความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับโหลดและให้ผลในการประหยัดพลังงาน เช่น การควบคุมการไหลของของเหลวด้วยการใช้ทรอตติ้ง (Throttling) จะทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานมาก แต่การควบคุมปริมาณการไหลของของเหลวด้วยการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ปั๊มจะไม่มีการสูญเสียผ่านทรอตติ้ง อุปกรณ์ชนิดนี้สามารถใช้ได้กับเครื่องอัดอากาศ เครื่องเลื่อยไม้ เป็นต้น

- ตรวจสอบให้แน่ใจว่าแรงดันไฟฟ้ามีเพียงพอกับความต้องการ แรงดันไฟฟ้าต่ำเป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง การที่อุณหภูมิการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าสูงเป็นเหตุให้ความต้านทานในขดลวดทองแดงสูงขึ้น มีผลทำให้ความร้อนสูญเสียมากขึ้น ควรมีการตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นประจำ

- การใช้สายพาน โซ่ และเกียร์ หรือการขับเคลื่อนด้วยวิธีอื่น อาจทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานถึง 15% ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กการขับเคลื่อนโดยตรงจะทำให้ลดการสูญเสียจากการขับเคลื่อนได้ ดังนั้นถ้าทำได้ควรใช้การขับเคลื่อนโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ รายละเอียดในภาคผนวก ช [9]

- ประหยัดพลังงานลงได้ 29,154.12 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 45,363.80 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 954,795.84 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 21 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 4.98%

5.7.2 การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลด

ก. ทฤษฎี [18]

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า คือ อัตราส่วนของกำลังทางกลออกต่อกำลังจ่ายเข้ามอเตอร์ แสดงในสูตรประสิทธิภาพของมอเตอร์

$$\text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า} = \frac{\text{กำลังขาออก (ดูจากแผ่นป้ายชื่อ)} \times 100\%}{\text{กำลังขาเข้า}} \qquad (5.7)$$

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ ขนาด และโหลดการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยส่วนใหญ่แล้วมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้าจะออกแบบการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดที่โหลดการทำงานประมาณ 80 - 100% ของพิกัด ดังนั้นประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าจะเริ่มลดลง เมื่อโหลดการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ามากขึ้นหรือลดลงกว่า 80 – 100% ของพิกัด

ในการเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควรทราบว่าจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดเท่าใด โดยคำนึงถึงโหลดการทำงานที่แท้จริงของกระบวนการผลิต ไม่ควรเผื่อขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าให้ใหญ่มากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่พิกัดต่ำ ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้าต่ำลงและสิ้นเปลืองพลังงาน เพราะส่วนหนึ่งของกำลังไฟฟ้าขาออกไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ แต่ถ้ารับโหลดมากเกินไปก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าต่ำลงด้วยเช่นกัน และความร้อนก็จะเพิ่มสูงขึ้น

ข. มาตรฐาน [20]

ตามกฎกระทรวงไม่กำหนดค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า

ค. ผลการสำรวจ [20]

การรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 86.00% ค่าเฉลี่ยของการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้ามีความเหมาะสมดีแล้วแสดงว่ามอเตอร์ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงเพียงพอและยังเผื่อการรับโหลดในขณะที่โรงไฟฟ้าต้องเดินเครื่องในสภาพโหลดสูงสุดด้วย จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุง

ง. ข้อแนะนำในการบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า [18]

- หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ไฟฟ้าตัวเปล่า เพราะในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้าเดินตัวเปล่า กำลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังงานสูญเสียทั้งหมด เนื่องจากไม่มีโหลดการใช้งานและยังทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง

- ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ไฟฟ้า ถ้าให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ค่าแรงดันแตกต่างจากค่าพิกัดบนแผ่นป้ายชื่อ (Name plate) จะทำให้มีสมรรถนะการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเปลี่ยนไป และมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนและอายุการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้า

- ตรวจสอบสภาพการระบายความร้อนของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นประจำ หมั่นใช้เครื่องเป่าลมทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกาะติดบริเวณมอเตอร์ไฟฟ้า เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกาะติดอยู่ทำให้การระบายความร้อนของมอเตอร์ไฟฟ้าทำได้ไม่ดี มอเตอร์ไฟฟ้าจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้น

- หมั่นตรวจสอบระบบทางกลของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นประจำ เช่น การอัดจาระบี หยอดน้ำมันหล่อลื่นตามเวลาที่กำหนด เพื่อลดกำลังงานสูญเสียและการสึกหรอเนื่องจากแรงเสียดทานหรือความฝืด ตรวจสอบแรงตึงของสายพานให้มีค่าที่เหมาะสม

5.8 การป้องกันการสูญเสียพลังงาน [9]

ก. ทฤษฎี

ต้องพิจารณาเครื่องจักรทุกตัวที่มีอยู่ในกระบวนการผลิต ที่จะมีโอกาสเกิดการถ่ายเทพลังงานออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น เครื่องควบแน่น หม้อไอน้ำ เตาเผา เป็นต้น การหุ้มฉนวนกันความร้อน การตรวจสอบปิดรอยรั่ว การป้องกันการแทรกซึมของอากาศภายนอกเข้าภายในเตาเผาทำให้ต้องใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงในเตาเผาเพิ่มขึ้น แนวทางเหล่านี้สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้

ข. ผลการสำรวจ

ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากในการตรวจสอบพลังงานมีระยะเวลาจำกัดและอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบพลังงานยังไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะดำเนินการในประเด็นนี้

5.9 การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง [9]

ก. ทฤษฎี

เป็นการหาพลังงานรูปอื่นที่จะนำมาทดแทนพลังงานที่ใช้อยู่เดิม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของพลังงานที่นำมาทดแทนนั้นว่าช่วยทำให้เกิดการประหยัด มีความเป็นไปได้และคุ้มค่าการลงทุนมากน้อยแค่ไหน มาตรการเหล่านี้จะมีความสำคัญยิ่งขึ้นเมื่อแหล่งพลังงานที่ใช้อยู่เดิมนั้นหาได้ยากหรือกำลังจะหมดลง ดังนั้นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงในการหาพลังงานทดแทน คือ จะต้องเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่หาได้ง่ายและทำให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะน้อยที่สุด เช่น เครื่องทำความร้อนในประเทศจีนที่มีการใช้พลังงานจากถ่านหินได้เริ่มมีการเปลี่ยนไปใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติมากขึ้น เพราะจะช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศเป็นพิษ เป็นต้น

ข. ผลการสำรวจ

ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากถ้าเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานอาจจะมีผลกระทบทั้งโรงไฟฟ้า เช่น ถ้าจะใช้พลังงานความร้อนจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งระบบในโรงไฟฟ้า เพราะอุปกรณ์แต่ละเครื่องได้กำหนดรูปแบบการใช้พลังงานไว้แน่นอนอยู่แล้ว เช่น กังหันน้ำใช้พลังงานจากน้ำในการทำงาน และพลังงานกลจากกังหันน้ำจะนำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เกิดการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

5.10 การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง

การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในกระบวนการนั้น ๆ ว่ามีการใช้พลังงานในลักษณะอย่างไรและสามารถประหยัดพลังงานได้หรือไม่

5.10.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องอัดอากาศ

ก. ทฤษฎี [18,22]

อากาศอัดเป็นที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากพลังงานที่ได้สะอาดและไม่มีอันตราย ไม่เหมือนกับพลังงานที่ได้จากไอน้ำ ซึ่งเกิดอันตรายกับผู้ใช้ได้ง่าย แต่จะเกิดการสูญเสียมากกว่าวิธีอื่น ๆ เช่น ถ้ารูรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.125 นิ้ว ที่แรงดันภายใน 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว อากาศที่ถูกอัดภายในจะไหลออกสู่บรรยากาศถึง 23.2 ลูกบาศก์ฟุต/นาที และจะต้องใช้กำลังอัดอากาศแทนส่วนที่รั่ว 3.5 กิโลวัตต์ โดยทั่วไปอากาศรั่วจากเครื่องอัดอากาศจะสังเกตได้ยากมาก อากาศรั่วที่เกิดขึ้นเมื่อรวม ๆ กันแล้ว มีค่าถึง 40% ของปริมาณอากาศที่อัดได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดอากาศเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้พลังงานมากและต้นทุนในการผลิตสูง แม้ว่าอากาศที่ใช้อัดจะได้มาโดยไม่ต้องลงทุน แต่การอัดอากาศต้องใช้แรงดันสูงจึงทำให้ต้องใช้พลังงานสูงตามด้วย โดยค่าเฉลี่ยระบบอากาศอัดใช้พลังงานประมาณ 10% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม

ข. มาตรฐาน [9,22]

ตามกฎกระทรวงไม่กำหนดค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

ค. ผลการสำรวจ [9]

โรงไฟฟ้ามีการเดินเครื่องอัดอากาศตลอด 24 ชั่วโมง มีเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 6 เครื่อง แบ่งเป็น 3 ชนิด ชนิดละ 2 เครื่อง สำหรับใช้งาน 1 เครื่อง และสำรอง 1 เครื่อง ได้แก่

1. Tool air

ใช้สำหรับอัดอากาศเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ทั่วไปในโรงไฟฟ้า ขนาดเครื่องอัดอากาศ 8.97 ลูกบาศก์เมตร/นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายให้กับถังลมจำนวน 1 ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 725 กิโลปาสคาล และความดันต่ำสุด 655 กิโลปาสคาล

2. Operating air

ใช้สำหรับอัดอากาศเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้า ขนาดเครื่องอัดอากาศ 1.98 ลูกบาศก์เมตร/นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายให้กับถังลมจำนวน 1 ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 3,500 กิโลปาสคาล และความดันต่ำสุด 3,400 กิโลปาสคาล

3. Dewatering air

ใช้สำหรับอัดอากาศเพื่อใช้ในระบบโกว์เวอร์เนอร์เทอร์ไบน์ (Governor turbine) ในการควบคุมการเปิดและปิด ไกด์เวนของกังหันน้ำ ขนาดเครื่องอัดอากาศ 16.4 ลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร/นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายลมให้กับถังลม 3 ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 3,500 กิโลปาสคาล และความดันต่ำสุด 3,400 กิโลปาสคาล

นอกจากนี้มีการสำรวจหารอยรั่วของอากาศอัดด้วยตาเปล่า (Visual inspection) ซึ่งไม่พบการรั่วของอากาศอัด

ง. ข้อเสนอแนะ [9]

- การตั้งความดันขาออกไว้ที่ค่าที่กำหนด (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค) แต่จะเห็นได้ว่าผลแตกต่างความดันใช้งานค่อนข้างต่ำประกอบกับการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าต้องการความมั่นคงสูง โดยจะต้องมีปริมาณเครื่องอัดอากาศและปริมาณอากาศอัดที่เพียงพอในการใช้งานตลอดเวลา จึงไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะเสนอมาตรการปรับลดความดันขอออกให้ต่ำลงได้

- ต้องอุดรอยรั่วของอากาศในกรณีที่มีการรั่วซึม ซึ่งรอยรั่วที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจาก รอยต่อและข้อต่อไม่แน่น ปิดวาล์วไม่แน่น ท่อยางชำรุด

- ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศเพื่อตรวจสอบปริมาณลมที่ใช้ในการทำงาน

- ระบายน้ำที่ขังออกอย่างสม่ำเสมอ เพราะการกลั่นตัวของความชื้นจะทำให้เกิดน้ำขึ้นในถังซึ่งจะทำให้เกิดสนิม มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือที่ใช้ลมและมีผลต่อการทำงานของเครื่องมือด้วย

- ในระบบที่มีพื้นที่ในการใช้งานใหญ่ควรติดตั้งเครื่องวัดความดัน ในแต่ละบริเวณหรือในสถานที่จะเกิดการรั่วได้ง่าย ซึ่งจะช่วยให้ควบคุมปริมาณการใช้ได้

- ตรวจสอบความต้องการแรงดันของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ลมให้เหมาะสม เพื่อหาทางลดความดันของเครื่องอัดลม เพราะการลดความดันของเครื่องอัดลมจะสามารถลดกำลังงานที่ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10.2 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator air cooler)

ปัญหาที่เกิดกับเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 หน่วยเมื่อทำงานที่โหลดสูง ๆ คือ การเกิดสัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่กำหนด (Generator stator temperature high alarm) คือ ที่ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องหยุดการทำงานชั่วขณะเพื่อป้องกันการหลอมละลายของขดลวดสเตเตอร์ เกิดการสูญเสียโอกาสที่จะทำการผลิตกระแสไฟฟ้าและยังทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นไม่ดีเท่าที่ควรกล่าวคือ ไม่สามารถเดินเครื่องที่กำลังการผลิตสูงสุดได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่ต่อเนื่องมาตั้งแต่เริ่มมีการนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 หน่วยเข้ามาใช้ จึงได้มีการริเริ่มที่จะปรับปรุงเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 เพื่อที่จะเดินเครื่องเต็มกำลังโดยไม่เกิดสัญญาณเตือนขึ้น

ข้อมูลเบื้องต้นที่ควรทราบ

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกหน่วยมีเครื่องระบายความร้อนหน่วยละ 8 ชุด
- น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 หน่วย เป็นน้ำจากแหล่งเดียวกับใช้ผลิตไฟฟ้า
- เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 มีลักษณะเหมือนกัน ส่วนในหน่วยที่ 3 มีการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนใหม่ในเครื่องระบายความร้อน
- ระบบท่อน้ำหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 ได้มีการปรับปรุงระบบโดยการเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็นเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ทฤษฎี

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รายละเอียดในบทที่ 6

ข. มาตรฐาน [9]

ตามกฎกระทรวงไม่กำหนดค่ามาตรฐานประสิทธิภาพของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ค. ผลการสำรวจ [9]

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 เมื่อเดินเครื่องที่โหลด 97.0 เมกะวัตต์ พบว่าสัญญาณเตือนจะดังขึ้น ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 ยังทำงานได้ต่อไปเรื่อย ๆ แม้กระทั่งที่โหลดสูงสุด (100 เมกะวัตต์) แต่อุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์ (89.8 องศาเซลเซียส) ยังถือว่าไม่สูงมากนัก

- อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 สูงกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 (ดูการคำนวณจากภาคผนวก ฌ.2) แสดงให้เห็นว่าเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1

- เนื่องจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนและน้ำที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามาจากแหล่งเดียวกัน ดังนั้นถ้าสามารถลดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นได้ น้ำในส่วนที่ลดได้นี้จะสามารถนำไปใช้ในกิจการต่าง ๆ เช่นผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น ใช้ในการเกษตร เป็นต้น (ดูการคำนวณจากภาคผนวก ฌ.3) แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาค่าอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสม เพราะถ้าน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดสัญญาณเตือนเนื่องจากอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ข้อเสนอแนะ [9]

ควรทำการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 หน่วยละ 8 ชุด รวมทั้งหมด 16 ชุด จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

จ. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (รายละเอียดในภาคผนวก ฌ.3) [9]

- ประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการที่ไม่ต้องหยุดการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันเนื่องมาจากสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด โดยการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 คิดเป็นมูลค่า 14,136,012.00 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

- มูลค่าไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้เพิ่มขึ้นสำหรับหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 เมื่อใช้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่คำนวณจากโปรแกรม คิดเป็นมูลค่า 1,833,672.96 บาท/ปี

- ถ้าทำการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 ใหม่และใช้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรมจะสามารถประหยัดได้ คิดเป็นมูลค่า (14,136,012.00 + 1,833,672.96) 15,969,684.96 บาท/ปี

- มูลค่าการลงทุน 20,000,000 บาท

- ระยะเวลาคืนทุน 0.91 ปี

- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 130.25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อน

6.1 ทฤษฎีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

6.1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า [24]

เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

ก. โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะประกอบด้วยส่วนสำคัญตามรูปที่ 6.1 ดังนี้

1. เปลือกนอก (Yoke frame)

เป็นตัวยึดขั้วแม่เหล็กของส่วนที่อยู่กับที่พร้อมทั้งเป็นวงจรแม่เหล็กเชื่อมต่อระหว่างขั้วแม่เหล็ก นอกจากนี้เปลือกนอกยังทำหน้าที่เป็นตัวยึดสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมถึงเป็นแป้นยึดลูกปืนสำหรับเพลาของตัวหมุน การทำเปลือกนอกทำได้โดยการขึ้นรูปโดยการใช้เหล็กหล่อหรือใช้วิธีม้วนเหล็กแล้วเชื่อมเป็นวง

2. ขั้วแม่เหล็ก

เป็นส่วนที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กเพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อหมุนตัวหมุนหรือเกิดแรงบิดเมื่อมีกระแสไหลในอาเมเจอร์ (Armature) โดยที่ขั้วแม่เหล็กจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แกนขั้วแม่เหล็กและขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก

3. อาเมเจอร์

เป็นส่วนที่เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าและแรงบิดจากสนามแม่เหล็กโดยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แกนของอาเมเจอร์ซึ่งเป็นแผ่นเหล็กบาง ๆ วางเรียงซ้อนกันเพื่อลดการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไหลวน (Eddy current) และร่องสลอตซึ่งอยู่บนแกนของอาเมเจอร์ไว้สำหรับพันขดลวดอาเมเจอร์

4. **คอมมิวเตเตอร์** (Commutator)

เป็นแท่งตัวนำโดยปกติใช้แท่งทองแดงวางเรียงกันและมีฉนวนกั้นกลางเพื่อป้องกันการลัดวงจรระหว่างแท่งทองแดง คอมมิวเตเตอร์จะใช้เป็นจุดต่อระหว่างขดลวดอาเมเจอร์และมีแปรงถ่าน (Carbon brush) มากดบนคอมมิวเตเตอร์ เพื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในอาเมเจอร์หรือจ่ายไฟฟ้าออกจากอาเมเจอร์ ดังนั้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่นำมาทำชี่คอมมิวเตเตอร์ต้องเป็นตัวนำที่ดี มีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานต่ำ เป็นตัวนำความร้อน และมีความสึกกร่อนจากการเสียดสีน้อยหรือไม่สึกกร่อนเลยยิ่งดี

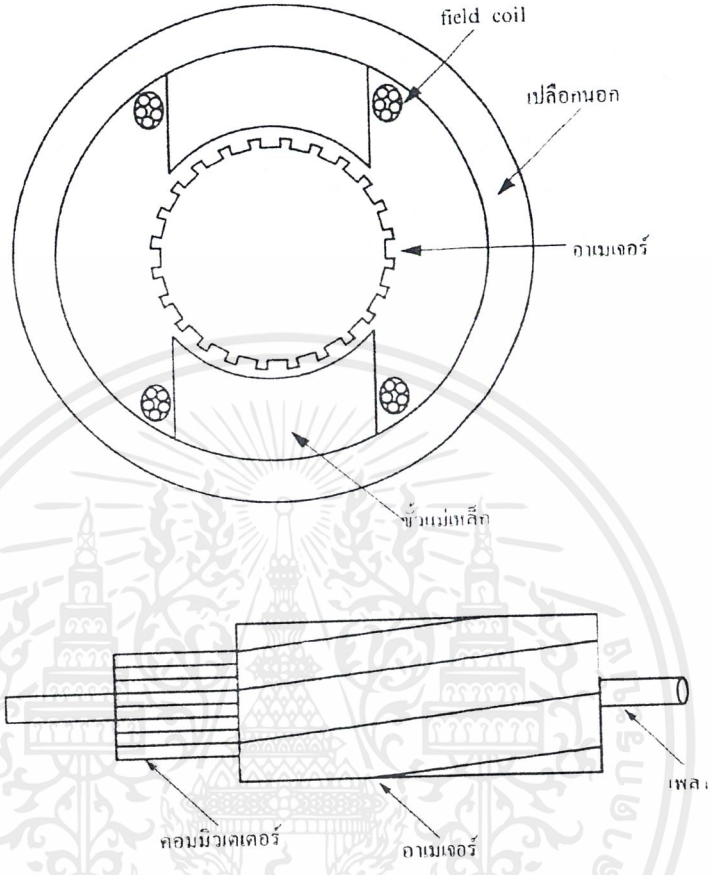
5. **แปรงถ่าน**

เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ทำหน้าที่ต่อวงจรระหว่างส่วนที่อยู่กับที่กับส่วนที่หมุน คือตรงส่วนที่เป็นคอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่านจะมีส่วนที่เป็นกราไฟต์และส่วนที่เป็นสายทองแดงถักเพื่อใช้ต่อกับวงจรไฟฟ้าได้ ช่องยึดแปรงถ่านเป็นตัวยึดแปรงถ่านให้อยู่ตำแหน่งที่ต้องการ คุณสมบัติของแปรงถ่านต้องเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี มีค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานต่ำและต้องไม่แข็งจนเกินไปจนทำให้เกิดความเสียหายที่ชี่คอมมิวเตเตอร์

ข. **หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า**

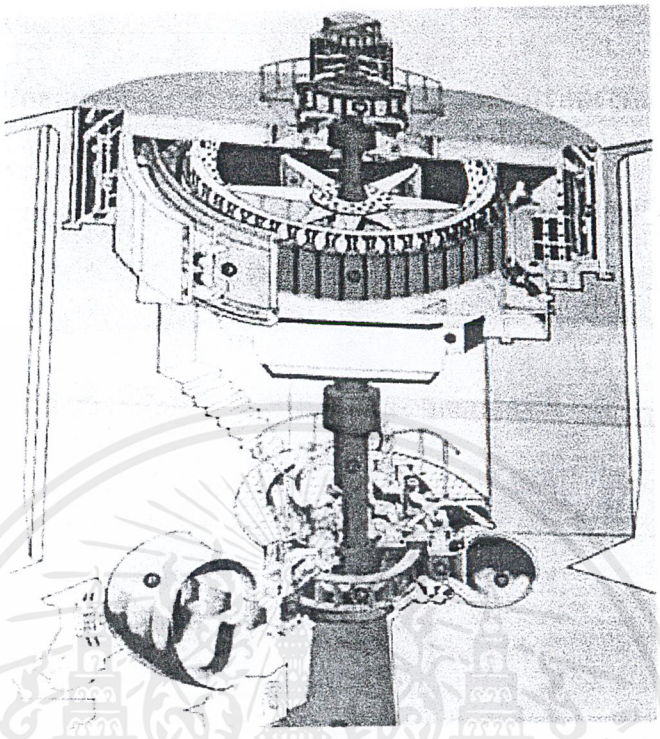
เมื่อปล่อยน้ำจากตัวเขื่อนผ่านทางอาคารรับน้ำซึ่งส่งน้ำเข้ามาตามท่อรับน้ำ (ท่อสีดำในรูปที่ 6.2) ขณะที่กังหันน้ำหมุนแกนเพลาของกังหันน้ำซึ่งติดอยู่กับส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็จะหมุนตามไปด้วย ซึ่งจะตัดกับสนามแม่เหล็กที่ขดลวดสเตเตอร์สร้างขึ้น เกิดการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา สำหรับน้ำที่ผ่านใช้ในการหมุนกังหันน้ำและจะถูกปล่อยทิ้งเพื่อเกษตรกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

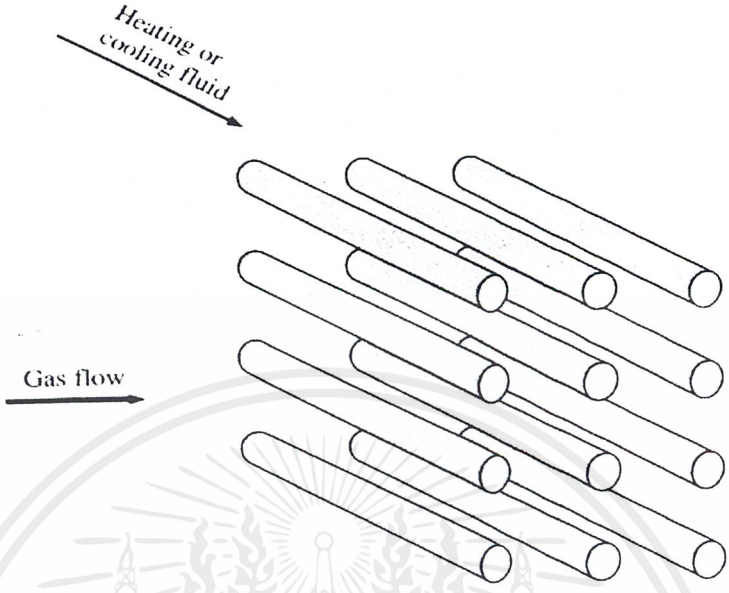


รูปที่ 6.2 ลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

6.1.2 เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภท Cross flow แบบ One fluid mixed and one fluid unmixed ดังรูปที่ 6.3 ซึ่งมักจะนำมาใช้กับการทำให้อากาศร้อนขึ้นหรือเย็นลง ในกรณีของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมจะใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็น โดยจะไหลอยู่ภายในท่อของเครื่องระบายความร้อนเพื่อถ่ายเทความร้อนออกจากอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภท Cross flow แบบ One fluid mixed and one fluid unmixed [25]

6.2 แนวทางในการแก้ปัญหาสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด [26]

ตั้งแต่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมทั้ง 3 หน่วยมีปัญหาไม่สามารถเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่กำลังการผลิตสูงสุด (111.1 เมกะโวลต์แอมป์ ตัวประกอบกำลัง 0.9) ได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเกิดสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด (ค่าอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ที่กำหนดเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นปัญหาต่อเนื่อง โดยทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้มีแนวทางในการแก้ไขดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ทำการหยุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อทำความสะอาดท่อโดยวิธีให้น้ำไหลย้อนกลับ (Back wash) เพื่อกำจัดสิ่งที่อุดตันภายในท่อน้ำหล่อเย็นและ/หรือการทำความสะอาดเครื่องระบายความร้อนด้วยวิธีทางกล (Mechanical clean) โดยใช้แปรงไนลอนล้างตะกรันโดยใช้น้ำธรรมดา

(2) การทำความสะอาดด้วยวิธีทางเคมี (Chemical clean) ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการล้าง เช่น โซเดียมไนเตรต ไตรโซเดียมฟอสเฟต ไฮโดรคลอริก 32% เป็นต้น โดยสามารถล้างตะกรันออกจากท่อของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ประมาณ 80% และสามารถล้างคราบน้ำมันออกจากครีบระบายความร้อน (Fin) ได้มากกว่า 90%

(3) ทำการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การแก้ไขปัญหาตามแนวทางที่ 1 และ 2 มักจะทำควบคู่กันซึ่งจะต้องหยุดเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบ่อยครั้ง เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้เสียโอกาสในแง่ของการผลิตอีกด้วย เช่น ในช่วงปี พ.ศ.2537 เนื่องจากเขื่อนเขาแหลมมีอัตราการไหลของน้ำขาเข้าสูง โรงไฟฟ้าต้องการเดินเครื่องให้ได้กำลังการผลิตสูงสุดอย่างต่อเนื่อง แต่ไม่สามารถทำได้เพราะต้องมีการหยุดเครื่องลงมาทำความสะอาดเป็นระยะ ๆ เป็นเหตุให้ต้องมีการระบายน้ำส่วนเกินที่เขื่อนไม่สามารถรับได้ทิ้งไป เป็นต้น จะเห็นได้ว่าทั้งสองแนวทางนี้ไม่สามารถขจัดปัญหาลงได้เพียงแต่ยืดเวลาของการเกิดสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดออกไปเท่านั้น ดังนั้นแนวทางที่ดีที่สุดคือแนวทางที่ 3 แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงผลทางเศรษฐศาสตร์ด้วยว่าสมควรที่จะลงทุนหรือไม่

6.3 ประวัติการทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [26]

ประวัติการทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ซึ่งได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

6.3.1 ครั้งที่ 1 เมื่อ พ.ศ.2527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่นได้รายงานผลการทดสอบเมื่อ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537 ทดสอบที่เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของชุดที่ 1

- ความสามารถของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ออกแบบ) 170 กิโลวัตต์/เครื่องระบายความร้อน

- ความสามารถของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (การทดสอบ) 195 กิโลวัตต์/เครื่องระบายความร้อน

- ค่าความสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในหน่วยที่ 1

ที่ 111.1 เมกะโวลต์แอมป์ ตัวประกอบกำลัง 0.9 1,400.60 กิโลวัตต์

ที่ 96.6 เมกะโวลต์แอมป์ ตัวประกอบกำลัง 0.9 1,200.00 กิโลวัตต์

6.3.2 ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2538 ที่เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของหน่วยที่ 2 ดังนี้

- ทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สภาพท่อสกปรก (ภายหลังทำความสะอาดและเดินเครื่องมาแล้วประมาณ 200 ชั่วโมง) จะเกิดสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดที่กำลังการผลิต 96 เมกะโวลต์แอมป์ (96 เมกะวัตต์ 0 เมกะวาร์)

- ทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายหลังการทำความสะอาดด้วยวิธีทางกล สัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าที่ค่ากำหนดที่ 104 เมกะโวลต์แอมป์ (96 เมกะวัตต์ 40 เมกะวาร์)

6.3.3 ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 18 – 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538 ที่เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของหน่วยที่ 1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก่อนการทำความสะอาดด้วยวิธีทางเคมี โดยเดินเครื่องที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่กำหนด (Designed flow) 4,000 ลิตร/นาที เริ่มจากโหลดที่ 90 เมกะโวลต์แอมป์ (90 เมกะวัตต์ 0 เมกะวาร์) เพิ่มโหลดไปทีละระดับจนถึง 111.1 เมกะโวลต์แอมป์ (100 เมกะวัตต์ 48.42 เมกะวาร์) พบว่าอุณหภูมิสเตเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงทำการปรับอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นไปที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรปกติ (Normal operation flow) ประมาณ 5,000 ลิตร/นาที หลังจากเดินเครื่องได้ประมาณ 5 ชั่วโมง 26 นาที ปรากฏว่าสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด คือ ที่ 100 องศาเซลเซียส จากการทดสอบที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่กำหนดพบว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเนื่องไม่สามารถรักษาอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ให้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ได้ ดังนั้นควรให้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรปกติ เพราะปริมาณน้ำหล่อเย็นที่มากจะทำให้สามารถระบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้มากด้วย

- ทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายหลังการทำความสะอาดด้วยวิธีทางเคมี เดินเครื่องที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรปกติ เริ่มจากโหลด 90 เมกะโวลต์แอมป์ (90 เมกะวัตต์ 0 เมกะวาร์) เพิ่มโหลดไปทีละระดับจนถึง 111.1 เมกะโวลต์แอมป์ (100 เมกะวัตต์ 48.42 เมกะวาร์) ปรากฏว่าภายหลังการเดินเครื่องได้ประมาณ 6 ชั่วโมง 45 นาที พบว่าอุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์คงที่อยู่ที่ 98.5 องศาเซลเซียส ไม่เกิดสัญญาณเตือนจึงหยุดการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ผ่านมาหลายครั้งได้มีการแก้ไขด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาข้างต้นได้ โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใหม่ โดยนำมาทดลองใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของหน่วยที่ 3 จำนวน 12 ชุด (ใช้งาน 8 ชุด และสำรอง 4 ชุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การออกแบบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 [23]

ข้อกำหนด

1) ความสามารถในการหล่อเย็น	224	กิโลวัตต์
2) อุณหภูมิขาออกของอากาศ (ค่าสูงสุด)	40	องศาเซลเซียส
3) อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น	30	องศาเซลเซียส
4) อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ	7.154	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
5) อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็น	4,800	ลิตร/นาที
6) ความเร็วของน้ำ	0.85	เมตร/วินาที
7) ส่วนของ ครีบระบายความร้อนและท่อ		
- เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อ	19.10	มิลลิเมตร
- เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ	16.60	มิลลิเมตร
- เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของครีบระบายความร้อนและท่อ	44.50	มิลลิเมตร
- ความหนาของท่อ	1.24	มิลลิเมตร
- ความสูงของครีบระบายความร้อน	12.80	มิลลิเมตร
- ความหนาของครีบระบายความร้อน	0.38	มิลลิเมตร
- ช่องว่างระหว่างครีบระบายความร้อน	2.3091	มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนของครีบระบายความร้อน 433.0704 ครีบ/เมตร

8) ความยาวของท่อ 1.35 เมตร

9) วัสดุของครีบระบายความร้อนและท่อ (ทองแดง) C-1220 TS-1/2H (JIS)

6.5 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 [23]

6.5.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

- เพื่อเป็นข้อมูลการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

- เพื่อทราบถึงสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เปลี่ยนใหม่

- เพื่อทราบถึงสมรรถนะสูงสุดของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เปลี่ยนใหม่

6.5.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมหน่วยที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การทดสอบขั้นต้น (Pre – test) เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้ทราบถึงสมบัติบางประการและยังเป็นการตรวจสอบความพร้อมก่อนนำเข้าใช้งานในขั้นต่อไป รายละเอียดการทดสอบในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

- ทดสอบอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ

- ทดสอบอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนชุดใหม่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบ คือ

- การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนเมื่อมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรปกติ

- การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนเมื่อมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรน้อยสุดที่กำหนด (Minimum designed flow)

- การทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนเมื่อมีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นเท่ากับอัตราการไหลเชิงปริมาตรปกติที่น้อยสุด (Normal minimum designed flow)

6.5.3 สรุปผลการทดสอบ

(1) สรุปผลในส่วนการทดสอบขั้นต้น

- ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ 5.08 เมตร/วินาที
- พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของเครื่องระบายความร้อน (กว้าง x ยาว)

  1.3365 x 1.0095 = 1.3492 ตารางเมตร

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยของอากาศ 6.85837 ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อัตราการไหลเชิงปริมาตรสูงสุดของน้ำหล่อเย็น 6.85837 ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำย้อนกลับ 9.123 ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยปกติของน้ำหล่อเย็น 5.2915 ลูกบาศก์เมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) สรุปผลในส่วนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากผลการทดสอบเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 สามารถรับโหลดสูงสุดที่ 111 เมกะโวลต์แอมป์ (100 เมกะวัตต์ 48 เมกะวาร์) อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่า 89.73 องศาเซลเซียส ยังเหลืออีก 10 องศาเซลเซียสถึงจะเกิดสัญญาณเตือนเนื่องจากอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นน้อยสุดที่กำหนดเท่ากับ 4,800 ลิตร/นาทีและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นปกติที่มากที่สุดเท่ากับ 5,600 ลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและภาพโดยรวม เมื่อเสร็จสิ้นการตรวจสอบพลังงาน

7.1 สรุปความคิดเห็นของผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 [9]

อุปสรรคต่าง ๆ และการแก้ไขปัญหา ในด้านการอนุรักษ์พลังงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

1. ด้านการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน ผู้บริหารระดับสูงให้ความสำคัญและมีความรู้ความเข้าใจต่อการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างดี ผู้บริหารในระดับล่างบางส่วนมีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 เป็นอย่างดี โดยส่วนใหญ่ทราบถึงพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และมีทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานได้ผลดียิ่งขึ้น ทางโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมควรให้ความรู้พื้นฐานการอนุรักษ์พลังงานโดยจัดเป็นป้ายประชาสัมพันธ์กิจกรรมและเผยแพร่ความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับพนักงานที่ยังขาดความรู้ความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน สามารถแก้ไขโดยส่งพนักงานเข้าอบรมความรู้ด้านการอนุรักษ์พลังงานหรือจัดให้มีการอบรมภายในโรงไฟฟ้าโดยใช้ผู้ชำนาญงานภายในโรงไฟฟ้าและจากบริษัทที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานร่วมกัน

2. เจ้าหน้าที่ของโรงไฟฟ้าสามารถกรอกแบบฟอร์ม การใช้พลังงานตามแบบ บพร.1 และ บพร.2 ได้ถูกต้องโดยส่วนใหญ่ แต่บางส่วนต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติม เนื่องมาจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทางโรงไฟฟ้าให้ความสำคัญด้านการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการดำเนินงานด้านนี้มาตลอด หากมีการอบรมให้ความรู้กับพนักงานทุกระดับมากขึ้น จะสามารถขยายผลการอนุรักษ์พลังงานได้ดีขึ้น

7.2 สรุปการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและภาพโดยรวม

จากบทที่ 5 สามารถนำมาสรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงดังตารางที่ 7.1 โดยเรียงลำดับความสำคัญจากเปอร์เซ็นต์ของอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่สูง จากการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมด พบว่าไม่มีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและด้านพลังงานความร้อน ในตารางที่ 7.2 จะแสดงมาตรการที่สมควรดำเนินการลงทุน การพิจารณามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมต่อการลงทุน ใช้เกณฑ์อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า 9% ตามหลักการให้การสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ก่อนการตรวจสอบพลังงานและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังจากการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน สรุปได้ดังตารางที่ 7.3 สำหรับตารางที่ 7.4 แสดงถึงรายละเอียดมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการอนุรักษ์พลังงาน		การลงทุนและผลตอบแทน		
	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (กิโลวัตต์/ปี)	มูลค่า (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	EIRR (%)
1. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด					
1.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	14,136,012.00	21,995,634.67	20,000,000.00	0.91	130.25
2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น					
2.1 การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	54,918.31	85,452.90	460,134.00	5.38	20.71
3.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง					
3.1 การใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	16,375.64	25,480.50	172,593.00	6.77	20.38
3.2 การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง	18,622.64	28,976.83	303,914.67	10.49	5.31
4. การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง					
4.1 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	29,154.12	45,363.80	945,795.84	21.00	4.98
รวม	**14,255,082.71**	**22,180,908.70**	**21,882,437.51**	**0.99**	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สมควรดำเนินการลงทุน [9]

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการอนุรักษ์พลังงาน		การลงทุนและผลตอบแทน		
	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	มูลค่า (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	EIRR (%)
1.การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด					
1.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	14,136,012.00	21,995,634.67	20,000,000.00	0.91	130.25
2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น					
2.1 การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	54,918.31	85,452.90	460,134.00	5.38	20.71
3. การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง					
3.1 การใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	16,375.64	25,480.50	172,593.00	6.77	20.38
รวม	**14,207,305.95**	**22,106,568.07**	**20,632,727.00**	**0.93**	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมก่อนการตรวจสอบพลังงานและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังจากดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน [9]

ประเภทระบบที่ใช้พลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงานก่อนการตรวจสอบพลังงาน		ปริมาณพลังงานที่จะประหยัดได้หลังจากดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน[1]	
	กิโลวัตต์/ปี	%	กิโลวัตต์/ปี	%
ระบบแสงสว่าง	333,115.43	4.99	16,375.64	0.12
ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า	1,501,752.40	22.50	-[4]	-
ระบบทำความเย็น	2,331,399.87	34.92	54,918.31	0.39
ระบบอื่นๆ[2]	2,509,319.80	37.59	14,136,012.00[3]	99.49
รวม	**6,675,587.50**	**100.00**	**14,207,305.95**	**100.00**

หมายเหตุ [1] คิดเทียบจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ทั้งหมด

[2] ระบบอื่น ๆ เช่น เครื่องอัดอากาศ เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

[3] เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากการที่ไม่ต้องหยุดเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันเนื่องมาจากสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด

[4] เครื่องหมาย " – " หมายถึง ไม่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานตามแผนอนุรักษ์พลังงานเนื่องจากระบบเดิมมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.4 สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	มาตรฐานและเกณฑ์ข้อกำหนดตามกฎกระทรวง	สถานภาพการใช้งาน [1]	ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน [2]
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า			
1.1 พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	-	-
1.2 พลังงานไฟฟ้าที่ผลิต (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	6,675,587.50	-
1.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้ารวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	6,675,587.50	-
1.4 พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ไม่กำหนด	-	-
1.5 ตัวประกอบกำลัง	≥ 0.80	0.87	อยู่ในเกณฑ์ดี
1.6 ตัวประกอบโหลด (%)	ไม่กำหนด	86.00	อยู่ในเกณฑ์ดี
1.7 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท/กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ไม่กำหนด	1.556	-
2. การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้าอาคาร			
2.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอกอาคาร (วัตต์/ตารางเมตร)	≤ 55		
- อาคารสำนักงาน		42.58	อยู่ในมาตรฐาน
- อาคารโรงไฟฟ้า		20.70	อยู่ในมาตรฐาน
2.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (วัตต์/ตารางเมตร)	≤ 25		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.4 สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (ต่อ)

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	มาตรฐานและเกณฑ์ข้อกำหนดตามกฎกระทรวง	สถานภาพการใช้งาน	ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน
- อาคารสำนักงาน		22.58	อยู่ในมาตรฐาน
- อาคารโรงไฟฟ้า		24.89	อยู่ในมาตรฐาน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า			
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	333,115.43	-
3.2 ร้อยละของพลังงานไฟฟ้า (%)	ไม่กำหนด	4.99	-
3.3 ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร/ปี)	ไม่กำหนด	16.77	-
3.4 กำลังการติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน (วัตต์/ตารางเมตร)	16	8.55	อยู่ในมาตรฐาน
4. ระบบทำความเย็น			
4.1 เครื่องปรับอากาศ			
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	530,738.47	-
- สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	1.61	1.38397	อยู่ในมาตรฐาน
4.2 ระบบทำน้ำเย็น			
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	1,800,661.40	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.4 สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (ต่อ)

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	มาตรฐานและเกณฑ์ข้อกำหนดตามกฎกระทรวง	สถานภาพการใช้งาน	ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน
- สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	1.10	1.07	อยู่ในมาตรฐาน
4.3 รวมระบบทำความเย็น			
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	2,331,399.87	-
- ร้อยละของพลังงานไฟฟ้า (%)	ไม่กำหนด	611.03	-
- ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ตารางเมตร/ปี)	ไม่กำหนด	276.36	-
- กำลังการติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน (บีทียู/ชั่วโมง/ตารางเมตร)	ไม่กำหนด	34.92	-
5. ระบบพลังงานความร้อน	ไม่มีการดำเนินการ		
6. มอเตอร์ไฟฟ้า			
6.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	ไม่กำหนด	1,501,752.40	-
6.2 การรับภาระของมอเตอร์โดยเฉลี่ย (%)	ไม่กำหนด	86.00	อยู่ในเกณฑ์ดี
6.3 ร้อยละของพลังงานไฟฟ้า (%)	ไม่กำหนด	22.50	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ [1] เครื่องหมาย " – " หมายถึง ในหัวข้อนั้นไม่ได้มีการนำใช้หรือเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

[2] เครื่องหมาย " – " หมายถึง ไม่มีผลที่ได้เทียบกับมาตรฐานเนื่องจากไม่มีมาตรฐานและเกณฑ์ข้อกำหนดตามกฎกระทรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารและเวปไซต์อ้างอิง

1. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535.*, 2535.
2. http://www.egat.or.th
3. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *กฎกระทรวง ฉบับที่ 6.*, 2540.
4. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม.*, หน้า 8, 19, ตุลาคม 2541.
5. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. *เอกสารประกอบการบรรยาย การอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน.*, 2543.
6. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ.2540.*, หน้า 1-2, 2540.
7. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *คู่มือการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535.*, 2535.
8. ปิติ อวิรุทธ์วรกุล, วิสุทธิ์ วิเศษคร้อ และศรายุทธ ธเนศสกุลวัฒนา. *การศึกษาและปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา : อาคาร โรงแรม เฟลิกซ์ อโนมา สวิส โฮเต็ล.*, ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.
9. ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิตและธุรกิจผลิตไฟฟ้า. *รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม.*, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, พฤศจิกายน 2543.
10. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.*, หน้า 10 – 42, 58 – 59, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน การใช้ฉนวน.*, หน้า 7 – 43, 2543. .
12. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน การใช้กระจก.*, หน้า 7 - 43, 2542.
13. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง.*, หน้า 3 – 7, กันยายน 2542.
14. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน หลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์.*, หน้า 6 – 12, พฤศจิกายน 2541.
15. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เครื่องปรับอากาศ (AIR CONDITIONER).*, หน้า 5 – 7, 11, พฤศจิกายน 2541.
16. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึม.*, หน้า 1, 2543.
17. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การเผาไหม้เชื้อเพลิงและการบำรุงรักษาหัวเผา.*, หน้า 5, 9, เมษายน 2543.
18. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การลดค่าใช้จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน.*, หน้า 13, 32 – 38, 61, เมษายน 2543.
19. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การแก้ไข POWER FACTOR ในโรงงานอุตสาหกรรม.*, หน้า 5 –9, เมษายน 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด*., หน้า 5 – 21, เมษายน 2543.

21. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *เอกสารเผยแพร่ชุดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน มอเตอร์ (Motor)*., หน้า 6 – 8, พฤศจิกายน 2541.

22. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. *ข้อแนะนำการประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรรม*., หน้า 14 – 17, เมษายน 2543.

23. แผนกทดสอบอุปกรณ์และตรวจสอบพลังงาน 1. *KHL.#3 GENERATOR AIR COOLER PERFORMANCE TEST REPORT โรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม หน่วยที่ 3*., กองตรวจสอบพลังงาน ฝ่ายควบคุมประสิทธิภาพ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, สิงหาคม 2542.

24. พิชิต ลำยอง. *เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1*., ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้า 107-109, สิงหาคม 2540.

25. J.P.Holman. *Heat transfer*., 8 th edition, McGRAW-HILL, 1997.

26. กองตรวจสอบพลังงาน. *THERMAL PERFORMANCE TEST Generator Air Cooler KHL. Unit#1*., ฝ่ายควบคุมประสิทธิภาพ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, มกราคม 2539.

27. นุกูล กระจาย. *การเขียนโปรแกรมและประมวลผลข้อมูลด้วย เทอร์โบปาลคาล*., บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2539.

28. สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. *หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม*., สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), พฤศจิกายน 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๐

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๐ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๔๐

เป็นปีที่ ๕๒ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่า โดยที่เป็นการสมควรกำหนดโรงงานบางประเภทให้เป็นโรงงานควบคุม เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๗๘ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๕) พุทธศักราช ๒๕๓๘ และมาตรา ๘ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ จึงทรงประกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชกฤษฎีกาขึ้นไว้ ดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชกฤษฎีกานี้เรียกว่า "พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. ๒๕๔๐"

มาตรา ๒ พระราชกฤษฎีกานี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

มาตรา ๓ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้เป็นโรงงานควบคุม

(๑) โรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายพลังงานให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันมีขนาดตั้งแต่หนึ่งหมื่นกิโลวัตต์ หรือหนึ่งหมื่นหนึ่งพันเจ็ดร้อยห้าสิบกิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป

(๒) โรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่บ้านเดียวกันที่ใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายพลังงาน หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นจากผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง อย่างหนึ่งอย่างใดหรือรวมกันตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคมถึงวันที่ ๓๑ ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่สองร้อยล้านเมกะจูลขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๔ เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลบังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา ๓

(๑) โรงงานตามมาตรา ๓ (๑) ที่มีขนาดตั้งแต่สามพันกิโลวัตต์แต่ไม่ถึงหนึ่งหมื่นกิโลวัตต์ หรือตั้งแต่สามพันห้าร้อยสามสิบกิโลโวลต์แอมแปร์แต่ไม่ถึงหนึ่งหมื่นหนึ่งพันเจ็ดร้อยห้าสิบกิโลโวลต์แอมแปร์

(๒) โรงงานตามมาตรา ๓(๒) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่หกสิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงสองร้อยล้านเมกะจูล

มาตรา ๕ เมื่อพ้นกำหนดสองปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลใช้บังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้ เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา ๓ และมาตรา ๔

(๑) โรงงานตามมาตรา ๓ (๑) ที่มีขนาดตั้งแต่สองพันกิโลวัตต์แต่ไม่ถึงสามพันกิโลวัตต์ หรือตั้งแต่สองพันสามร้อยห้าสิบกิโลโวลต์แอมแปร์แต่ไม่ถึงสามพันห้าร้อยสามสิบกิโลโวลต์แอมแปร์

(๒) โรงงานตามมาตรา ๓ (๒) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่สี่สิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงหกสิบล้านเมกะจูล

มาตรา ๖ เมื่อพ้นกำหนดสามปีนับแต่วันที่พระราชกฤษฎีกานี้มีผลบังคับ ให้โรงงานที่มีการใช้พลังงานดังต่อไปนี้เป็นโรงงานควบคุมเพิ่มเติมจากที่กำหนดตามมาตรา ๓ มาตรา ๔ และมาตรา ๕

(๑) โรงงานตามมาตรา ๓ (๑) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงสี่สิบล้านเมกะจูล

(๒) โรงงานตามมาตรา ๓ (๒) ที่มีปริมาณพลังงานทั้งหมดเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลแต่ไม่ถึงสี่สิบล้านเมกะจูล

มาตรา ๗ การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานตามมาตรา ๓(๒) มาตรา ๔(๒) มาตรา ๕(๒) และมาตรา ๖ (๒) ให้คำนวณเป็นหน่วยเมกะจูลตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

(๑) กรณีไฟฟ้า ให้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมงแล้วคูณด้วย ๓.๖๐

(๒) กรณีความร้อนจากไอน้ำ ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Es = (hs - hw) \times S \times eff$$

โดย Es หมายถึง ปริมาณความร้อนจากไอน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าหน่วยเป็น เมกะจูล/ปี

hs หมายถึง ค่า Enthalpy ของไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น เมกะจูล / ตัน จากตารางไอน้ำ (Steam table)

hw หมายถึง ค่า Enthalpy ของน้ำที่อุณหภูมิ ๒๗ องศาเซลเซียสและความดันหนึ่งบรรยากาศ ในที่นี้ให้ใช้ค่าเท่ากับ ๑๑๓ เมกะจูล / ตัน

S หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ใช้ หน่วยเป็น ตัน / ปี ดูจากเครื่องวัดปริมาณไอน้ำของโรงงานควบคุม

Eff หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า ๐.๔๕

(๓) กรณีพลังงานสิ้นเปลืองอื่น ให้คำนวณปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$Ef = F \times HHV \times eff$$

โดย Ef หมายถึง ปริมาณความร้อนจากพลังงานสิ้นเปลืองอื่นเป็นปริมาณพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า หน่วยเป็น เมกะจูล/ปี

F หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลือง หน่วยเป็น หน่วยน้ำหนัก หรือปริมาตรต่อปี

HV หมายถึง ค่าความร้อนสูง (Higher heating value) ของพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้ หน่วยเป็น เมกะจูล/หน่วยน้ำหนักหรือปริมาตร

Eff หมายถึง ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่า ในที่นี้ให้ใช้ค่า ๐.๔๕

ในกรณีที่ไม่มีค่าความร้อนสูงจากผู้จำหน่าย ให้ใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๘ โรงงานที่กำหนดเป็นโรงงานควบคุมตามพระราชกฤษฎีกานี้แล้ว มิให้นำบทบัญญัติว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมมาใช้บังคับกับโรงงานดังกล่าว

มาตรา ๙ ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม รักษาการตามพระราชกฤษฎีกา

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ

(ลงนาม) พล อ.ชวลิต ยงใจยุทธ
นายกรัฐมนตรี
ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม ๑๑๔ ตอนที่ ๖ ก ลงวันที่ ๑๙ มีนาคม ๒๕๔๐

หมายเหตุ : เหตุผลในการประกาศใช้พระราชกฤษฎีกาฉบับนี้คือ โดยที่เป็นการสมควรกำหนดโรงงานที่ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายให้ใช้เครื่องวัดไฟฟ้า หรือให้ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าชุดเดียวหรือหลายชุดรวมกันขนาดตั้งแต่หนึ่งพันกิโลวัตต์ หรือหนึ่งพันหนึ่งร้อยเจ็ดสิบห้ากิโลโวลต์แอมแปร์ขึ้นไป หรือโรงงานที่มีการใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงาน ความร้อนจากไอน้ำจากผู้จำหน่ายหรือตนเอง อย่างหนึ่งอย่างใดหรือรวมกันในรอบปีปฏิทินที่ผ่านมามีปริมาณพลังงานตั้งแต่ยี่สิบล้านเมกะจูลขึ้นไปให้เป็นโรงงานควบคุม และโดยที่มาตรา ๘ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ บัญญัติว่า การกำหนดโรงงานประเภทใดขนาดปริมาณการใช้พลังงาน หรือวิธีการใช้พลังงานอย่างใดให้เป็นโรงงานควบคุม ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา จึงจำเป็นต้องตราพระราชกฤษฎีกานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕

ภูมิพลอดุลยเดช ป.ร.

ให้ไว้ ณ วันที่ ๓ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๓๕

เป็นปีที่ ๔๗ ในรัชกาลปัจจุบัน

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ประกาศว่าโดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงกฎหมายว่าด้วยการพลังงานแห่งชาติ

จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติขึ้นไว้โดยคำแนะนำและยินยอมของสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ทำหน้าที่รัฐสภา ดังต่อไปนี้

มาตรา ๑ พระราชบัญญัตินี้เรียกว่า "พระราชบัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.๒๕๓๕"

มาตรา ๒ พระราชบัญญัตินี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

มาตรา ๓ ให้ยกเลิก

(๑) พระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๔๘๖

(๒) พระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๐๗

(๓) พระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๒๒

(๔) พระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ (ฉบับที่ ๔) พ.ศ. ๒๕๓๐

บรรดากฎหมาย กฎ และข้อบังคับอื่นในส่วนที่มีบัญญัติไว้แล้วในพระราชบัญญัตินี้ หรือซึ่งขัดหรือแย้งกับบทแห่งพระราชบัญญัตินี้ ให้ใช้พระราชบัญญัตินี้แทน

มาตรา ๔ บทบัญญัติแห่งกฎหมาย กฎ ข้อบังคับ ระเบียบ ประกาศ คำสั่ง หรือมติคณะรัฐมนตรีใด อ้างถึงสำนักงานพลังงานแห่งชาติ และเลขาธิการการพลังงานแห่งชาติ ให้ถือว่าบทบัญญัติแห่งกฎหมาย กฎ ข้อบังคับ ระเบียบ ประกาศ คำสั่ง หรือมติคณะรัฐมนตรีนั้น อ้างถึงกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และ อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๕ ในพระราชบัญญัตินี้

"พลังงาน" หมายความว่า ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

"พลังงานหมุนเวียน" หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้รับจากไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ชีวมวล น้ำ แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม และ คลื่น เป็นต้น

"พลังงานสิ้นเปลือง" หมายความรวมถึง พลังงานที่ได้รับจากถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และนิวเคลียร์ เป็นต้น

"เชื้อเพลิง" หมายความรวมถึง ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงสังเคราะห์ ไม้ ฟืน แกลบ กากอ้อย ขยะ และสิ่งอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

"พลังงานควบคุม" หมายความว่า พลังงานซึ่งได้กำหนดให้มีการควบคุมตามบทแห่งพระราชบัญญัตินี้เว้นแต่ปิโตรเลียมตามกฎหมายว่าด้วยปิโตรเลียม

"พนักงานเจ้าหน้าที่" หมายความว่า เจ้าหน้าที่ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และหมายความรวมถึงเจ้าหน้าที่ของกระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น และรัฐวิสาหกิจซึ่งพระราชบัญญัตินี้กำหนดให้ถือว่าเป็นพนักงานเจ้าหน้าที่ด้วย

"อธิบดี" หมายความว่า อธิบดีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

"รัฐมนตรี" หมายความว่า รัฐมนตรีผู้รักษาการตามพระราชบัญญัตินี้

มาตรา ๖ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(๑) สำรวจ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ทดลองและตรวจสอบเกี่ยวกับพลังงานในด้านแหล่งพลังงาน การผลิต การแปรรูป การส่ง และการใช้

(๒) ศึกษา วางแผน และวางโครงการเกี่ยวกับพลังงานและกิจการที่เกี่ยวข้อง

(๓) ค้นคว้าและพัฒนา สาธิต และก่อให้เกิดโครงการริเริ่มเกี่ยวกับ การผลิต การแปรรูป การส่ง การใช้ และการอนุรักษ์แหล่งพลังงาน

(๔) ออกแบบ สร้าง และบำรุงรักษาแหล่งผลิต แหล่งแปรรูป ระบบส่ง และระบบใช้ พลังงาน เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และพลังงานชนิดใหม่ การผลิตเชื้อเพลิงจากชีวมวล และการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า

(๕) กำหนดระเบียบและมาตรฐานเกี่ยวกับการผลิต การแปรรูป การส่ง การใช้และการอนุรักษ์แหล่งพลังงาน ตลอดจนควบคุมและกำกับดูแลให้เป็นไปตามระเบียบและมาตรฐานนั้น

(๖) กำหนดอัตราค่าตอบแทนสำหรับการใช้พลังงานที่ดำเนินการ โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

(๗) จัดให้มี ควบคุม สร้าง ซื้อ ขาย เช่า ให้เช่า โอน หรือรับโอนแหล่งผลิต แหล่งแปรรูป ระบบส่งและระบบจำหน่ายพลังงาน และออกใบอนุญาตผลิตหรือขยายการผลิตพลังงาน

(๘) ถ่ายทอดเทคโนโลยี ส่งเสริม ฝึกอบรม เผยแพร่เกี่ยวกับการผลิต การแปรรูป การส่ง การใช้และการอนุรักษ์แหล่งพลังงาน ตลอดจนเป็นศูนย์กลางการประสานความร่วมมือในกิจการที่เกี่ยวข้อง

มาตรา ๗ ให้อธิบดีมีหน้าที่ควบคุมดูแลโดยทั่วไปซึ่งราชการของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และเป็นผู้บังคับบัญชาข้าราชการและลูกจ้างในกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

มาตรา ๘ ในการดำเนินการตามอำนาจหน้าที่ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานอาจมอบให้กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจ ปฏิบัติการเฉพาะอย่างแทนได้

มาตรา ๙ ในกรณีที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมอบให้กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจ ปฏิบัติการเฉพาะอย่างแทน ให้ผู้รับมอบดังกล่าวปฏิบัติการให้เป็นไปตามที่ได้รับมอบนั้น และเพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้ให้เจ้าหน้าที่ของกระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจ ผู้ปฏิบัติการตามที่ได้รับมอบนั้นเป็นพนักงานเจ้าหน้าที่ และมีอำนาจหน้าที่อย่างเดียวกับพนักงานเจ้าหน้าที่ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัตินี้ ในการมอบอำนาจหน้าที่ให้กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจ ดำเนินการกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจะโอนเงินไปตั้งจ่ายทางกระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจเช่นว่านั้นเพื่อใช้จ่ายตามรายการที่อนุมัติในงบประมาณของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๑๐ ในการปฏิบัติตามอำนาจหน้าที่ตามมาตรา ๖ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานอาจขอให้กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น หรือรัฐวิสาหกิจหรือบุคคลใดๆ เสนอรายละเอียดทางวิชาการ การเงิน สถิติและเรื่องต่าง ๆ ที่จำเป็นได้

มาตรา ๑๑ ในการปฏิบัติราชการของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจเข้าไปในสถานที่ใด ๆ ในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก หรือเวลาทำการของสถานที่นั้น ๆ เพื่อสอบถามข้อเท็จจริง หรือเพื่อตรวจสอบเอกสาร หรือสิ่งของใด ๆ ที่เกี่ยวกับกิจการพลังงานจากบุคคลที่อยู่ในสถานที่เช่นว่านั้นได้ตามความจำเป็น ในการนี้ผู้ครอบครองสถานที่ดังกล่าวต้องอำนวยความสะดวกแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ตามสมควร กรณีที่พนักงานเจ้าหน้าที่เข้าไปในสถานที่ตามวรรคหนึ่ง ถ้าไม่เป็นการเร่งด่วนให้แจ้งเป็นหนังสือให้ผู้ครอบครองสถานที่ทราบล่วงหน้าไม่น้อยกว่าสามวัน

มาตรา ๑๒ ในการปฏิบัติหน้าที่ พนักงานเจ้าหน้าที่ต้องแสดงบัตรประจำตัวแก่บุคคลที่เกี่ยวข้อง บัตรประจำตัวพนักงานเจ้าหน้าที่ให้เป็นไปตามแบบที่รัฐมนตรีกำหนดในกฎกระทรวง

มาตรา ๑๓ ให้พนักงานเจ้าหน้าที่ตามพระราชบัญญัตินี้เป็นเจ้าพนักงานตามประมวลกฎหมายอาญา

มาตรา ๑๔ พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจที่จะใช้สอยหรือเข้าครอบครองอสังหาริมทรัพย์ในความครอบครองของบุคคลใด ๆ ซึ่งมิใช่เคหสถานเป็นการชั่วคราวภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) การใช้สอยหรือเข้าครอบครองนั้นเป็นการจำเป็นสำหรับการสำรวจแหล่งผลิต ระบบส่ง ระบบจำหน่ายพลังงาน และการป้องกันอันตรายหรือความเสียหายอันอาจเกิดแก่การผลิต การส่ง หรือการจำหน่ายพลังงาน

(๒) ได้แจ้งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองอสังหาริมทรัพย์ทราบล่วงหน้าไม่น้อยกว่าสิบห้าวัน ถ้ามีความเสียหายเกิดขึ้นแก่เจ้าของหรือผู้ครอบครองอสังหาริมทรัพย์หรือผู้ทรงสิทธิอื่นเนื่องจากการกระทำของพนักงานเจ้าหน้าที่ดังกล่าวในวรรคหนึ่ง บุคคลเช่นว่านั้นย่อมเรียกค่าทดแทนจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ และถ้าไม่สามารถตกลงกันในจำนวนค่าทดแทน ให้นำมาตรา ๒๒ และมาตรา ๒๓ มาใช้บังคับโดยอนุโลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๑๕ เมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องได้มาซึ่งอสังหาริมทรัพย์ เพื่อใช้ในการผลิต การส่ง หรือการจำหน่ายพลังงาน ถ้ามิได้ตกลงในเรื่องการโอนไว้เป็นอย่างอื่น ให้ดำเนินการเวนคืนตามกฎหมายว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์

มาตรา ๑๖ เมื่อมีความจำเป็นเพื่อประโยชน์แก่ชุมนุมชน ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีอำนาจตั้งสถานีพลังงาน เดินสายหรือท่อพลังงานไปใต้ เหนือ ตามหรือข้างพื้นดินของบุคคลใด ๆ หรือปัก ตั้งเสา หรืออุปกรณ์ลงในหรือบนพื้นดินของบุคคลใด ๆ ซึ่งไม่ใช่เป็นที่ตั้งโรงเรือน ในกรณีที่ต้องใช้ที่ดินตอนหนึ่งตอนใด เพื่อกระทำการดังกล่าวในวรรคหนึ่ง ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจ่ายค่าทดแทนในการใช้ที่ดินนั้นแก่เจ้าของหรือผู้ครอบครอง โดยจำนวนเงินอันเป็นธรรม เว้นแต่เจ้าของหรือผู้ครอบครองเป็นผู้ได้รับประโยชน์คุ้มค่าในการกระทำนั้นอยู่ด้วย

มาตรา ๑๗ เพื่อประโยชน์แก่ชุมนุมชน ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีอำนาจเดินสายหรือท่อพลังงานติดไปกับสิ่งก่อสร้างของบุคคลใด ๆ ที่อยู่เหนือหรือติดกับทางสัญจรของประชาชน

มาตรา ๑๘ ก่อนที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจะดำเนินการตามมาตรา ๑๖ หรือ มาตรา ๑๗ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานแจ้งเป็นหนังสือให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินที่เกี่ยวข้องทราบ เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินนั้นอาจยื่นคำร้องแสดงเหตุที่ไม่สมควรทำเช่นนั้นไปยังรัฐมนตรีเพื่อพิจารณาวินิจฉัยได้ภายในสิบห้าวันนับแต่วันที่ได้รับหนังสือแจ้ง ในกรณีเช่นว่านี้ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานรอการดำเนินการไว้ก่อน จนกว่าจะแจ้งคำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้ผู้ยื่นคำร้องทราบแล้ว คำวินิจฉัยของรัฐมนตรีให้เป็นที่สุด

มาตรา ๑๙ เพื่อประโยชน์แห่งความปลอดภัยในการส่งพลังงาน ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีอำนาจตัดต้น กิ่ง หรือรากของต้นไม้ ซึ่งอยู่ใกล้สายหรือท่อพลังงานหรืออุปกรณ์ได้ แต่ต้องแจ้งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองต้นไม้ได้ทราบล่วงหน้าภายในเวลาอันสมควร ในกรณีที่ต้นไม้นั้นมีอยู่ก่อนเวลาตั้งสถานีพลังงาน หรือเดินสายหรือท่อพลังงานหรือปักตั้งเสาหรืออุปกรณ์ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานใช้ค่าทดแทนให้แก่ผู้มีส่วนได้เสียในต้นไม้เท่าที่ต้องเสียหายไปเพราะการกระทำนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๒๐ ถ้าเจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินที่เกี่ยวข้องประสงค์จะก่อสร้างหรือกระทำกิจการใด ๆ ลงในที่ดินซึ่งมีสายหรือท่อพลังงานหรืออุปกรณ์กีดขวางอยู่ เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินนั้นชอบที่จะร้องขอต่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้ย้าย ถอน เปลี่ยนแปลง หรือแก้ไขสิ่งที่กีดขวางนั้นได้ เมื่อเป็นการสมควรก็ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน จัดการตามคำร้องขอนั้นโดยให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินออกค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น

มาตรา ๒๑ ในกรณีจำเป็นเร่งด่วนพนักงานเจ้าหน้าที่อาจเข้าไปในสถานที่ของบุคคลใด ๆ เพื่อตรวจซ่อมแซม หรือแก้ไขสายหรือท่อพลังงานหรืออุปกรณ์ในเวลาหนึ่งเวลาใดก็ได้ เมื่อได้แจ้งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทราบแล้ว

มาตรา ๒๒ ในกรณีที่เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นไม่ยินยอมตกลงในจำนวนเงินค่าทดแทนที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจ่ายให้ตามมาตรา ๑๖ หรือมาตรา ๑๙ หรือหาเจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นนั้นไม่พบ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานนำเงินจำนวนดังกล่าวไปวางไว้ต่อศาลหรือสำนักงานวางทรัพย์ หรือฝากไว้กับธนาคารออมสินในชื่อของเจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่น โดยแยกฝากไว้เป็นบัญชีเฉพาะราย และถ้ามีดอกเบี้ยหรือดอกผลใดเกิดขึ้นเนื่องจากการฝากเงินนั้น ให้ตกเป็นสิทธิแก่เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นนั้นด้วย เมื่อกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานนำเงินค่าทดแทนไปวางไว้ต่อศาลหรือสำนักงานวางทรัพย์หรือฝากไว้กับธนาคารออมสินตามวรรคหนึ่งแล้ว ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีหนังสือแจ้งให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นทราบ โดยส่งทางไปรษณีย์ตอบรับ ในกรณีหาเจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นไม่พบ ให้ประกาศในหนังสือพิมพ์รายวันที่มีจำหน่ายในท้องถิ่นอย่างน้อยสองวันติดต่อกัน เพื่อให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นทราบ หลักเกณฑ์และวิธีการในการนำเงินค่าทดแทนไปวางต่อศาล หรือสำนักงานวางทรัพย์ หรือฝากไว้กับธนาคารออมสิน และวิธีการในการรับเงินค่าทดแทนดังกล่าวให้เป็นไปตามระเบียบที่รัฐมนตรีกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๒๓ ในกรณีที่เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นไม่พอใจในจำนวนเงินค่าทดแทนที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานจ่ายให้ ไม่ว่าบุคคลนั้นจะรับหรือไม่รับเงินค่าทดแทนที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานวางไว้หรือฝากไว้ บุคคลนั้นมีสิทธิฟ้องคดีต่อศาลภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้ดำเนินการตามมาตรา ๒๒ วรรคสอง แล้วการฟ้องคดีต่อศาลตามวรรคหนึ่งไม่เป็นเหตุให้การครอบครองหรือใช้อสังหาริมทรัพย์ หรือการดำเนินการใดๆ ของพนักงานเจ้าหน้าที่ตามมาตรา ๑๖ หรือมาตรา ๑๙ ต้องสะดุดหยุดลง ในกรณีที่ศาลวินิจฉัยให้ชำระเงินค่าทดแทนเพิ่มขึ้น ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินได้รับดอกเบี้ยในอัตราสูงสุดของดอกเบี้ยเงินฝากประเภทประจำของธนาคารออมสินในจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ นับแต่วันที่ต้องมีการจ่าย วาง หรือฝากเงินค่าทดแทนนั้น ในกรณีเจ้าของหรือผู้ครอบครองทรัพย์สินหรือผู้ทรงสิทธิอื่นยินยอมตกลงและได้รับเงินค่าทดแทนไปแล้ว หรือมิได้ฟ้องคดีเรียกเงินค่าทดแทนต่อศาลภายในระยะเวลาตามวรรคหนึ่ง หรือได้แจ้งเป็นหนังสือสละสิทธิไม่รับเงินทดแทนดังกล่าว ผู้ใดจะเรียกรองเงินค่าทดแทนนั้นอีกไม่ได้

มาตรา ๒๔ การกำหนดพลังงานประเภทใด ขนาดและวิธีการผลิต หรือการใช้อย่างใดให้เป็นพลังงานควบคุม ให้ตราเป็นพระราชกฤษฎีกา

มาตรา ๒๕ ห้ามมิให้ผู้ใดผลิต หรือขยายการผลิตพลังงานควบคุม เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การขอรับใบอนุญาตและการออกใบอนุญาตให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง การผลิตพลังงานควบคุมใดซึ่งจะต้องได้รับอนุญาตหรือรับสัมปทานตามกฎหมายอื่น จะต้องได้รับอนุญาตหรือรับสัมปทานตามกฎหมายนั้นด้วย

มาตรา ๒๖ การกำหนดหลักเกณฑ์ในกฎกระทรวงตามมาตรา ๒๕ ให้คำนึงถึงกรณี ดังต่อไปนี้ด้วย

(๑) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ

(๒) อันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการผลิตหรือการขยายการผลิตพลังงาน

(๓) การใช้วัตถุดิบหรือวัตถุธรรมชาติตามหลักวิชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๒๗ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานพิจารณาการขอรับใบอนุญาตตามมาตรา ๒๕ ให้เสร็จภายในหนึ่งร้อยยี่สิบวันนับแต่วันที่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้รับคำขอที่มีรายละเอียดถูกต้องและครบถ้วนตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ในการอนุญาตดังกล่าว กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานอาจกำหนดเงื่อนไข ดังต่อไปนี้ได้

(๑) อัตราค่าตอบแทนอย่างสูงที่จะพึงเรียกจากผู้ใช้พลังงานควบคุมให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์และเงื่อนไขของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

(๒) การกำหนดเขตการจ่ายพลังงาน และขนาดของเครื่องจักรที่จะติดตั้งเพื่อทำการผลิต

(๓) การดำเนินการให้ถูกต้องตามหลักวิชา เช่น การวางสาย การป้องกันอัคคีภัย การป้องกันความเสียหายของเครื่องจักร การป้องกันอันตราย หรือการกำหนดประเภทหรือวิธีการใช้วัตถุดิบหรือวัตถุธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตพลังงานควบคุม

มาตรา ๒๘ ในกรณีที่อาจเกิดการขาดแคลนพลังงานควบคุมเป็นครั้งคราว หรือกรณีจำเป็นอย่างอื่นเพื่อประโยชน์ในทางเศรษฐกิจของประเทศ อธิบดีมีอำนาจออกคำสั่งเป็นหนังสือให้ผู้ผลิตพลังงานควบคุมปฏิบัติดังต่อไปนี้

(๑) ลดหรือเพิ่มการผลิต การจำหน่าย หรือการใช้พลังงานควบคุม

(๒) เปลี่ยนประเภทของวัตถุดิบหรือวัตถุธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตพลังงานควบคุม

(๓) เปลี่ยนแปลงอัตราค่าตอบแทนอย่างสูงที่จะถึงเรียกจากผู้ใช้พลังงานควบคุม

มาตรา ๒๙ เพื่อประโยชน์แก่การระงับหรือป้องกันอันตรายที่อาจมีแก่บุคคล หรือทรัพย์สินหรืออนามัยของประชาชน หรือความมั่นคงของประเทศ อธิบดีมีอำนาจออกคำสั่งเป็นหนังสือให้ผู้ผลิตพลังงานควบคุมปฏิบัติดังต่อไปนี้

(๑) เปลี่ยนแปลง ซ่อมแซม หรือบูรณะอาคาร เครื่องจักร เครื่องอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือเครื่องใช้

(๒) จัดหา หรือสร้างสิ่งใดๆ ซึ่งจะขจัดหรือป้องกันอันตราย

(๓) งดการผลิต การส่ง การใช้ หรือการจำหน่ายพลังงานควบคุมเป็นการชั่วคราวจนกว่าจะได้ปฏิบัติตามคำสั่ง ตาม (๑) หรือ (๒)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๓๐ ในการใช้อำนาจตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ ให้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะเพิ่มขึ้น หรือความสามารถในการจัดหาทุนของผู้ผลิตพลังงานควบคุมด้วย

มาตรา ๓๑ ผู้ที่ไม่ได้รับใบอนุญาตตามมาตรา ๒๕ หรือได้รับอนุญาตโดยมีเงื่อนไขตามมาตรา ๒๗ หรือผู้ที่ได้รับคำสั่งตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ หากไม่เห็นชอบด้วยกับการไม่อนุญาต เงื่อนไข หรือคำสั่งดังกล่าวนั้น มีสิทธิอุทธรณ์ต่อรัฐมันตรีภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ทราบว่าไม่ได้รับใบอนุญาต หรือได้รับใบอนุญาตโดยมีเงื่อนไข หรือได้รับคำสั่งนั้น ให้รัฐมนตรีวินิจฉัยอุทธรณ์ให้เสร็จภายในสามสิบวันนับแต่วันที่ได้รับอุทธรณ์ ถ้าผู้อุทธรณ์ไม่เห็นด้วยกับคำวินิจฉัยอุทธรณ์ ให้เสนอคดีต่อศาลภายในสี่สิบห้าวันนับแต่วันที่ได้รับแจ้งคำวินิจฉัยอุทธรณ์

มาตรา ๓๒ ห้ามมิให้บุคคลใดกระทำการใดๆ อันเป็นการขัดขวางต่อการผลิตพลังงานควบคุมหรือทำให้การผลิตพลังงานควบคุมลดน้อยลงโดยไม่มีเหตุอันควร

มาตรา ๓๓ ผู้ใดขัดขวางหรือไม่อำนวยความสะดวกตามสมควรแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติการตามมาตรา ๑๑ มาตรา ๑๔ มาตรา ๑๖ มาตรา ๑๗ มาตรา ๑๙ หรือ มาตรา ๒๙ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งเดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๓๔ ผู้ใดฝ่าฝืนมาตรา ๒๕ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินสองปี หรือปรับไม่เกินสองหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๓๕ ผู้ใดไม่ปฏิบัติตามคำสั่งของอธิบดีที่สั่งตามมาตรา ๒๘ หรือมาตรา ๒๙ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๓๖ ผู้ใดฝ่าฝืนมาตรา ๓๒ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

มาตรา ๓๗ ในการดำเนินคดีตามพระราชบัญญัตินี้ ให้พนักงานอัยการมีอำนาจร้องขอต่อศาลให้สั่งให้ผู้กระทำผิดปฏิบัติการให้เป็นไปตามหน้าที่ที่มีอยู่ตามพระราชบัญญัตินี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรา ๓๘ การใดที่เป็นอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการการพลังงานแห่งชาติ และได้มีการดำเนินการตามอำนาจหน้าที่นั้นไปแล้วตามพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๔๘๖ ก่อนวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ แต่การดำเนินการนั้นไม่ถึงที่สุด หรือมีข้อผูกพันที่จะต้องดำเนินการต่อไป ให้รัฐมนตรีมีอำนาจพิจารณาสั่งการแทนคณะกรรมการพลังงานแห่งชาติ

มาตรา ๓๙ บรรดาพระราชกฤษฎีกา กฎกระทรวง หรือคำสั่งที่ออกตามพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๔๘๖ ที่ใช้บังคับอยู่ก่อนหรือในวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ ให้ยังคงใช้บังคับได้ต่อไปเพียงเท่าที่ไม่ขัดหรือแย้งกับพระราชบัญญัตินี้จนกว่าจะมีพระราชกฤษฎีกา กฎกระทรวง ระเบียบ หรือคำสั่ง ตามพระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ แต่ต้องไม่เกินหนึ่งปีนับแต่วันพระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ

มาตรา ๔๐ บรรดาการอนุญาต หรือใบอนุญาตที่ออกให้ตามพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๔๘๖ อยู่ก่อนหรือในวันที่พระราชบัญญัตินี้ใช้บังคับ ให้ยังมีผลใช้บังคับต่อไป จนกว่าจะสิ้นอายุการอนุญาตหรือใบอนุญาตนั้น

มาตรา ๔๑ ให้รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงานรักษาการตามพระราชบัญญัตินี้ และให้อำนาจออกกฎกระทรวงหรือกำหนดกิจการอื่นเพื่อปฏิบัติการตามพระราชบัญญัตินี้กฎกระทรวงนั้น เมื่อได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาแล้ว ให้ใช้บังคับได้

ผู้รับสนองพระบรมราชโองการ

อานันท์ ปันยารชุน

นายกรัฐมนตรี

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๐๙ ตอน ๙ วันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๓๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ :- เหตุผลในการประกาศใช้พระราชบัญญัตินี้ คือ โดยที่ได้มีการจัดตั้งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติขึ้นเป็นส่วนราชการระดับกรมในสำนักนายกรัฐมนตรีเพื่อทำหน้าที่เกี่ยวกับการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศ ในการนี้สมควรปรับปรุงพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๕๖ เพื่อให้สอดคล้องกัน โดยเปลี่ยนให้สำนักงานพลังงานแห่งชาติเป็นกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และกำหนดอำนาจหน้าที่ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานให้รับผิดชอบเฉพาะในด้านการค้นคว้า พัฒนา กำกับดูแลและปฏิบัติการเกี่ยวกับการผลิต การส่งและการจำหน่ายพลังงาน จึงจำเป็นต้องตราพระราชบัญญัติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการสำรวจหาปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านผนังและหลังคาอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการสำรวจหาปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านผนังและหลังคาอาคาร [9]

ในการสำรวจทางด้านความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาในอาคารของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมนั้น อาคารที่เข้าทำการสำรวจซึ่งเป็นอาคารหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีจำนวนทั้งหมด 2 อาคาร ดังนี้

ก. อาคารสำนักงาน

เป็นอาคารที่ทำการทางด้านการเงิน ห้องประชุม และอื่น ๆ ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ลักษณะผนังอาคารด้านนอกในส่วนที่เป็นผนังทึบประกอบด้วยผนังอิฐบล๊อก คานและเสาคอนกรีต ในส่วนของผนังโปร่งแสง ประกอบด้วยกระจกชันเดียวชนิดกระจกสีชาขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างเท่ากับ 0.69 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารมีค่าเฉลี่ย 42.58 วัตต์/ตารางเมตร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง 55 วัตต์/ตารางเมตร แล้ว มีค่าผ่านมาตรฐานจึงไม่ต้องปรับปรุงส่วนนี้ ลักษณะของหลังคาอาคารเป็นกระเบื้องลอนมีแผ่นยิปซัมอีกชั้น เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารมีค่า 22.06 วัตต์/ตารางเมตร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง 25.0 วัตต์/ตารางเมตร แล้วมีค่าผ่านมาตรฐานจึงไม่ต้องปรับปรุงส่วนนี้ สรุปได้ดังตารางที่ ค.1 (รายละเอียดข้อมูลในตารางที่ ค.2)

ข. อาคารโรงไฟฟ้า

เป็นอาคารควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ลักษณะผนังอาคารด้านนอก ส่วนที่เป็นผนังทึบประกอบด้วยผนังคอนกรีตฉาบปูน คานและเสาคอนกรีต ในส่วนของผนังโปร่งแสงประกอบด้วยกระจกชั้นเดียว ชนิดกระจกสีชา มีความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างเท่ากับ 0.64 เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารโรงไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 20.70 วัตต์/ตารางเมตร เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง 55 วัตต์/ตารางเมตรแล้ว มีค่าผ่านมาตรฐานจึงไม่ต้องปรับปรุงส่วนนี้ ลักษณะของหลังคาอาคารเป็นคอนกรีตมีแผ่นยางกันซึมกันความร้อนด้านนอก เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหลังคามีค่า 24.89 วัตต์/ตารางเมตรเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง 25.0 วัตต์/ตารางเมตรแล้ว มีค่าผ่านมาตรฐานจึงไม่ต้องปรับปรุงส่วนนี้ สรุปได้ดังตารางที่ ค.1 (รายละเอียดข้อมูลในตารางที่ ค.3)

ตารางที่ ค.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาของอาคารสำนักงานและอาคารโรงไฟฟ้า [9]

ทิศ	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (วัตต์/ตารางเมตร)	ค่า การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (วัตต์/ตารางเมตร)
อาคารสำนักงาน		
เหนือ	36.11	-
ใต้	48.07	22.058
ตะวันออก	43.14	-
ตะวันตก	43.098	-
ค่าเฉลี่ย	**42.58**	**22.058**
อาคารโรงไฟฟ้า		
เหนือ	20.58	-
ใต้	16.74	24.89
ตะวันออก	34.05	-
ตะวันตก	26.34	-
ค่าเฉลี่ย	**20.70**	**24.89**

หมายเหตุ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ตรวจวัดเฉพาะหลังคา ซึ่งเป็นทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา อาคารสำนักงาน [9]

Orient North

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
North-001	3.51	3.42	10.00	-	-	-	-	-	120.20
North-002	11.53	2.40	10.00	-	-	-	-	-	276.50
North-003	42.37	2.17	15.00	-	-	-	-	-	1,378.53
North-004	28.08	1.33	10.00	-	-	-	-	-	373.40
North-005	6.97	2.63	15.00	-	-	-	-	-	274.41
North-006	-	-	-	9.18	5.92	5.00	112.00	0.61	899.91
North-007	-	-	-	5.61	5.92	5.00	112.00	0.61	549.95

OTTV on this facade of the Building = 36.1120 W/sqm

Orient West

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
West-001	3.90	3.42	12.00	-	-	-	-	-	160.27
West-002	11.18	2.40	10.00	-	-	-	-	-	268.11
West-003	66.63	2.17	15.00	-	-	-	-	-	2,233.08
West-004	4.92	1.79	15.00	-	-	-	-	-	131.78
West-005	1.89	1.79	15.00	-	-	-	-	-	50.36
West-006	-	-	-	6.48	5.92	5.00	164.80	0.41	632.08
West-007	-	-	-	3.96	5.92	5.00	164.80	0.41	386.27
West-008	-	-	-	3.02	5.92	5.00	164.80	0.41	294.58
West-009	-	-	-	5.94	5.92	5.00	164.80	0.41	579.41

OTTV on this facade of the Building = 43.0892 W/sqm

Orient East

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
East-001	3.12	3.42	10.00	-	-	-	-	-	106.85
East-002	11.18	2.40	10.00	-	-	-	-	-	268.11
East-003	66.23	2.17	15.00	-	-	-	-	-	2,154.99
East-004	5.74	2.63	15.00	-	-	-	-	-	225.99
East-005	0.47	2.63	18.00	-	-	-	-	-	22.20
East-006	-	-	-	7.56	5.92	5.00	179.20	0.38	733.24
East-007	-	-	-	4.62	5.92	5.00	179.20	0.38	448.08
East-008	-	-	-	3.02	5.92	5.00	179.20	0.38	292.91
East-009	-	-	-	2.97	5.92	5.00	179.20	0.35	273.55

OTTV on this facade of the Building = 43.1409 W/sqm

Orient South

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
South-001	3.12	3.17	10.00	-	-	-	-	-	99.05
South-002	11.53	2.40	10.00	-	-	-	-	-	276.50
South-003	60.45	2.17	15.00	-	-	-	-	-	1,966.92
South-004	6.15	2.63	15.00	-	-	-	-	-	242.13
South-005	3.76	3.17	15.00	-	-	-	-	-	179.05
South-006	-	-	-	8.10	5.92	5.00	177.60	0.38	785.49
South-007	-	-	-	4.95	5.92	5.00	177.60	0.36	465.52
South-008	-	-	-	7.36	5.88	5.00	177.60	0.64	1,053.04

OTTV on this facade of the Building = 48.0715 W/sqm

OTTV of this Building = *42.5801 W/sqm*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา อาคารสำนักงาน (ต่อ)

Orient South

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
South-001	875.53	0.92	24.00	-	-	-	-	-	19,313.16

RTTV on this facade of the Building = 22.0588 W/sqm

RTTV of this building = 22.0588 *W/sqm*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารสำนักงาน (ต่อ)

ข้อมูล OTTV อาคาร

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี	จำนวนชั้นและชนิดของผนัง													พื้นที่/หน่วย
			ภายนอก	ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)		(m^2)
North-001	เสากอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	9	ขาว	sand/cement	10	concrete	130	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-		0.39
North-002	กำแพกอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	310	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-		11.51
North-003	ผนังอิฐมอญก่อก	1	ขาว	Block	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		42.17
North-004	ผนังอิฐมอญก่อก	1	ขาว	concrete	150	ceramic	5	air gap	4900	ceramic	5	Sand/cement	10	Block	90		28.08
North-005	กรอบหน้าต่าง	17	ขาว	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0.41

CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี	ขนาดของกระจก			พื้นที่/หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
			กระจก	กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
North-006	กระจกหน้าต่าง	17	ชา	600	900	5.0	0.54	3000	10400	90	25	-	-	-	-	
North-007	กระจกหน้าต่าง	17	ชา	600	550	5.0	0.33	3000	10400	90	25	-	-	-	-	

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี	จำนวนชั้นและชนิดของผนัง												พื้นที่/หน่วย
			ภายนอก	ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)	(m^2)
West-001	เสากอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	10	ขาว	sand/cement	10	concrete	130	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	0.39
West-002	กำแพกอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	310	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	11.18
West-003	ผนังอิฐมอญก่อก	1	ขาว	Block	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.63
West-004	กรอบหน้าต่าง	12	ขาว	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.41
West-005	กรอบหน้าต่าง	4	ดำ	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47

CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี	ขนาดของกระจก			พื้นที่/หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
			กระจก	กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
West-006	กระจกหน้าต่าง	12	ชา	600	900	5.0	0.540	3000	10400	90	25	-	-	-	-	
West-007	กระจกหน้าต่าง	12	ชา	600	550	5.0	0.330	3000	10400	90	25	-	-	-	-	
West-008	กระจกหน้าต่าง	2	ชา	1200	1260	5.0	1.510	3400	6300	180	25	-	-	-	-	
West-007	กระจกหน้าต่าง	2	ชา	2360	1260	5.0	2.970	3400	6300	180	25	-	-	-	-	

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารสำนักงาน (ต่อ)

ข้อมูล OTTV อาคาร

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง														พื้นที่ / หน่วย
			ภายนอก	ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)			(m^2)
East-001	เสาคอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	8	ขาว	sand/cement	10	concrete	130	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-			0.39
East-002	กานคอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	310	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-			11.18
East-003	ผนังอิฐบล็อก	1	ขาว	Block	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			66.23
East-004	กรอบหน้าต่าง	14	ขาว	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			0.41
East-005	กรอบหน้าต่าง	3	ดำ	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			0.47
CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี	ขนาดของกระจก			พื้นที่ / หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)						
			กระจก	กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2			
East-006	กระจกหน้าต่าง	14	ชา	600	900	5.0	0.54	3000	10400	90	25	-	-	-	-			
East-007	กระจกหน้าต่าง	14	ชา	600	550	5.0	0.33	3000	10400	90	25	-	-	-	-			
East-008	กระจกหน้าต่าง	2	ชา	1200	1260	5.0	1.51	3400	6300	180	25	-	-	-	-			
East-009	กระจกหน้าต่าง	1	ชา	2360	1260	5.0	2.97	3400	6300	180	25	-	-	-	-			

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง														พื้นที่ / หน่วย
			ภายนอก	ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)			(m^2)
South-001	เสาคอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	8	ขาว	sand/cement	10	concrete	130	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-			0.39
South-002	กานคอนกรีตฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	130	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-			11.53
South-003	ผนังอิฐบล็อก	1	ขาว	Block	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			60.45
South-004	กรอบหน้าต่าง	15	ขาว	hard wood	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			0.41
South-005	กรอบหน้าต่าง	8	ขาว	Aluminium	1	air gap	43	Aluminium	1	sand/cement	10	-	-	-	-			0.47
CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี	ขนาดของกระจก			พื้นที่ / หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)						
			กระจก	กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2			
South-006	กระจกหน้าต่าง	15	ชา	600	900	5	0.54	3000	10400	90	25	-	-	-	-			
South-007	กระจกหน้าต่าง	15	ชา	600	550	5	0.33	3000	10400	90	25	-	-	-	-			
South-008	กระจกหน้าต่าง	8	ชา	850	1080	6	0.92	-	-	-	-	-	-	-	-			

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารสำนักงาน (ต่อ)

ข้อมูล RTTV อาคารสำนักงานโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

CODE	ลักษณะหลังคา ทิศแสง	จำนวน	สี วัสดุ	จำนวนชั้นและชนิดของวัสดุหลังคา													พื้นที่ หน่วย (ตร.ม.)
				วัสดุชั้นที่ 1	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 2	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 3	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 4	หนา(mm	วัสดุชั้นที่ 5	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 6	หนา(mm)		
South-001	กระเบื้องลอน	1	ขาว	Tile roof	5	air gap	1500	gypsum	10	-	-	-	-	-	-		875.53

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารโรงไฟฟ้า [9]

Orient North

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
North-001	1,395.00	2.08	10.00	-	-	-	-	-	28,941.91
North-002	142.80	1.17	10.00	-	-	-	-	-	1,678.03
North-003	11.75	2.32	10.00	-	-	-	-	-	272.62
North-004	3.52	3.09	18.00	-	-	-	-	-	195.55
North-005	-	-	-	10.88	5.88	5.00	112.00	0.64	1,099.87

OTTV on this facade of the Building = 20.5812 W/sqm

Orient West

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
West-001	234.00	1.54	10.00	-	-	-	-	-	3,600.00
West-002	36.00	6.10	16.00	-	-	-	-	-	3,512.20

OTTV on this facade of the Building = 26.3415 W/sqm

Orient East

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
East-001	352.00	2.25	10.00	-	-	-	-	-	7,910.11
East-002	2.16	5.38	18.00	-	-	-	-	-	209.03
East-003	3.36	3.09	18.00	-	-	-	-	-	186.67
East-004	4.14	3.10	18.00	-	-	-	-	-	230.71
East-005	-	-	-	8.46	5.88	5.00	179.20	0.44	914.72
East-006	-	-	-	18.00	5.88	5.00	179.20	0.48	2,078.33
East-007	-	-	-	11.50	5.88	5.00	179.20	0.45	1,268.66
East-008	-	-	-	9.20	5.88	5.00	179.20	0.52	1,121.54

OTTV on this facade of the Building = 34.0470 W/sqm

Orient South

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
South-001	1,702.00	1.67	10.00	-	-	-	-	-	28,414.02
South-002	11.75	2.32	10.00	-	-	-	-	-	272.62

OTTV on this facade of the Building = 16.7391 W/sqm

OTTV of this Building = 20.7016 W/sqm

Orient South

Code	Aw	Uw	TDeq	Af	Uf	TDiff	Sf	Sc	Q
South-001	39.5	1.78	16.00	-	-	-	-	-	1,122.56
South-002	1,548.70	1.55	16.00	-	-	-	-	-	38,417.36

RTTV on this facade of the Building = 24.8960 W/sqm

RTTV of this building = 24.8960 W/sqm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารโรงไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อมูล OTTV อาคาร

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี ภายนอก	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง												พื้นที่ / หน่วย (m^2)
				ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)	
North-001	ผนังกอนกรีดกามปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	330	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	11.75
North-002	ผนังกอนกรีดกามปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	30	concrete	350	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	1,395.50
North-003	ผนังกอนกรีดกามปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	350	sand/cement	10	air gap	4800	concrete	350	-	-	142.87
North-004	กรอบหน้าต่าง	16	ชา	Aluminium	1	Air gap	98	Aluminium	1	-	-	-	-	-	-	0.22
CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี กระจก	ขนาดของกระจก			พื้นที่/ หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
				กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
North-005	กระจกหน้าต่าง	16	ชา	400	1700	6.0	0.680	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี ภายนอก	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง												พื้นที่ / หน่วย (m^2)
				ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)	
West-001	ผนังกอนกรีดกามปูน2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	30	concrete	350	sand/cement	10	air gap	87000	glass sheet	8	-	-	234.00
West-002	ผนังกอนกรีดกามปูน 2 ด้าน	1	ขาว	steel sheet	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.00
CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี กระจก	ขนาดของกระจก			พื้นที่/ หน่วย	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
				กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)	(m^2)	WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
West-003	กระจกหน้าต่าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาอาคารโรงไฟฟ้า (ต่อ)

ข้อมูล OTTV อาคาร

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี ภายนอก	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง												ที่แห่ / หน่วย (m^2)
				ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)	
East-001	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	350	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	352.07
East-002	กรอบหน้าต่าง	8	ขาว	Aluminium	1	air gap	98	Aluminium	1	-	-	-	-	-	-	0.27
East-003	กรอบหน้าต่าง	12	ขาว	Aluminium	1	air gap	98	Aluminium	1	-	-	-	-	-	-	0.28
East-004	กรอบประตู	18	ขาว	Aluminium	2	air gap	96	Aluminium	2	-	-	-	-	-	-	0.23

CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี กระจก	ขนาดของกระจก			ที่แห่ / หน่วย (m^2)	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
				กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)		WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
East-005	กระจกหน้าต่าง	8	ขาว	920	1150	6.0	1.06	1500	4000	250	0	-	-	-	-	
East-006	กระจกหน้าต่าง	12	ขาว	750	2000	6.0	1.50	1500	4000	250	0	-	-	-	-	
East-007	กระจกประตู	10	ขาว	830	1380	6.0	1.15	1500	4000	250	0	-	-	-	-	
East-008	กระจกหน้าต่าง	8	ขาว	830	1380	6.0	1.15	1500	4700	900	0	-	-	-	-	

BUILDING NAME อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

ข้อมูล OTTV อาคาร

CODE	ลักษณะผนังทึบ	จำนวน	สี ภายนอก	จำนวนชั้น และ ชนิดของผนัง												ที่แห่ / หน่วย (m^2)
				ผนังชั้นที่ 1	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 2	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 3	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 4	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 5	หนา(mm)	ผนังชั้นที่ 6	หนา(mm)	
South-001	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	330	sand/cement	10	air gap	18000	glass sheet	8	-	-	1,702.50
South-002	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ด้าน	1	ขาว	sand/cement	10	concrete	330	sand/cement	10	-	-	-	-	-	-	11.75

CODE	ลักษณะผนังโปร่งแสง	จำนวน	สี กระจก	ขนาดของกระจก			ที่แห่ / หน่วย (m^2)	Overhang (mm)				Overhang & Fin (mm)				
				กว้าง (mm)	สูง (mm)	หนา (mm)		WO	LO	D1	f1	WF	LF	D2	f2	
South-003	กระจกหน้าต่าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

ข้อมูล RTTV อาคารโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

CODE	ลักษณะหลังคาทึบแสง	จำนวน	สี วัสดุ	จำนวนชั้น และ ชนิดของวัสดุหลังคา												ที่แห่ / หน่วย (m^2)
				วัสดุชั้นที่ 1	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 2	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 3	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 4	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 5	หนา(mm)	วัสดุชั้นที่ 6	หนา(mm)	
South-001	กระเบื้องดินเผา	1	ขาว	rubber	10	sand/cement	10	concrete	140	sand/cement	10	hard wood	30	-	-	39.5
South-002	ดอมกรีต	1	ขาว	rubber	10	sand/cement	10	concrete	140	sand/cement	10	air gap	2800	concrete	160	1,548.75

ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้โคมประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้โคมประสิทธิภาพสูง

จากการสำรวจพื้นที่ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม โดยทั่วไปได้มีการใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงในอาคารสำนักงานและอาคารของโรงไฟฟ้าบางส่วนแล้ว แต่สภาพโคมสกปรกและมีการใช้โคมแบบโคมโรงงาน ติดลอย/เปลือย และบัลลาสต์ที่ใช้เป็นขดลวดแบบธรรมดา เมื่อใช้โคมประสิทธิภาพสูงจะให้แสงสว่างเพิ่มขึ้น จึงสามารถลดจำนวนหลอดลงได้

วิธีการคำนวณ

1) โคม ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 129 โคม

โดยที่ ค่าความสูญเสีย 10 วัตต์ ทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน และทำงาน 250 วัน/ปี อัตราค่าไฟฟ้า 1.556 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = [(36 + 10) x 129 x 8 x250]/1000

= 11,868 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 11,868 x 1.556

= 18,466.61 บาท/ปี

2) โคม ขนาด 2 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดทีบาร์/ฝังฝ้า/หน้าตะแกรง จำนวน 2 โคม

โดยที่ ค่าความสูญเสีย 10 วัตต์ ทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน และทำงาน 250 วัน/ปี อัตราค่าไฟฟ้า 1.556 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = [(36 + 10) x (2 x 2) x 8 x250]/1000

= 368 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 368 x 1.556

= 572.61 บาท/ปี

3) โคม ขนาด 1 x 36 วัตต์ กว้าง 30 เซนติเมตร ชนิดลอยติดเพดาน/หน้าตะแกรง จำนวน 41 โคม (แบ่งการคำนวณเป็น 3 ชุด เนื่องจากชั่วโมงใช้งานไม่เท่ากัน)

ค่าความสูญเสีย 10 วัตต์ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

- การทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน 250 วัน/ปี
- การทำงาน 16 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี
- การทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = {[(36 + 10) x 30 x 8 x250] +

[(36 + 10) x 6 x 16 x365] +

[(36 + 10) x 5 x 24 x365]} /1000

= 18,622.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 18,622.64 x 1.556

= 28,976.83 บาท/ปี

<u>หมายเหตุ</u> ตัวคูณตัวแรก หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (ค่าความสูญเสีย 10 วัตต์)

ตัวคูณตัวที่สอง หมายถึง จำนวนโคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

ตัวคูณตัวที่สาม หมายถึง จำนวนชั่วโมงการทำงาน/วัน

ตัวคูณตัวที่สี่ หมายถึง จำนวนวันการทำงาน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 สรุปพื้นที่ใช้งานส่วนต่าง ๆ ในระบบแสงสว่างของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9]

1.โรงไฟฟ้า		
ชั้น	LOCATION	AREA (m^2)
1	Turbine Floor	1,696.25
2	Generater Floor	1,696.25
3	Operating Floor	1,628.50
4	General Office & Switchgear Floor	1,997.70
5	Control Room Floor Gate Handlsing Dick	1,944.14
6	Common Service Room Floor	1,986.19
7	Communication Room Floor	1,960.73
8	Air Conditsoning & Water Treatment	1,448.62
รวม พ.ท. โรงไฟฟ้า		14,358.38

2.อาคาร ท.001 (สำนักงาน)	839.54
3.อาคาร ท.002	372.36
4.อาคาร ท.003 (แผนกบำรุงรักษาเขื่อนเขาแหลม)	218.14
5.อาคาร ท.009 (แผนกบำรุงรักษาอาคาร)	462.80
6.อาคาร ประชาสัมพันธ์	82.50
7.อาคาร ท.008 (แผนกบำรุงรักษาทั่วไป)	585.00
8. อาคาร ท.010	1,077.40
9.อาคาร ท.201 (สถานพยาบาล)	348.38
10. อาคาร ต.301 (สโมสร)/โรงยิม	1,388.00
11.อาคาร สหกรณ์	125.00
รวม	5,499.12
พ.ท.รวม ทั้งหมด	19,857.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของระบบแสงสว่าง [9]

LAMP		FIXTURE												BALLAST	
TYPE		SIZE			MOUNTING		CEILING		COVER		REFLECTION				
SYMBOL	DEF^N	SYMBOL	DEF^N	SIZE	SYMBOL	DEF^N	SYMBOL	DEF^N	SYMBOL	DEF^N	SYMBOL	DEF^N		SYMBOL	DEF^N
F	Fluorescent-Preheat	—	1 x 18	10 x 60	—	Surface	T	T-Bar	O	Opal	-	Non Reflect		MB	Magnetic
F-RS	Fluorescent-Rapid Start	▭	2 x 18	20 x 60	⊥⊥	Hanging	W	Wood	L	Louver	R	Reflect		EL	Electronic
		▭	3 x 18	60 x 60	⊢⊣	Recess	CC	Concrete	P	Prismatic					
		▭	4 x 18	60 x 60			G	Gypsum	C	Clear					
		—	1 x 36	10 x 120					-	Bare					
		▭	2 x 36	20 x 120											
		▭	3 x 36	30 x 120											
		▭	4 x 36	40 x 120											
		▭	1 x 32	40 x 40											
		⊢	1 x 18	10 x 60											
		▭	4 x 18	10 x 60											
		⊢⊣	1 x 36	60 x 120											
		▭	2 x 36	60 x 120											
		▭	3 x 36	60 x 120											
		▭	4 x 36	60 x 120											
I	Incandescent	⊕	Incan	ϕ 30	DL	Downlight									
C	Compact Fluorescent	○	Compact	ϕ 30	-	Surface									
HPL	Mercury				DV	Pendant Mounted									
HPL-N	High Pressure Mercury				FV	Stanchion Mounted									
SON	High Pressure Sodium				WM	Wall Mounted									
SOX	Low Pressure Sodium				FL	Floodlight									
MH	Metal Halide				HB	Highbay									
HI	Halogen				LB	LowBay									

ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง [9]

อาคาร ที่ทำการเขื่อนเขาแหลม(ท.001)

ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง			การใช้หลอดไฟฟ้าหลังปรับปรุง		โคมไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง				การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง					การใช้บัลลาสต์โลว์ลอส (ตัว)
		ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	จำนวน (หลอด)	
1	กยล-ท	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	4	1		L-R	4	4	4
2	ช.9	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
3	ทอล-ท	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
4	ห้องเก็บแบบ และพัสดุ	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
5	โถงใหญ่	F	36	36	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	18	1		L-R	18	18	18
6	หธล-ท	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
7	หธล-ท	F	36	26	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	13	1		L-R	13	13	13
8	วศ.11	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	4	1		L-R	4	4	4
9	โต๊ะทำงานชั่วคราว	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
10	ช.อบล-ป	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	4	1		L-R	4	4	4
11	ช.อบล-ท	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
12	อบต	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
13	ส่วนรับแขก	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
14	แผนกตรวจจ่าย	F	36	20	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	10	1		L-R	10	10	10
รวม				144						72				72	72	72

ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง (ต่อ)

อาคาร ที่ทำการเขื่อนเขาแหลม(ท.001)

ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง			การใช้หลอดไฟฟ้าหลังปรับปรุง		โคมไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง				การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง					การใช้บัลลาสต์ไลว์ลอส
		ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	จำนวน (หลอด)	(ตัว)
15	หตล-น	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
16	วศ.10	F	36	10	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	5	1	═	L-R	5	5	5
17	ห้องกาแฟ	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
18	ธุรการ การพนักงาน	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
19	เก็บเอกสารสำคัญ	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
20	ห้องคอมพิวเตอร์	F	36	10	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	5	1	═	L-R	5	5	5
21	หกล-น (การพนักงาน)	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
22	เก็บเอกสารสำคัญ	F	36	2	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	1	1	═	L-R	1	1	1
23	กกล-น	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	3	1	═	L-R	3	3	3
24	ช.กกล-น	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	2	1	═	L-R	2	2	2
25	ธุรการ กองกลาง	F	36	12	$F_{Super\ TLD}$	36	2	═	P	6	1	═	L-R	6	6	6
26																
27																
รวม				64						32				32	32	32
รวมทั้งสิ้น				208						104				104	104	104

ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง (ต่อ)

อาคาร ท.101(แผนกโรงงาน)/ท.009(บำรุงรักษาโรงงาน)

ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง			การใช้หลอดไฟฟ้าหลังปรับปรุง		โคมไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง				การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง					การใช้บัลลาสต์โลว์ลอส
		ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	จำนวน (หลอด)	(ตัว)
28	หัวหน้างาน 2	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	4	1	—	L-R	4	4	4
29	บริเวณ SHOP	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	2	1	—	L-R	2	2	2
30	สโตร์ชั้นล่าง	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	4	1	—	L-R	4	4	4
31	ธุรการ	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	4	1	—	L-R	4	4	4
32	ทางล-น	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	2	1	—	L-R	2	2	2
33																
34	ท.009(บำรุงรักษาโรงงาน)															
35	ห้องน้ำ ช	F	36	20	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	10	1	—	L-R	10	10	10
36	ห้องพักผู้คุมงาน	F	36	8	$F_{Super\ TLD}$	36	2	▭	-	4	1	—	L-R	4	4	4
37																
38																
39																
40																
41																
รวม				60						30				30	30	30

ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง (ต่อ)

อาคาร ที่ทำการเขื่อนเขาแหลม(ท.001)/สโมสร

ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง			การใช้หลอดไฟฟ้าหลังปรับปรุง		โคมไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง				การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง					การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
		ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	จำนวน (หลอด)	(ตัว)
42	ห้องเก็บแบบ และพัสดุ	F	36	4	F	36	4		P	1	2		L-R	1	2	2
43	ห้องถ่ายพิมพ์เขียว	F	36	4	F	36	4		P	1	2		L-R	1	2	2
44																
รวม				8						2				2	4	4
45	เค้าเตอร์สั่งอาหาร	F	36	12	F	36	2		O	6	1		L-R	6	6	6
46	ทางเดิน(ด้านหลัง)	F	36	10	F	36	2		O	5	1		L-R	5	5	5
รวม				22						11				11	11	11
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
รวม				30						13				13	15	15

ตารางที่ ง.3 รายการต่าง ๆ ของระบบแสงสว่างที่จะทำการปรับปรุง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง			การใช้หลอดไฟฟ้าหลังปรับปรุง		โคมไฟฟ้าที่มีก่อนปรับปรุง				การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง					การใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์
		ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดโคม	จำนวน (โคม)	จำนวน (หลอด)	(ตัว)
54	หกล-น	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
55	ธุรการ เดินเครื่อง	F	36	4	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	2	1		L-R	2	2	2
56	ช.10	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
57	วศ.9	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
58	กบล-น	F	36	12	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	6	1		L-R	6	6	6
59	กคล-น	F	36	12	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	6	1		L-R	6	6	6
60	ทางเดิน	F	36	6	$F_{Super\ TLD}$	36	2		P	3	1		L-R	3	3	3
61																
62																
63																
64																
65																
66																
67																
รวม				50						25				25	25	25

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง [9]

อาคาร ท.001 (ที่ทำการโรงไฟฟ้าเขื่อนเขาแหลม)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม(kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	1	กยล-น	F	36	4	4	T G	L-R	1	MB	494	214	617	316	410	184	8	537.280
	2	กย่ล-น	F	36	8	2	T G	P	4	MB	-	-	-	-	-	368	8	1074.560
	3	ช.9	F	36	4	4	T G	L-R	1	MB	459	530	478	482	487	184	8	537.280
	4	ช.9	F	36	2	2	T G	P	3	MB	-	-	-	-	-	92	8	268.640
	5	ทอล-น	F	36	4	4	T G	L-R	1	MB	667	870	302	400	560	184	8	537.280
	6	ทอล-น	F	36	2	2	T G	P	2	MB	-	-	-	-	-	92	8	268.640
	7	หบบล-น	F	36	4	4	T G	L-R	1	MB	484	612	319		472	184	8	537.280
	8	หบบล-น	F	36	2	2	T G	L-R	2	MB	-	-	-	-	-	92	8	268.640
	9	ห้องเก็บแบบ และพัสดุ	F	36	2	2	T G	P	2	MB	163	108	142	153	142	92	8	268.640
	10	ห้องเก็บแบบ และพัสดุ	F	36	4	4	T G	P	1	MB	-	-	-	-	-	184	8	537.280
	11	ห้องถ่ายพิมพ์เขียว	F	36	4	4	T G	P	1	MB	352	414	127	200	273	184	8	537.280
	12	โถงใหญ่	F	36	36	2	T G	P	18	MB	161	138	150	162	153	1656	8	4835.520
	13	แธล-น	F	36	4	2	T G	P	2	MB	262	354	362	292	318	184	8	537.280
	14	แธล-น	F	36	26	2	T G	P	13	MB	-	-	-	-	-	1196	8	3492.320
	15	ธุรการ ยชต.	F	36	8	4	T G	L-R	2	MB	710	702	694	690	699	368	8	1074.560

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.001

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	16	ธุรการ อบล.	F	18	1	1	T G	P	1	MB	-	-	-	-	-	28	8	81.760
	17	วศ.11	F	36	8	2	T G	P	4	MB	827	339	359	750	569	368	8	1074.560
	18	ห้องน้ำ (วศ.11)	F	18	1	1	T G	-	1	MB	154	120	-	-	137	28	1	10.220
	19	โต๊ะทำงานชั่วคราว	F	36	4	2	T G	P	2	MB	97	219	208	200	181	184	8	537.280
	20	ช.อบล-ป	F	36	8	2	T G	P	4	MB	256	283	349	320	302	368	8	1074. 60
	21	ห้องน้ำ(ช.อบล-ป)	F	18	1	1	T G	O	1	MB	145	135	-	-	140	28	1	10.220
	22	ช.อบล-ท	F	36	6	2	T G	P	3	MB	512	314	305	490	405	276	8	805.920
	23	ห้องน้ำ(ช.อบล-ท)	F	18	1	1	T G	-	1	MB	120	130	-	-	125	28	1	10.220
	24	อบล	F	36	6	2	T G	P	3	MB	300	250	262	340	288	276	8	805.920
	25	ห้องน้ำ (อบล)	F	20	1	1	T G	-	1	MB	265	221	-	-	243	30	1	10.950
	26	ส่วนรับแขก	F	36	4	2	T G	P	2	MB	97	109	-	-	103	184	8	537.280
	27	แผนกตรวจจ่าย	F	36	20	2	T G	P	10	MB	258	434	364	125	295	920	8	2686.400
	28	แผล-ท	F	36	4	2	T G	P	2	MB	362	406	-	-	384	184	8	537.280
	29	ห้องชุมสาย (ด้านใน)	F	36	2	1	—	-	2	MB	199	210	-	-	205	92	1	33,580
	30	ห้องชุมสาย (ด้านนอก)	F	36	4	2	T G	P	2	MB	199	210	-	-	205	184	1	67.160

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.001

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				หัวลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	31	วศ.10	F	36	10	2	T G	P	5	MB	147	156	168	207	170	460	8	1343.200
	32	วศ.11	F	36	1	1	—	-	1	MB	-	-	-	-	-	46	8	134.320
	33	ห้องน้ำ ช,ญ	F	36	2	1	—	O	2	MB	162	157	93	-	137	92	8	268.640
	34	ห้องสมุด	F	36	8	2	T G	L-R	4	MB	295	335	340	282	313	368	8	1074.560
	35	ห้องสมุด ด้านใน	F	36	8	2	T G	P	4	MB	230	245	-	-	238	368	1	134.320
	36	ห้องกาแฟ	F	36	6	2	T G	P	3	MB	148	101	-	-	125	276	8	805.920
	37	ธุรการ การพนักงาน	F	36	4	2	T G	P	2	MB	140	178	-	-	159	184	8	537.280
	38	เก็บเอกสารสำคัญ	F	36	4	2	T G	P	2	MB	108	95	-	-	102	184	8	537.280
	39	ห้องคอมพิวเตอร์	F	36	10	2	T G	P	5	MB	182	276	240	192	223	460	8	1343.200
	40	ผกล-น (การพนักงาน)	F	36	4	2	T G	P	2	MB	240	230	182	-	217	184	8	537.280
	41	เก็บเอกสารสำคัญ	F	36	2	2	T G	P	1	MB	278	225	-	-	252	92	8	268.640
	42	กกล-น	F	36	6	2	T G	P	3	MB	456	392	-	-	424	276	8	805.920
	43	ช.กกล-น	F	36	4	2	T G	P	2	MB	535	623	-	-	579	184	8	537.280
	44	ธุรการ กองกลาง	F	36	12	2	T G	P	6	MB	302	230	259	116	227	552	8	1611.840
	45	ห้องประชุม	F	40	20	2	T G	P	10	MB	192	307	269	116	221	1000	2	730.000

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.003 (แผนกโยธา)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝากรอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	46	ห้องคอมพิวเตอร์	F	36	6	1	—	-	6	MB	530	350	240	295	354	276	8	805.920
	47	ห้องเคลือบ-รมควัน	F	36	1	1	—	-	1	MB	200	210	-	-	205	46	1	16.790
	48	ห้องน้ำ	F	18	1	1	—	-	1	MB	120	134	-	-	127	28	1	10.220
	49	โถงทางเดิน	F	36	5	1	—	-	5	MB	265	240	230	-	245	230	8	671.600
	50	หมด-น	F	36	2	1	—	-	2	MB	223	350	223	-	265	92	8	268.640
	51	ห้องประชุม	F	36	3	1	—	-	3	MB	318	202	294	250	266	138	8	402.960
	52	ห้องผู้ปฏิบัติงาน	F	36	5	1	—	-	5	MB	276	405	263	398	336	230	8	671.600
	53	รอบนอกอาคาร	F	18	3	1	—	-	3	MB	-	-	-	-	-	84	12	367.920
	54																	
	55																	
	56																	
	57																	
	58																	
	59																	
	60																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.101 (แผนกโรงงาน)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				พัดลมเพดาน	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย	(วัตต์)		
1	61	หัวหน้างาน 1	F	36	2	2	T G	L-R	1	MB	659	422	506	610	549	92	8	268.640
	62	หัวหน้างาน 1	F	36	2	1	—	-	2	MB	-	-	-	-	-	92	8	268.640
	63	หัวหน้างาน 2	F	36	8	2	▭	O	4	MB	283	254	312	275	281	368	8	1074.560
	64	บริเวณ SHOP	F	36	4	2	▭	O	2	MB	279	246	302	281	277	184	8	537.280
	65	บริเวณ SHOP	F	36	1	1	—	-	1	MB	170	160	-	-	165	46	8	134.320
	66	บริเวณ SHOP	F	40	10	2	▭	R	5	MB	284	257	297	270	277	500	8	1460.000
	67	บริเวณ SHOP	HPL-N	500	1	1	HB	-	1	-	160	185	174	198	179	500	1	182.500
	68	สโตร์ชั้นล่าง	F	36	8	2	▭	O	4	MB	345	383	337	328	348	368	8	1074.560
	69	ส่วนต่อเติมด้านหลัง	HPL-N	160	6	1	DL	-	6	-	120	150	146	138	139	960	1	350.400
	70	ส่วนต่อเติมด้านหลัง	F	36	3	1	—	-	3	MB	245	267	290	284	272	138	1	50.370
	71	รอบอาคาร	F	36	8	1	—	R	8	MB	145	164	135	155	150	368	12	1611.840
	72	ไฟบริเวณ	F	36	4	2	FV	C	2	MB	-	-	-	-	-	184	12	805.920
2	73	ธุรการ	F	36	8	2	▭	O	4	MB	220	257	180	169	207	368	8	1074.560
	74	แผนก	F	36	4	2	▭	O	2	MB	507	394	-	-	451	184	8	537.280
	75	ห้องเก็บอะไหล่	F	36	3	1	—	-	3	MB	346	320	284	296	312	138	1	50.370

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.009 (บำรุงรักษาโรงงาน)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝากรอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	76	แผนกประปา	F	36	12	1	—	-	12	MB	234	275	314	297	280	552	8	1611.840
	77	ห้องน้ำ	F	36	1	1	—	-	1	MB	134	143	-	-	139	46	8	134.320
	78	ห้องพัก	F	36	1	1	—	-	1	MB	183	254	229	236	226	46	8	134.320
	79	ห้องน้ำ ช	F	36	4	2	▭	O	2	MB	183	254	229	249	229	184	8	537.280
	80	ห้องโถง	F	36	24	2	⊏⊐	R	12	MB	164	157	135	142	150	1104	1	402.960
	81	ห้องเก็บอุปกรณ์ ใหญ่	F	36	4	2	▭	-	2	MB	300	218	206	254	245	184	1	67.160
	82	ห้องเก็บอุปกรณ์ เล็ก	F	36	3	1	—	-	3	MB	184	195	224	193	199	138	1	50.370
	83	ห้องเก็บเครื่องมือ	F	18	1	1	—	-	1	MB	65	58	92	84	74.8	28	1	10.220
	84	ห้องผู้คุมงาน	F	36	4	1	—	-	4	MB	323	470	503	450	437	184	8	537.280
	85	ห้องพักผู้คุมงาน	F	36	8	2	▭	O	4	MB	423	480	518	560	495	368	8	1074.560
	86	ห้องน้ำ	F	36	1	1	—	-	1	MB	282	372	548	464	417	46	1	16.790
	87	รถบยาคาร	F	36	6	1	—	-	6	MB	154	136	144	128	141	276	12	1208.880
	88																	
	89																	
	90																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ประชาสัมพันธ์

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	91	โถงทางเดิน	F	36	20	2		L-R	10	MB	549	553	632	545	570	920	8	2686.400
	92	ห้องคอมพิวเตอร์	F	36	4	2		L-R	2	MB	333	311	397	424	366.3	184	8	537.280
	93	หปล-น	F	36	4	2		L-R	2	MB	431	518	458	473	470.0	184	8	537.280
	94	เก็บของ	F	18	2	2		L-R	1	MB	216	190	225	185	204.0	56	1	20.440
	95	ห้องครัว	F	18	2	2		L-R	1	MB	182	197	109	154	160.5	56	1	20.440
	96	ห้องน้ำชาย	F	18	4	2		L-R	2	MB	97	85	109	91	95.5	112	1	40.880
	97	ห้องน้ำหญิง	F	18	4	2		L-R	2	MB	115	102	93	108	104.5	112	1	40.880
	98																	
	99																	
	100																	
	101																	
	102																	
	103																	
	104																	
	105																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.002 (ควบบคุมความปลอดภัย)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				พัดลมเพดาน	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	106	ควบคุมความปลอดภัย	F	36	6	1	G	-	6	MB	242	283	224	267	254	276	8	805.92
	107	หลล-ม	F	36	2	1	G	-	2	MB	202	194	181	176	188.3	92	8	268.64
	108	เก็บของ	F	36	2	1	G	-	2	EL	207	190	183	213	198.3	92	1	33.58
	109	บรรยาย	F	36	36	2	G	O	18	MB	250	327	273	242	273	1656	2	1208.88
	110	ห้องควบคุม	F	36	4	2	G	O	2	MB	162	184	175	193	178.5	184	2	134.32
	111	ห้องน้ำ ช-ญ	F	36	2	1	G	-	2	MB	105	112	184	157	139.5	92	8	268.64
	112	แผนกสรรหา	F	36	12	1	G	-	12	MB	248	383	112	274	254.3	552	8	1611.84
	113	ห้องคอมพิวเตอร์	F	36	3	1	G	-	3	MB	172	159	383	183	224.3	138	8	402.96
	114	หจล-ม	F	36	3	1	G	-	3	MB	273	263	274	254	266.0	138	8	402.96
	115	เก็บเอกสาร	F	36	4	1	G	-	4	MB	397	181	415	392	396.3	184	8	537.28
	116																	
	117																	
	118																	
	119																	
	120																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.008 (บำรุงรักษาทั่วไป)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	121	โถง	F	36	14	2	G	R	7	MB	245	267	234	219	241	644	1	235.060
	122	ช่องอุปกรณ์ไฟฟ้า	F	36	12	1	G	-	12	MB	285	347	324	292	312	552	8	1611.840
	123	เก็บอุปกรณ์ 1	F	36	6	1	G	-	6	MB	227	238	283	263	252.8	276	1	100.740
	124	คอมพิวเตอร์	F	36	4	4	G	L-R	1	MB	612	417	450	560	509.8	184	8	537.280
	125	คอมพิวเตอร์	F	36	3	1	G	-	3	MB	189	173	204	193	189.8	138	8	402.960
	126	หัวหน้างาน	F	36	12	2	G	L-R	6	MB	720	556	683	653	653.0	552	8	1611.840
	127	หัวหน้างาน	F	36	3	1	G	-	3	MB	354	263	290	323	307.5	138	8	402.960
	128	เก็บอุปกรณ์ 2	F	36	14	2	G	-	7	MB	268	382	199	181	257.5	644	1	235.060
	129	ห้องพัก	F	36	6	1	G	-	6	MB	269	302	282	315	292.0	276	8	805.920
	130	ห้องน้ำ	F	18	2	1	G	O	2	MB	82	93	69	73	79.3	56	1	20.440
	131	ทางเดินเข้าห้องน้ำ	F	36	4	2	G	-	2	MB	397	345	338	357	359.3	184	1	67.160
2	132	เก็บอุปกรณ์ 3	F	36	8	2	G	O	4	MB	216	247	350	382	298.8	368	1	134.320
	133	บันไดทางขึ้น	F	36	2	2	G	O	1	MB	167	179	184	153	170.8	92	8	268.640
	134	รอบอาคาร	F	36	7	1	G	-	7	MB	125	146	152	137	140.0	322	12	1410.360
	135																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.201 (สถานพยาบาล)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	2.5			
1	136	ห้องเอ็กซ์-เรย์	F	36	1	1	—G	-	1	MB	210	209	147	184	187.5	46	1	16.790
	137	ห้องเอ็กซ์-เรย์	F	18	1	1	—G	-	1	MB	-	-	-	-	-	28	1	10.220
	138	ห้องพักคนไข้	F	40	4	1	—G	-	4	MB	5 4	500	216	337	391.8	200	1	73.000
	139	ห้องน้ำคนไข้	F	20	1	1	—G	-	1	MB	216	184	196	207	200.8	30	1	10.950
	140	ห้องฉันสูตร	F	36	4	1	—G	-	4	MB	385	357	284	317	335.8	184	1	67.160
	141	ห้องกายภาพ	F	40	2	1	—G	-	2	MB	457	501	284	307	387.3	100	1	36.500
	142	ห้องกายภาพ	F	36	2	1	—G	-	2	MB	-	-	-	-	-	92	1	33.580
	143	ห้องทำแผล	F	36	4	1	—G	-	4	MB	255	297	292	220	266.0	184	8	537.280
	144	ห้องจ่ายยา	F	36	5	1	—G	-	5	MB	335	123	108	216	195.5	230	8	671.600
	145	ห้องทำฟัน	F	36	4	1	—G	-	4	MB	479	366	315	324	371.0	184	1	67.160
	146	ห้องตรวจโรค	F	36	4	1	—	-	4	MB	306	285	324	291	301.5	184	8	537.280
	147	ห้องพักแพทย์	F	36	4	1	—	-	4	MB	232	193	285	314	256.0	184	8	537.280
	148	ห้องน้ำ	F	18	1	1	—	-	1	MB	192	215	184	206	199.3	28	1	10.320
	149	ห้องธุรการ	F	36	4	1	—	-	4	MB	386	2268	235	375	816.0	184	8	537.280
	150	ห้องน้ำธุรการ	F	18	1	1	—	-	1	MB	134	145	127	141	136.8	28	8	84.760

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ท.201 (สถานพยาบาล)

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	ค่าความส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	151	รอบนอกอาคาร	F	18	10	1	—	-	10	MB	145	135	162	152	148.5	280	12	1226.400
	152	รอบนอกอาคาร	F	36	6	1	—	-	6	MB	138	160	157	143	149.5	276	12	1208.880
	153																	
	154																	
	155																	
	156																	
	157																	
	158																	
	159																	
	160																	
	161																	
	162																	
	163																	
	164																	
	165																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ค.301 (สโมสร)/สหกรณ์/โรงยิม

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	166	เค้าเตอร์จ่ายอาหาร	F	36	4	1	—	-	4	MB	145	134	115	128	131	184	4	268.64
	167	เค้าเตอร์จ่ายอาหาร	F	36	4	1	—	O	4	MB	-	-	-	-	-	184	4	268.64
	168	ห้องครัว	F	36	9	1	—	-	9	MB	-	-	-	-	-	414	4	604.44
	169	ล้างจาน	F	36	7	1	—	-	7	MB	-	-	-	-	-	322	4	470.12
	170	เก็บของ	F	36	6	1	—	O	6	MB	-	-	-	-	-	276	4	402.96
	171	เค้าเตอร์สั่งอาหาร	F	36	12	2	▭	O	6	MB	345	356	188	239	282	552	16	3223.68
	172	จอบ-ขล,ช.จอบ-ขล	F	36	4	1	—	-	4	MB	366	375	286	795	456	184	8	537.28
	173	ส่วนรับประทานอาหาร	F	32	20	1	◎	O	20	MB	32	45	40	44	40.3	840	4	1226.4
	174	ส่วนรับประทานอาหาร	C	9	18	1	DV	C	18	MB	-	-	-	-	-	234	4	341.64
	175	ส่วนรับประทานอาหาร	F	36	36	1	—	-	36	MB	-	-	-	-	-	1656	4	2417.76
	176	ห้องน้ำ ช-ญ	F	32	24	1	◎	O	24	MB	110	124	95	105	109	1008	4	1471.68
	177	ทางเดินเชื่อมสหกรณ์	F	18	5	1	—	-	5	MB	125	132	117	115	122	140	12	613.2
	178	ห้องแคว้นน้อย	I	60	20	1	DL	-	20	-	-	-	-	-	-	1200	1	438
	179	ห้องแคว้นน้อย	I	100	8	1	DV	-	8	-	-	-	-	-	-	800	1	292
	180	โรงยิม	C	9	8	1	DV	C	8	MB	-	-	-	-	-	104	1	37.96

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ต.301 (สโมสร)/สหกรณ์/โรงยิม

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
1	181	ห้องสหกรณ์	F	36	18	1	—	-	18	MB	456	427	439	385	427	828	4	1208.88
	182	สหกรณ์	F	36	28	1	—	-	28	MB	520	1003	283	324	533	1288	10	4701.2
	183	ห้องเก็บของสหกรณ์	F	36	4	1	—	-	4	MB	55	71	64	76	66.5	184	1	67.16
	184	รอบอาคาร	F	36	16	1	—	-	16	MB	154	167	143	162	156.5	736	12	3223.68
	185	รอบอาคาร	F	18	9	1	—	-	9	MB	-	-	-	-	-	252	12	1103.76
	186	รอบอาคาร	C	9	11	1	DV	C	11	MB	-	-	-	-	-	143	1	52.195
	187	ไฟบริเวณ	C	9	9	1	FV	O	9	MB	-	-	-	-	-	117	12	512.46
	188																	
	189																	
	190																	
	191																	
	192																	
	193																	

กำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม (kW) 45.46

พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี) 99598.615

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
ใต้ดิน	194	TURBINE FLOOR	F	36	39	1		C	39	MB	115	170	195	116	149	1794	1	654.81
1	195	หน้าลิฟท์	F	36	2	1		R	2	MB	135	146	126	130	134	92	24	805.92
	196	AIR COMPRESSOR ROOM	F	36	8	1		R	8	MB	140	125	85	91	110	368	1	134.32
	197	STORE	F	36	8	1		R	8	MB	102	154	113	197	142	368	8	1074.56
	198	STORE	F	36	6	2		R	3	MB	-	-	-	-	-	276	8	805.92
	199	UNIT 1,2,3	F	36	114	1		R	114	MB	165	232	173	160	183	5244	14	26796.84
	200	HYDRAULIC TURBINE	F	36	12	2		R	6	MB	180	165	193	172	178	552	14	2820.72
	201	HYDRAULIC TURBINE	F	36	8	2		R	4	MB	-	-	-	-	-	368	14	1880.48
	202	ทางออก	F	36	3	1		R	3	MB	102	94	85	109	97.5	138	14	705.18
2	203	ห้องเก็บของ	F	36	4	2		R	2	MB	167	133	159	143	151	184	1	67.16
	204	หน้าลิฟท์	F	36	2	1		R	2	MB	95	122	131	118	117	92	24	805.92
	205	UNIT 1,2,3	F	36	6	2		R	3	MB	228	241	232	240	235	276	14	1410.36
	206	UNIT 1,2,3	F	36	92	1		R	92	MB	145	162	159	173	160	4232	14	21625.52
	207	VALVE ROOM	F	40	8	1		R	8	MB	132	144	163	157	149	400	1	146
	208																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
2	209	ELECTRIC STORE	F	40	8	1		-	8	MB	138	144	163	153	149.5	400	8	1168
	210	GENERATOR	F	36	12	1		-	12	MB	154	167	148	139	157.0	552	14	2820.72
	211	ทางออก	F	36	2	1		-	2	MB	165	145	132	151	148	92	24	805.92
3	212	ทางออก	F	36	3	1		-	3	MB	-	-	-	-	-	138	24	1208.88
	213	หน้าลิฟท์	F	36	4	2		R	2	MB	281	275	193	288	259	184	24	1611.84
	214	ห้องเก็บของ	F	40	4	2		-	2	MB	143	152	120	134	137	200	1	73
	215	ห้องน้ำ	F	36	5	1		O	5	MB	139	142	145	135	140	230	8	671.6
	216	หกล-น	F	36	8	2	T G	L-R	4	MB	365	486	472	453	444	368	8	1074.56
	217	หกล-น่	F	36	4	2	T G	O	2	MB	283	274	319	297	293	184	8	537.28
	218	UNIT 1,2,3	F	36	90	1		-	90	MB	158	162	164	155	160	4140	14	21155.4
	219	บริเวณ PMG UNIT 1,2,3	HPL-N	1000	36	1	HB	-	36	MB	-	-	-	-	-	37620	1	13731.3
	220	OFFICE บค.	F	36	42	2	T G	L-R	21	MB	470	446	487	586	506	1932	8	5641.44
	221	OFFICE บค.	F	36	12	2		-	21	MB	264	205	360	354	306	1932	8	5641.44
	222	OFFICE บค.	F	40	110	2		-	55	MB	-	-	-	-	-	5500	1	2007.5
	223	OFFICE บฟ.	F	36	32	2	T G	L-R	16	MB	355	479	356	355	397	1472	8	4298.24

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
3	224	STORE	F	36	6	2		-	3	MB	315	250	285	273	269	276	8	805.92
4	225	SWITCHGEAR GALLORY	F	36	24	1		-	24	-	124	135	142	115	129	1104	1	402.96
	226	SWITCHGEAR GALLORY	F	36	13	1		-	13	MB	-	-	-	-	-	598	1	218.27
	227	หน้าลิฟท์	F	36	5	1		P	5	MB	140	220	86	167	153	230	2	167.9
	228	ห้องอาหาร	F	36	4	1		-	4	MB	251	274	339	280	286	184	2	134.32
	229	ห้องซักล้าง	F	36	1	1		-	1	MB	225	215	-	-	220	46	2	33.58
	230	ธุรการ เดินเครื่อง	F	36	4	2	T G	P	2	MB	436	265	357	394	363	184	8	537.28
	231	ทางเดิน	F	36	5	1	T G	P	5	MB	204	225	218	210	214	230	8	671.6
	232	ธุรการ บำรุงรักษา	F	36	5	1	T G	P	5	MB	261	364	350	297	318	230	8	671.6
	233	ช.10	F	36	6	2	T G	P	3	MB	377	247	350	325	325	276	8	805.92
	234	วศ.9	F	36	6	2	T G	P	3	MB	368	315	253	342	320	276	8	805.92
	235	ห้องประชุม	F	36	12	2	T G	P	6	MB	631	591	342	528	523	552	2	402.96
	236	กบล-น	F	36	12	2	T G	P	6	MB	514	518	273	390	424	552	8	1611.84
	237	ห้องน้ำ กบล-น	F	36	1	1	T G	O	1	MB	130	150	402	335	254	46	8	134.32
	238																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝากรอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
4	239	กคล-น	F	36	12	2	T G	P	6	MB	145	123	113	136	129	552	8	1611.84
	240	ห้องน้ำ กคล-น	F	36	1	1	—	O	1	MB	50	70	64	58	60.5	46	8	134.32
	241	ห้องน้ำห้องประชุม	F	36	1	1	—	O	1	MB	46	51	62	57	54	46	1	16.79
	242	ห้องเก็บของ	F	36	2	1	—	-	2	MB	288	196	254	261	250	92	1	33.58
	243	CABLE SPEADING FLOOI	F	36	2	1	—	-	2	MB	150	132	143	125	137.5	92	1	33.58
	244	ห้องน้ำ	F	36	8	2	▭	P	4	MB	195	271	213	254	233.3	368	1	134.32
	245	ทางเดิน	F	36	6	2	▭	P	3	MB	222	218	186	200	206.5	276	8	805.92
5	246	ทางเดิน (ด้านหลัง)	F	36	10	2	▭	O	5	MB	101	165	63	154	120.8	460	24	4029.6
	247	CONTROL ROOM	F	36	84	1	▬	P	84	MB	637	647	571	564	604.8	3864	24	33848.64
	248	SHIFT CHART	F	36	8	2	T G	P	4	MB	410	375	364	397	386.5	368	2	268.64
	249	ห้องน้ำ SHIFT CHART	F	18	2	2	▭	L	1	MB	124	134	129	137	131.0	56	2	40.88
	250	ห้องครัว	F	36	4	1	—	O	4	MB	225	172	194	182	193.3	184	24	1611.84
	251	ห้องประชุม	C	18	9	1	DL	-	9	-	234	267	284	300	271.3	162	2	118.260
	252	ห้องประชุม	HPL-N	80	6	1	DL	-	6	MB	-	-	-	-	-	543	2	394.2
	253	ห้องน้ำ ช-ญ (ห้องประชุม)	F	36	4	1	—	O	4	MB	120	135	-	-	127.5	184	1	67.16

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	ค่าความส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
5	254	ทางเดินหน้าห้องประชุม	HPL-N	50	35	1	DL	-	35	-	97	83	106	86	252.5	2065	1	753.725
	255	หน้าประตูใหญ่	HPL-N	80	4	1	DL	-	4	MB	93	86	102	91	93.5	360	1	131.4
	256	ASSEMBLY BAY	HPL-N	400	17	1	FL	P	17	MB	142	164	157	138	150.3	7191	1	2624.715
	257	AIR HANDING PLANT	F	40	4	1	⊥⊥	-	4	MB	157	168	129	148	150.5	200	1	73
	258	AIR CHILLER	F	36	12	1	⊥⊥	-	12	MB	146	153	125	139	140.8	552	1	201.48
	259	ห้องเก็บของ	F	36	2	1	⊥⊥	-	2	MB	157	164	143	150	153.5	92	1	33.58
6	260	ทางเดิน	F	36	3	1	—	P	3	MB	125	108	136	142	127.8	138	8	402.96
	261	BATTERY ROOM	F	40	18	1	⊥⊥	C	18	MB	285	223	254	248	252.5	900	1	328.5
	262	COMMON SERVICE ROOM	F	36	7	1	—	P	7	MB	80	90	86	97	88.3	322	1	117.53
	263	COMMON SERVICE ROOM	F	36	5	1	⊥⊥	P	5	MB	-	-	-	-	-	230	1	83.95
	264	COMMON SERVICE ROOM	F	36	36	2	▭	P	18	MB	-	-	-	-	-	1656	1	604.44
	265	ช่องลิฟท์	F	36	4	2	▭	-	2	MB	80	94	83	106	90.8	184	1	67.16
7	266	ทางเดินบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า	F	36	26	2	▭	P	13	MB	213	297	390	375	318.8	1196	8	3492.32
	267	MASTER DRAWING ROOM	F	36	18	2	▭	P	9	MB	710	835	610	938	773.3	828	8	2417.76
	268	ห้องอุปกรณ์สื่อสาร	F	36	54	2	▭	P	27	MB	254	298	268	232	263.0	2484	8	7253.28

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร โรงไฟฟ้า

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
7	269	COMPUTER ROOM	F	36	52	2	⊔	P	26	MB	992	1003	726	963	921.0	2392	8	6984.64
	270	ห้องเก็บของ	F	36	2	1	—	-	2	MB	154	325	254	283	254	92	1	33.58
8	271	FEED คลอรีน	F	36	44	1	—	-	44	MB	195	225	210	207	209.3	2024	1	738.76
	272	MOTER LIFT	F	36	9	1	—	-	9	MB	302	312	276	294	296.0	414	1	151.11
	273																	
	274																	
	275																	
	276																	
	277																	
	278																	
	279																	
	280																	
	281																	
	282																	
	283																	

ตารางที่ ง.4 แบบสำรวจระบบแสงสว่าง (ต่อ)

อาคาร ทั่วไป

ชั้นที่	ลำดับที่	ห้อง	หลอดไฟฟ้า			โคมไฟฟ้า				บัลลาสต์	กำลังส่องสว่าง (LUX)					วัตต์รวม (วัตต์)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)
			ชนิดหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	หลอดต่อโคม	การติดตั้ง	ชนิดฝาครอบโคม	จำนวน (โคม)		1	2	3	4	เฉลี่ย			
	284	หน้อแปลง	F	36	12	2	▭	C	6	MB	-	-	-	-	-	552	1	201.48
	285	หน้อแปลง	HPL-N	400	14	1	WM	P	14	MB	-	-	-	-	-	5922	1	2161.53
	286	ประตูทางเข้า(ด้านหน้อแปลง)	F	36	8	1	⊥⊥	-	8	MB	-	-	-	-	-	368	1	134.32
	287	รอบอาคาร	HPL-N	250	16	1	WM	P	16	MB	-	-	-	-	-	4288	1	1565.12
	288	รอบอาคาร	F	36	24	2	▭	C	12	MB	-	-	-	-	-	1104	1	402.96
	289	ไฟถนน	HPL-N	250	5	1	FV	P	5	MB	-	-	-	-	-	1340	12	5869.2
	290	ไฟถนน	HPL-N	400	13	1	FV	C	13	MB	-	-	-	-	-	5499	12	24085.62
	291	STANDBY GEN	F	36	10	1	⊥⊥	-	10	MB	-	-	-	-	-	460	1	167.9
	292																	
	293																	
	294																	
	295																	

กำลังไฟฟ้าติดตั้งรวม (kW) 124.26

พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh / ปี) 233816.810

พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งหมด (kWh / ปี) 333115.425

ภาคผนวก จ

ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง

สภาพการติดตั้งโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา โดยทั่วไปใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา

1) โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 36 วัตต์ ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา จำนวน 1,025 ตัว

2) โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา ขนาด 18 วัตต์ ติดตั้งบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา จำนวน 29 ตัว

โคมไฟฟ้าขนาด 36 วัตต์ ที่ติดบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาเปรียบเทียบกับบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง มีการสูญเสียน้อยกว่ามีค่าประมาณ 6 วัตต์/ตัว ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 4 วัตต์/ตัว

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = [(4 x 8 x 505 x 250) + (4 x 10 x 28 x 313) +
(4 x 12 x 43 x 365) + (4 x 14 x 337 x 365)+
(4 x 16 x 6 x 365) + (4 x 24 x 106 x 365)+
(4 x 8 x 2 x 250)+(4 x 12 x 27 x 365)]/1000

= 16,375.64 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 16,375.64 x 1.556

= 25,480.50 บาท/ปี

<u>หมายเหตุ</u> ตัวคูณตัวแรก หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้
ตัวคูณตัวที่สอง หมายถึง จำนวนชั่วโมงการทำงาน/วัน
ตัวคูณตัวที่สาม หมายถึง จำนวนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงที่เปลี่ยน และตัวคูณตัวที่สี่ หมายถึง จำนวนวันการทำงาน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ.1 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่างที่ใช้งานเป็นประจำ

จากผลการสำรวจเครื่องปรับอากาศเฉพาะที่ใช้งานประจำโดยแยกเครื่องปรับอากาศเป็นกลุ่มตามอายุการใช้งานและทำการสุ่มวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลดังนี้

- อายุ 0 – 3 ปี สุ่มวิเคราะห์ 20 เครื่อง จากทั้งหมด 23 เครื่อง (86.96%) สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.23279 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

- อายุ 3 – 5 ปี สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่อง จากทั้งหมด 7 เครื่อง (42.86%) สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.36260 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

- อายุ 5 – 8 ปี สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่อง จากทั้งหมด 6 เครื่อง (50.0%) สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.47420 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

- อายุมากกว่า 8 ปี สุ่มวิเคราะห์ 18 เครื่อง จากทั้งหมด 18 เครื่อง (100.0%) สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.58835 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

และเนื่องจากเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องมีช่วงเวลาการใช้งานที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศจะคิดมาจากเครื่องปรับอากาศที่มีเวลาการทำงานที่เหมือนกันซึ่งผลการคำนวณแสดงดังในตารางที่ ฉ.1 – ฉ.4 (รายละเอียดของข้อมูลสามารถดูได้จากตาราง ฉ.5-ฉ.8 ในหัวข้อ ฉ.2)

<u>ตัวอย่าง</u> การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและติดหน้าต่าง ที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี เวลาการใช้งาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวนวันที่ใช้งาน 250 วัน/ปี ความสามารถการทำความเย็นรวมทั้งหมด 151,900 บีทียู/ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี) = ค่าสมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น) x ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง) x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงการทำงานทั้งหมดใน 1 ปี (ชั่วโมง/ปี) x %เวลาการใช้งาน x 1 ตันความเย็น]/(12,000 บีทียู/ชั่วโมง)(ฉ.1)

= [1.23279 x 151,900 x (7 x 250 x 0.8)] /12,000

= 21,847.09 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ตารางที่ ฉ.1 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนและต่างหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี

ลำดับที่	เวลาทำงาน		ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี			
1	1	52	25,639	1.23279	109.57
2	1	250	141,000	1.23279	2,897.06
3	4	250	20,000	1.23279	1,643.72
4	5	250	11,892	1.23279	1,221.69
5	7	250	151,900	1.23279	21,847.09
6	8	250	117,916	1.23279	19,382.09
7	10	250	50,000	1.23279	10,273.25
รวม			**518,347**	-	**57,374.48**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.2 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนและต่างหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 3-5 ปี

ลำดับที่	เวลาทำงาน		ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี			
1	1	250	13,000	1.36260	295.23
2	7	250	138,200	1.36260	21,969.65
3	8	250	12,500	1.36260	2,271.00
รวม			**163,700**	-	**24,535.88**

ตารางที่ ฉ.3 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนและต่างหน้าต่างที่มีอายุการใช้งาน 5-8 ปี

ลำดับที่	เวลาทำงาน		ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี			
1	3	250	13,000	1.47420	958.23
2	6	250	39,000	1.47420	5,749.38
3	7	250	19,000	1.47420	3,267.81
4	12	250	25,000	1.47420	10,761.66
รวม			**96,000**	-	**20,737.08**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.4 ผลการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแยกส่วนและต่างหน้าต่างที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี

ลำดับที่	เวลาทำงาน		ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็นเฉลี่ย (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)
	ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี			
1	4	250	25,000	1.58835	2,647.25
2	5	250	24,000	1.58835	3,176.70
3	7	250	129,000	1.58835	23,904.67
4	8	250	878,000	1.58835	185,942.84
5	9	250	16,000	1.58835	5,565.58
6	24		223,000	1.58835	206,854.00
รวม			**96,000**	**-**	**428,091.03**

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดหน้าต่าง

= 530,738.47 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ฉ.2 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องปรับอากาศ

$$\text{ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)} = \frac{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (วัตต์)}} \quad \text{(ฉ.2)}$$

ในการค่าประสิทธิภาพจะแยกตามอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ เช่นเดียวกับการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ดังในตารางที่ ฉ.5-ฉ.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.5 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 20 เครื่องจากทั้งหมด 23 เครื่อง)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	%การใช้งาน			
1	ห้อง หทล-น (ท.008)	มิตซูชิตา	แยกส่วน	25,639	1.15	1	52	80	12,133.88	1.14	10.55
2	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.009)	มิตซูชิตา	แยกส่วน	14,116	1.32	8	250	80	11,684.39	1.36	8.85
3	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.009)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	18,000	1.76	8	250	80	16,600.44	1.27	9.43
4	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.009)	มิตซูชิตา	แยกส่วน	20,000	1.63	7	250	80	14,904.59	1.31	9.14
5	ห้องสมุด (อาคารสำนักงาน)	แคเรียร์	แยกส่วน	19,000	2.03	7	250	80	18,417.85	1.32	9.07
6	ห้อง วศ.11 (อาคารสำนักงาน)	มิตซูชิตา	แยกส่วน	14,000	0.83	4	250	80	7,947.83	1.25	9.61
7	แผนกบัญชีและการเงิน (อาคารสำนักงาน)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	29,000	2.14	7	250	80	22,555.32	1.14	10.54
8	แผนกบัญชีและการเงิน (อาคารสำนักงาน)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	20,000	1.74	7	250	80	19,038.26	1.10	10.94
9	ห้องตรวจจ่าย (อาคารสำนักงาน)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	25,000	1.89	1	250	80	20,192.24	1.12	10.68
10	แผนกบำรุงรักษาเขื่อนและโรงไฟฟ้า (ท.003)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	20,000	2.18	7	250	80	21,072.28	1.24	10.90
11	แผนกบำรุงรักษาเขื่อนและโรงไฟฟ้า (ท.003)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	2.18	7	250	80	21,425.82	1.22	9.67
12	แผนกบำรุงรักษาเขื่อนและโรงไฟฟ้า (ท.003)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	1.73	4	250	80	18,857.94	1.10	9.83
13	แผนกโรงงาน (ท.010)	โตชิบา	แยกส่วน	11,892	0.77	5	250	80	8,238.25	1.12	10.69
14	แผนกจัดหา (ท.002)	เอนจิเนียร์	แยกส่วน	19,000	1.60	7	250	80	15,669.73	1.23	9.79
15	สถานพยาบาล (ท.201)	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	18,300	1.94	7	250	80	25,280.99	1.28	9.37

ตารางที่ ฉ.5 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 0-3 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 20 เครื่องจากทั้งหมด 23 เครื่อง)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	%การใช้งาน			
16	ที่ทำการสหกรณ์	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	1.63	12	52	80	16,857.98	1.45	8.46
17	แผนกประชาสัมพันธ์	คอมฟอร์ท	แยกส่วน	25,800	2.40	8	250	80	21,572.69	1.34	8.99
18	แผนกประชาสัมพันธ์	สตาร์	แยกส่วน	29,000	2.38	8	250	80	20,285.23	1.41	8.52
19	แผนกประชาสัมพันธ์	สตาร์	แยกส่วน	29,000	2.38	8	250	80	21,425.54	1.33	9.00
20	ห้องกกล-น (อาคารสำนักงาน)	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	0.86	1	250	80	9,124.67	1.13	10.65
เฉลี่ย											**9.37**

ตารางที่ ฉ.6 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 3-5 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่องจากทั้งหมด 7 เครื่อง)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	%การใช้งาน			
1	ห้องกยล-น (อาคารสำนักงาน)	อมีนา	แยกส่วน	12,500	1.07	8	250	80	9,554.20	1.34	8.93
2	แผนกจัดหา (ท.002)	แคเรียร์	แยกส่วน	19,000	1.96	7	250	80	17,889.27	1.31	9.13
3	แผนกจัดหา (ท.002)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,800	2.08	7	250	80	17,947.50	1.39	8.36
เฉลี่ย											**8.81**

ตารางที่ ฉ.7 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งาน 5-8 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 3 เครื่องจากทั้งหมด 6 เครื่อง)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	%การใช้งาน			
1	แผนกโรงงาน (ท.010)	เนชั่นเนล	ติดหน้าต่าง	13,000	1.13	3	250	80	7,973.01	1.34	7.06
2	ช.อขล-ป (อาคารสำนักงาน)	แคเรียร์	แยกส่วน	13,000	2.14	7	250	80	11,552.73	1.32	9.10
3	สถานพยาบาล (ท.201)	แคเรียร์	แยกส่วน	19,000	2.04	7	250	80	16,857.98	1.45	8.26
เฉลี่ย											**8.14**

ตารางที่ ฉ.8 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 18 เครื่องจากทั้งหมด 18 เครื่อง)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	%การใช้งาน			
1	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)	เฟดเดอร์	แยกส่วน	25,000	2.50	4	250	80	17,735.65	1.69	7.09
2	แผนกโรงงาน (ท.010)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	2.60	5	250	80	16,830.47	1.85	6.47
3	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)	สตาร์	แยกส่วน	28,500	1.60	7	250	80	12,891.20	1.49	8.06
4	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)	สตาร์	แยกส่วน	28,500	3.72	7	250	80	27,924.54	1.60	7.51
5	แผนกบำรุงรักษาทั่วไป (ท.008)	เซ็นทรัลแอร์	แยกส่วน	28,500	2.45	7	250	80	16,711.89	1.50	6.82
6	สถานพยาบาล (ท.201)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	1.84	8	250	80	13,893.68	1.59	7.55
7	สถานพยาบาล (ท.201)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	1.84	8	250	80	14,713.76	1.50	8.00
8	สถานพยาบาล (ท.201)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	24,000	1.82	8	250	80	15,391.35	1.42	8.46
9	อาคารสำนักงาน	แคเรียร์	แยกส่วน	360,000	29.50	8	250	80	226,782.76	1.65	7.69
10	อาคารสำนักงาน	ยูนิแอร์	แยกส่วน	240,000	17.80	8	250	80	140,656.53	1.52	7.90
11	อาคารสำนักงาน	ยูนิแอร์	แยกส่วน	240,000	19.00	8	250	80	143,893.78	1.58	7.57
12	แผนกควบคุมความปลอดภัย (ท.002)	ยูนิแอร์	แยกส่วน	13,000	1.27	8	250	80	9,506.58	1.60	7.49
13	แผนกควบคุมความปลอดภัย (ท.002)	เฟดเดอร์	แยกส่วน	25,000	2.00	8	250	80	16,244.00	1.68	8.12
14	โรงอาหาร	ซันโย	แยกส่วน	16,000	1.63	12	250	80	12,389.87	1.38	7.60
15	ห้องวิทยุ (อาคารสำนักงาน)	สตาร์	แยกส่วน	24,000	1.14	24	365	80	9,177.37	1.14	8.05

ตารางที่ ฉ.8 ค่าประสิทธิภาพในเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 8 ปี (สุ่มวิเคราะห์ 18 เครื่องจากทั้งหมด 18 เครื่อง) (ต่อ)

ลำดับ	สถานที่ใช้งาน	ชื่อเครื่อง	ชนิดเครื่อง	ขนาด (บีทียู/ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	การใช้งาน			ความสามารถในการทำความเย็น (บีทียู/ชั่วโมง)	สมรรถนะการทำความเย็น (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	ค่าประสิทธิภาพ (บีทียู/วัตต์/ชั่วโมง)
						ชั่วโมง/วัน	วัน/ปี	% Split การใช้งาน			
16	แผนกโรงงาน (ท.010)	เพนส์	แยกส่วน	19,000	1.05	24	250	80	7,976.65	1.53	7.60
17	Switch yard (ผ.038)	เทมปีมาสเตอร์	แยกส่วน	90,000	9.18	24	250	80	62,720.89	1.76	6.83
18	Switch yard (ผ.038)	เทมปีมาสเตอร์	แยกส่วน	90,000	8.68	24	250	80	62,346.30	1.67	7.18
เฉลี่ย											**7.56**

ฉ.3 ตัวอย่างผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้ เมื่อใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = [(1.73703 – 1.25) x 28,500 x 7 x 250 x 0.8]/12,000

= 1,619.37 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 1,619.37 x 1.556

= 2,519.75 บาท/ปี

หมายเหตุ ตัวคูณตัวแรก หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ โดยที่เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงซึ่งจะมีค่าสมรรถนะในการทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับ 9.60 บีทียู/วัตต์ชั่วโมง (1.25 กิโลวัตต์/ตันความเย็นและเครื่องปรับอากาศที่ต้องการเปลี่ยนใหม่มีค่าสมรรถนะในการทำความเย็นน้อยกว่าที่กฎกระทรวงกำหนด 7.45 บีทียู/วัตต์ชั่วโมง (1.61 กิโลวัตต์/ตันความเย็น)

ตัวคูณตัวที่สอง หมายถึง ความสามารถในการทำความเย็น 28,500 บีทียู/ชั่วโมง

ตัวคูณตัวที่สาม หมายถึง จำนวนชั่วโมงการทำงาน/วัน

ตัวคูณตัวที่สี่ หมายถึง จำนวนวันการทำงาน/ปี

0.8 คือ % การทำงานของเครื่องปรับอากาศ

12,000 เป็นตัวเลขที่ใช้เปลี่ยนหน่วยจาก บีทียู เป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง และผลการคำนวณการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1 ตัวอย่างผลการคำนวณเงินที่ประหยัดได้เมื่อใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

สูตรการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = $kW \times (\%\ L.F.) \times 100 \times (1/n_1 - 1/n_2) \times h$ (ช.1)

เมื่อ kW = กำลังของมอเตอร์

L.F. = เปอร์เซ็นต์การรับโหลดของมอเตอร์ (Load factor)

n_1 = ประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั่วไป (Standard motor)

n_2 = ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High efficiency motor)

h = ชั่วโมงการทำงานของมอเตอร์ต่อปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 45 kW x 0.95 x 100 x (1/91.5 - 1/93) x 4380

= 3300.63 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

เงินที่ประหยัดได้ = 3,300.63 x 1.556

= 5,135.79 บาท/ปี

ช.2 ตัวอย่างผลการคำนวณการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้า

สูตรการคำนวณการรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$\%\ \text{การรับภาระของมอเตอร์ไฟฟ้า} = \frac{\text{ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้(กิโลวัตต์)}}{\text{ค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นป้ายชื่อของมอเตอร์(กิโลวัตต์)}} \times 100\% \quad \text{(ช.2)}$$

$$= \frac{42.5 \text{ กิโลวัตต์}}{45.0 \text{ กิโลวัตต์}} \times 100\%$$

$$= 95.30\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 ผลการวิเคราะห์การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง [9]

ลำดับที่	หน้าที่	ชั่วโมง/ปี	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	% Load L.F.	EFF. [%]	HIGH EFF. %	พลังงานที่ประหยัด (กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี)	จำนวนเงินที่ประหยัด (บาท)	ราคามอเตอร์ (บาท)	ค่าติดตั้ง (บาท)
1	Gov.Oil P.1	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
2	Gov.Oil P.2	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
3	Gov.Oil P.3	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
4	Gov.Oil P.4	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
5	Gov.Oil P.5	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
6	Gov.Oil P.6	4,380	45	95.0	91.5	93.0	3,300.63	5,135.79	113,024.00	11,302.40
7	Cond.W.P.1	4,380	11	87.0	87.4	91.0	1,897.30	2,952.20	34,566.40	3,456.64
8	Cond.W.P.2	4,380	11	87.0	87.4	91.0	1,897.30	2,952.20	34,566.40	3,456.64
9	Chilled W.P.1	4,380	22	92.0	89.8	92.4	2,777.86	4,322.34	56,268.80	5,626.88
10	Chilled W.P.2	4,380	22	92.0	89.8	92.4	2,777.86	4,322.34	56,268.80	5,626.88
							29,154.12	45,363.80	859,814.40	85,981.44
				รวมเงินลงทุนค่าติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า						945,795.84

รวมเงินลงทุนติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า	945,795.84	บาท
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	45,363.80	บาท/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด	29,154.12	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	21	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์	4.98	%

หมายเหตุ อัตราค่าไฟฟ้า 1.556 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

ราคามอเตอร์ไฟฟ้าคิดที่อัตราแลกเปลี่ยนเท่ากับ 40 บาท ต่อ 1 $.US

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.2 แบบสำรวจมอเตอร์ไฟฟ้า [9]

No.	Tag No.	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ผู้ผลิต	ชนิด	ชั่วโมง/วัน	เฉลี่ย/ปี	ติดตั้ง	หมายเหตุ
1	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Run
2	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Stand-by
3	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 2	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Run
4	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 2	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Stand-by
5	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Run
6	_	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3	Governer oil pump	ฮิตาชิ	VTFO	24	4,380	2522	Stand-by
7	_	ห้องอัดอากาศ	Tool air compressor	มิตซูบิชิ	SF-E , 225 M	0.5	100	2522	Run
8	_	ห้องอัดอากาศ	Tool air compressor	มิตซูบิชิ	SF-E , 225 M	0.5	100	2522	Stand-by
9	_	ห้องอัดอากาศ	Operating air compressor	มิตซูบิชิ	SF-E , 180 M	0.5	100	2522	Run
10	_	ห้องอัดอากาศ	Operating air compressor	มิตซูบิชิ	SF-E , 180 M	0.5	100	2522	Stand-by

No.	Tag No.	แผ่นป้ายชื่อ							ข้อมูลจากการตรวจวัด						กิโลวัตต์	ตัวประกอบกำลัง
		รอบ/นาที	เฟส	กิโลวัตต์	โวลต์	แอมแปร์	ตัวประกอบกำลัง	ประสิทธิภาพ	Vab	Vbc	Vca	I a	I b	I c		
1	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	401	_	_	68.9	_	_	42.9	0.90
2	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	_	_	_	_	_	_	_	_
3	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	401	_	_	68.9	_	_	42.9	0.90
4	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	_	_	_	_	_	_	_	_
5	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	401	_	_	68.9	_	_	42.9	0.90
6	_	1,460	3	45	400	78	_	91.5	_	_	_	_	_	_	_	_
7	_	1,470	3	45	400	86	_	91.5	402	_	_	83.9	_	_	48.4	0.83
8	_	1,470	3	45	400	86	_	91.5	_	_	_	_	_	_	_	_
9	_	1,450	3	22	400	39	_	89.8	404	_	_	29.8	_	_	18.4	0.88
10	_	1,450	3	22	400	39	_	89.8	_	_	_	_	_	_	_	_

ตารางที่ ช.2 แบบสำรวจมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

No.	Tag No.	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ผู้ผลิต	ชนิด	ชั่วโมง/วัน	เฉลี่ย/ปี	ติดตั้ง	หมายเหตุ
11	–	ห้องอัดอากาศ	Dewatering air compressor	มิตซูบิชิ	SF-RH , 315M	2	365	2522	Run
12	–	ห้องอัดอากาศ	Dewatering air compressor	มิตซูบิชิ	SF-RH , 315M	2	365	2522	Stand-by
13	–	ดราฟท์ทิวป์	Normol drainage pump	ยากาวา	FEVF 5	16	2,920	2522	Auto
14	–	ดราฟท์ทิวป์	Normol drainage pump	ยากาวา	FEVF 6	16	2,920	2522	Auto
15	–	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	ยากาวา	FEVF 7	–	–	2522	Stand-by
16	–	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	ยากาวา	FEVF 8	–	–	2522	Stand-by
17	–	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	ยากาวา	FEVF 9	–	–	2522	Stand-by
18	–	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	ยากาวา	FEVF 10	–	–	2522	Stand-by
19	–	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SG 225 M2	3	548	2539	Run
20	–	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SG 225 M3	3	548	2539	Stand-by

No.	Tag No.	แผ่นป้ายชื่อ							ข้อมูลจากการตรวจวัด						กิโลวัตต์	ตัวประกอบกำลัง
		รอบ/นาที	เฟส	กิโลวัตต์	โวลต์	แอมแปร์	ตัวประกอบกำลัง	ประสิทธิภาพ	Vab	Vbc	Vca	I a	I b	I c		
11	–	980	3	150	400	260	–	93.3	408	–	–	244	–	–	150.0	0.87
12	–	980	3	150	400	260	–	93.3	–	–	–	–	–	–	–	–
13	–	1,450	3	18.5	400	34	–	88.9	405	–	–	19.9	–	–	10.7	0.77
14	–	1,450	3	18.5	400	34	–	88.9	404	–	–	20	–	–	10.4	0.74
15	–	970	3	220	400	350	–	93.5	–	–	–	–	–	–	–	–
16	–	970	3	220	400	350	–	93.5	–	–	–	–	–	–	–	–
17	–	970	3	220	400	350	–	93.5	–	–	–	–	–	–	–	–
18	–	970	3	220	400	350	–	93.5	–	–	–	–	–	–	–	–
19	–	2,967	3	45	380	81	0.89	91.5	407	–	–	67.4	–	–	40.8	0.86
20	–	2,960	3	45	380	81	0.89	91.5	407	–	–	68.9	–	–	41.3	0.85

ตารางที่ ช.2 แบบสำรวจมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

No.	Tag No.	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ผู้ผลิต	ชนิด	ชั่วโมง/วัน	เฉลี่ย/ปี	ติดตั้ง	หมายเหตุ
21	CDP-1	ห้องทำน้ำเย็น	Condenser water pump .1	เวม	KMER 160M4 AC	24	4,380	2522	Stand-by
22	CDP-2	ห้องทำน้ำเย็น	Condenser water pump .2	เวม	KMER 160M4 AC	24	4,380	2522	Run
23	CHP-1	ห้องทำน้ำเย็น	Chilled water pump.1	เวม	KMER 180L4 AC	24	4,380	2522	Stand-by
24	CHP-2	ห้องทำน้ำเย็น	Chilled water pump.2	เวม	KMER 180L4 AC	24	4,380	2522	Run
25	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Stand-by
26	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Run
27	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Stand-by
28	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Run
29	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Stand-by
30	–	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	อิเล็กทริมส์	SF 200L-2B	3	548	2522	Run

No.	Tag No.	แผ่นป้ายชื่อ							ข้อมูลจากการตรวจวัด						กิโลวัตต์	ตัวประกอบกำลัง
		รอบ/นาที	เฟส	กิโลวัตต์	โวลต์	แอมแปร์	ตัวประกอบกำลัง	ประสิทธิภาพ	Vab	Vbc	Vca	I a	I b	I c		
21	CDP-1	1,440	3	11	415	21	0.83	87.4	–	–	–	–	–	–	–	–
22	CDP-2	1,440	3	11	415	21	0.83	87.4	399	–	–	17	–	–	9.6	0.82
23	CHP-1	1,465	3	22	415	40	0.85	89.8	–	–	–	–	–	–	–	–
24	CHP-2	1,460	3	22	415	40	0.85	89.8	399	–	–	34.9	–	–	20.3	0.84
25	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	–	–	–	–	–	–	–	–
26	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	383	–	–	63.1	–	–	37.6	0.90
27	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	–	–	–	–	–	–	–	–
28	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	382	–	–	60.5	–	–	35.6	0.89
29	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	–	–	–	–	–	–	–	–
30	–	2,960	3	37	380	69	0.88	91.0	382	–	–	66.1	–	–	38.9	0.89

ตารางที่ ช.2 แบบสำรวจมอเตอร์ไฟฟ้า (ต่อ)

No.	Tag No.	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ผู้ผลิต	ชนิด	ชั่วโมง/วัน	เฉลี่ย/ปี	ติดตั้ง	หมายเหตุ
31	–	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำ	อิเล็กทริมส์	SG 225 M2	2	160	2538	Stand-by
32	–	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำ	ซิลนิค 3-ฟาโซวี	SE 225 M2	–	–	2538	ชำรุด
33	–	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำ	อิเล็กทริมส์	SG 200L2B	2	160	2538	Stand-by
34	–	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำ	โวลต์ตา	A02-81	2	160	2538	Stand-by
35	–	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำ	เวสเทมป์ อิเล็กทริค	–	2	120	2540	Stand-by
36	–	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำ	เวสเทมป์ อิเล็กทริค	–	2	120	2540	Stand-by
37	–	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำ	เวสเทมป์ อิเล็กทริค	–	2	120	2540	Stand-by
38	–	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำ	เวสเทมป์ อิเล็กทริค	–	2	120	2540	Stand-by

No.	Tag No.	แผ่นป้ายชื่อ							ข้อมูลจากการตรวจวัด						กิโลวัตต์	ตัวประกอบกำลัง
		รอบ/นาที	เฟส	กิโลวัตต์	โวลต์	แอมแปร์	ตัวประกอบกำลัง	ประสิทธิภาพ	Vab	Vbc	Vca	I a	I b	I c		
31	–	2,967	3	45	380	81	0.89	91.5	405	–	–	45.8	–	–	25.6	0.80
32	–	2,950	3	45	380	84	0.9	91.5	–	–	–	–	–	–	–	–
33	–	2,960	3	37	380	67	0.89	91.0	406	–	–	52.2	–	–	30.9	0.84
34	–	2,920	3	45	380	84	0.91	91.5	405	–	–	38.5	–	–	22.6	0.84
35	–	–	3	22	380	42	–	89.8	–	–	–	–	–	–	–	–
36	–	–	3	22	380	42	–	89.8	–	–	–	–	–	–	–	–
37	–	–	3	30	380	58	–	90.4	–	–	–	–	–	–	–	–
38	–	–	3	30	380	58	–	90.4	–	–	–	–	–	–	–	–

ตารางที่ ช.3 กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งทั้งหมดในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม [9] [229]

ลำดับที่	สถานที่ใช้งาน	หน้าที่	ขนาด (กิโลวัตต์)	จำนวน	รวม (กิโลวัตต์)	หมายเหตุ
1	ชั้นกังหันน้ำ	Governer oil pump	45	6	270	
2	ห้องอัดอากาศ	Tool air comperssor	45	2	90	
3	ห้องอัดอากาศ	Operating air compressor	22	2	44	
4	ห้องอัดอากาศ	Dewatering air compressor	150	2	300	
5	ดราฟท์ทิวป์	Normol drainage pump	18.5	2	37	
6	ดราฟท์ทิวป์	Emergency drainage pump	220	4	880	
7	โรงกรองน้ำ	ปั๊มน้ำประปา	45	2	90	
8	แพท้ายเขื่อน	ผลิตน้ำประปา	37	6	222	
9	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำทั่วไป	45	3	135	
10	สระน้ำหน้าที่ทำการ	ปั๊มน้ำทั่วไป	37	1	37	
11	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำทั่วไป	22	2	44	
12	แพหน้าเขื่อน	ปั๊มน้ำทั่วไป	30	2	60	
รวมกำลังไฟฟ้า					**2,209.00**	**กิโลวัตต์**

<u>หมายเหตุ</u> รวมกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้าตามตาราง หมายถึง มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานทั้งหมด นอกจาก ระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตร ที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.1 โปรแกรมคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็น [27]

```
program findflowwateropt;
var     Va,Tinw,L,Qw,Fw,Fw1,Tavgw,Toutw:real;
        Cpw,pw,Q1,Tina,Ts,Touta,Td:real;
        Tavga,Q2,Qa,Pa,Cpa,a,b,d:real;
        v,Red,R,P,F,DTm,U:real;
        check,check1,check2:real;
{-------------------------------------------------------}

procedure runair(Tina:real);
begin
  repeat
   Tavga:=(Tina+Touta)/2;
   Tavga:=Tavga+273.15;
   pa:=364.41*(exp(-1.0051*Ln(Tavga)));
   Cpa:=(0.0002*Tavga)+0.9682;
   Q2:=pa*Va*Cpa*1.3492*(Tina-Touta)*8;
   Tina:=Tina-0.01;
   check2:= abs(Qa-Q2)/Qa;
  until check2<=0.001;
end;

procedure runwater(Toutw:real);
begin
  repeat
   Tavgw:=(Tinw+Toutw)/2;
   Cpw:=(0.00001*exp(2*Ln(Tavgw)))-(0.0012*Tavgw)+4.2076;
   pw:=(-0.0026*exp(2*Ln(Tavgw)))-(0.1635*Tavgw)+1001.8;
   Q1:=(Fw*pw*Cpw*(Toutw-Tinw))/1000;
   Toutw:=Toutw-0.01;
   check1:= abs(Qw-Q1)/Qw;
  until check1<=0.01;
end;

{-------------------------------------------------------}

begin
  write('Enter load (MW) : ');
  readln(L);
  write('Enter air velocity (m/s) : ');
  readln(Va);
  write('Enter cooling water inlet temperature (C) : ');
  readln(Tinw);
  write('Enter cooling water flow (m3/min) : ');
  readln(Fw1);
  Fw:=Fw1/60;
  write('Heat reject to water at ',L:3:2,' MW (kW)  : ');
  readln(Qw);
  write('Air heat load at ',L:3:2,' MW (kW)  : ');
  readln(Qa);
  writeln('*******************************************');
  writeln(' Find the appropriate water flow rate at Ts');
  write(' Enter a desire stator temperature (C) : ') ;
  readln(Td);
  writeln('*******************************************');
  writeln(' For trial and error in water part ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.1 โปรแกรมคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่เหมาะสมของน้ำหล่อเย็น (ต่อ)

```
write(' Guess Toutw (about 34 oC) :');
readln(Toutw);
writeln('*********** DATA IN WATER PART*************');
writeln('1.Generator power          ',L:3:2,'      MW');
writeln('2.Qw                       ',Qw:4:2,'     kW');
writeln('3.Tinw                    ',Tinw:2:2,'    oC');
writeln('4.Toutw                   ',Toutw:2:2,'   oC');
writeln('5.Fw                  ',Fw:4:2,'    m3/min');
writeln('*********************************************');
writeln(' For trial and error in air part ');
writeln(' We don''t know Tina');
write(' Guess Tina (about 56 oC) :');
readln(Tina);
writeln('************* DATA IN AIR PART*************');
writeln('1.Generator power              ',L:3:2,'   MW');
writeln('2.Qa                      ',Qa:4:2,'      kW');
writeln('3.Touta                   ',Touta:2:2,'   oC');
writeln('4.Number of air cooler          8       unit');
writeln('5.Air cooler area             1.349     m3');
writeln('6.Average air velocity        5.0833  m/s');
writeln('*********************************************');

repeat
 runwater(Toutw);
 Touta:=(0.6204*(Toutw+0.01))+10.965;
 runair(Tina);
 Ts:=(3.0675*(Tina+0.01))-86.864;
 check:=abs(Td-Ts)/Td;
 Fw:=((Fw*60)-150)/60;
 Toutw:=Toutw+0.27;
 Tina:=Tina+0.27 ;
until check<=0.01;
a:=(Fw*60)+150;

{-----------------------------------------------}
writeln;
writeln('*************** Conclusion ***************');
writeln;
writeln('At Tstator =  ',Ts:3:3,' C');
writeln('1.Appropiate Fw = ',a:4:3,' m3/min');
writeln('2.Toutw = ',Toutw-0.27:3:2,' oC');
writeln('3.Touta = ',Touta:3:2,' oC');
writeln('4.Tina = ',Tina-0.27:3:2,' oC');
writeln('5.Tinw = ',Tinw:3:2,' oC');
readln;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.2 ข้อมูลที่ใช้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำ [26]

อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)	ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)
0.0	999.8	4.2
4.4	999.8	4.2
10.0	999.2	4.2
15.6	998.6	4.2
21.1	997.4	4.2
26.7	995.8	4.2
32.2	994.9	4.2
37.8	993.0	4.2
43.3	990.6	4.2
48.9	988.8	4.2
54.4	985.7	4.2
60.0	983.3	4.2
65.6	980.3	4.2
71.1	977.3	4.2
76.7	973.7	4.2
82.2	970.2	4.2
87.8	966.7	4.2
93.3	963.2	4.2
104.4	955.1	4.2
115.6	946.7	4.2
126.7	937.2	4.3
137.8	928.1	4.3
148.9	918.0	4.3
176.7	890.4	4.4
204.4	859.4	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.3 ข้อมูลที่ใช้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศ [26]

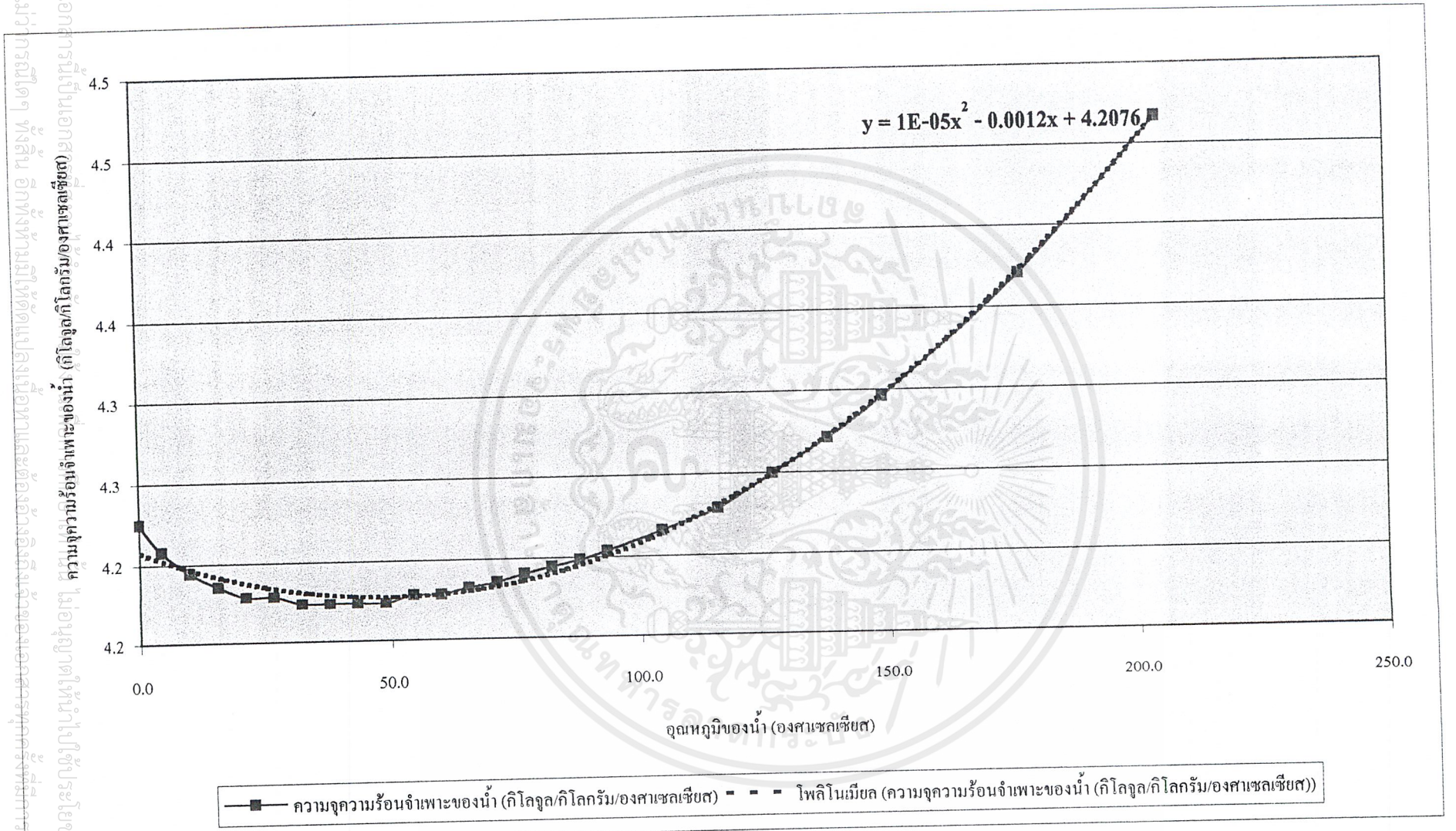
อุณหภูมิของอากาศ (เคลวิน)	ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ(กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)
100	3.601	1.0266
150	2.3675	1.0099
200	1.7684	1.0061
250	1.4128	1.0053
300	1.1774	1.0057
350	0.998	1.009
400	0.8826	1.014
450	0.7833	1.0207
500	0.7048	1.0295
550	0.6423	1.0392
600	0.5879	1.0551
650	0.543	1.0635
700	0.503	1.0752
750	0.4709	1.0856
800	0.4405	1.0978
850	0.4149	1.1095
900	0.3925	1.1212
950	0.3716	1.1321
1000	0.3524	1.1417

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.4 ข้อมูลที่ใช้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็นกับอุณหภูมิขาออกของอากาศและอุณหภูมิขาเข้าของอากาศกับอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ (ข้อมูลจากตารางที่ ฌ.3)

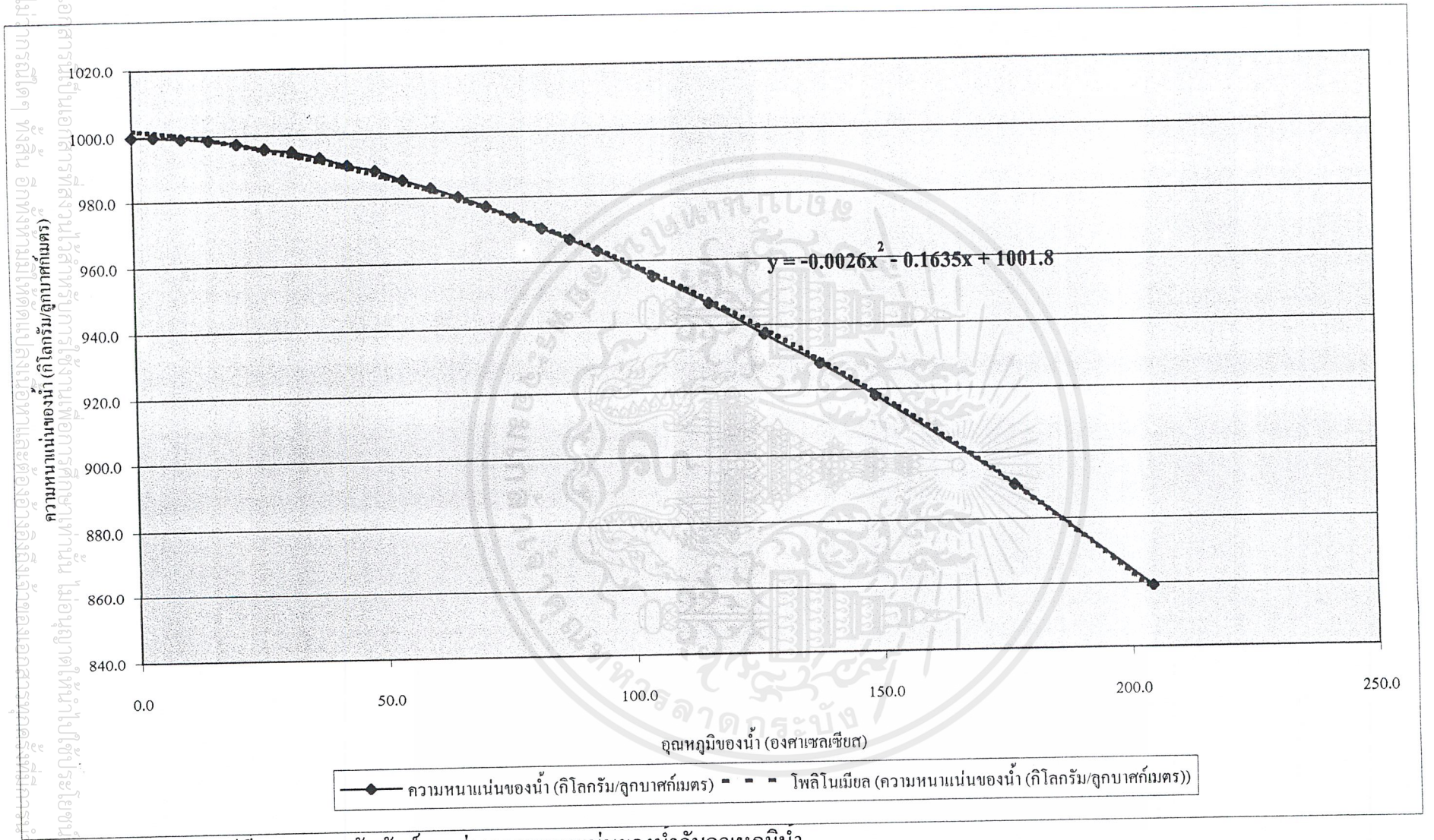
อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร/นาที)	อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิขาออกของอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ (องศาเซลเซียส)
3603.7	32.73	31.27	57.57	89.73
4916.5	31.65	30.6	55.05	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



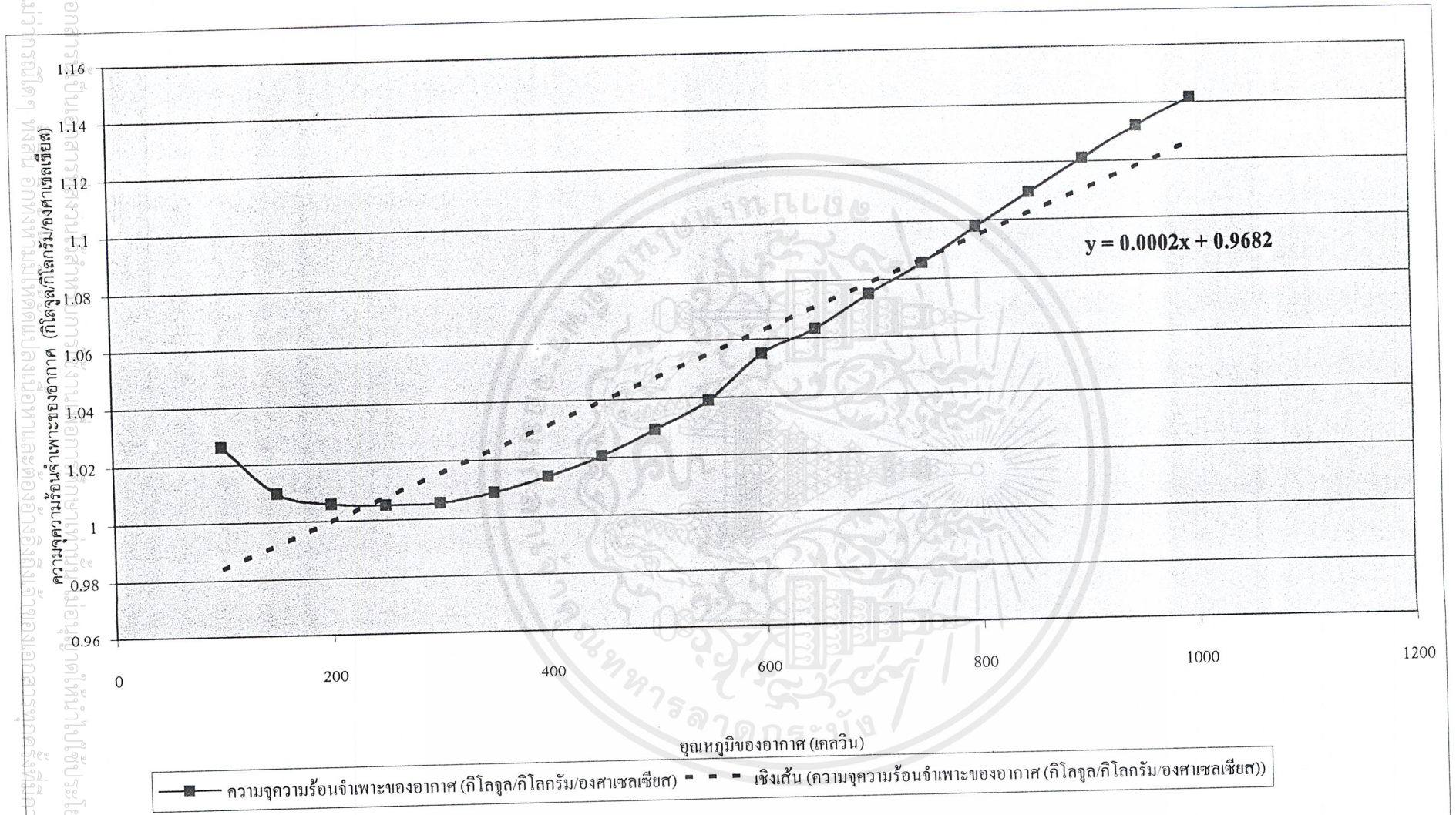
รูปที่ ซ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำ

แกน y คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ และแกน x คือ อุณหภูมิของน้ำ (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.2)

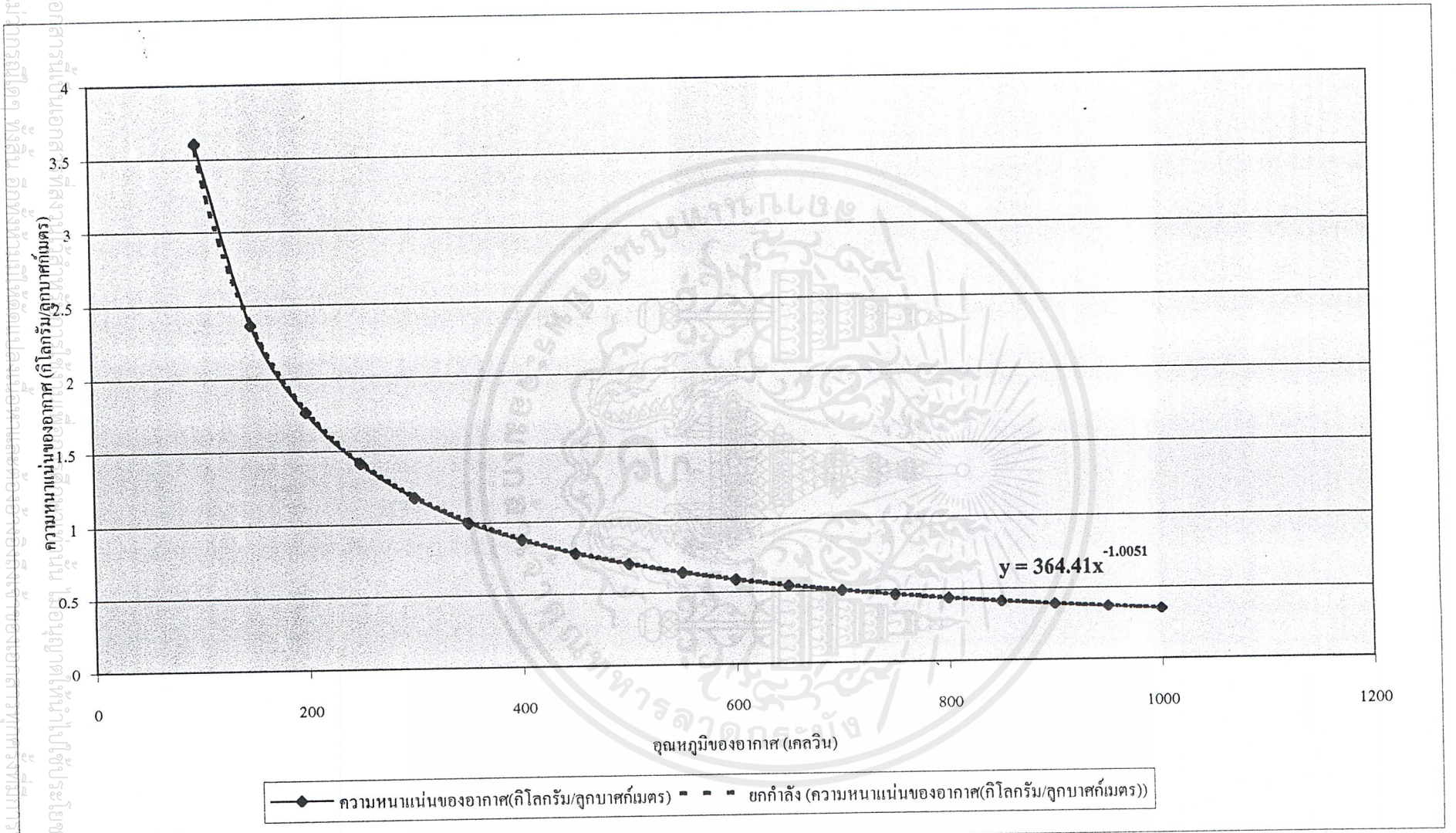


รูปที่ ซ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของน้ำกับอุณหภูมิน้ำ

แกน y คือ ความหนาแน่นของน้ำ และแกน x คือ อุณหภูมิของน้ำ (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.2)

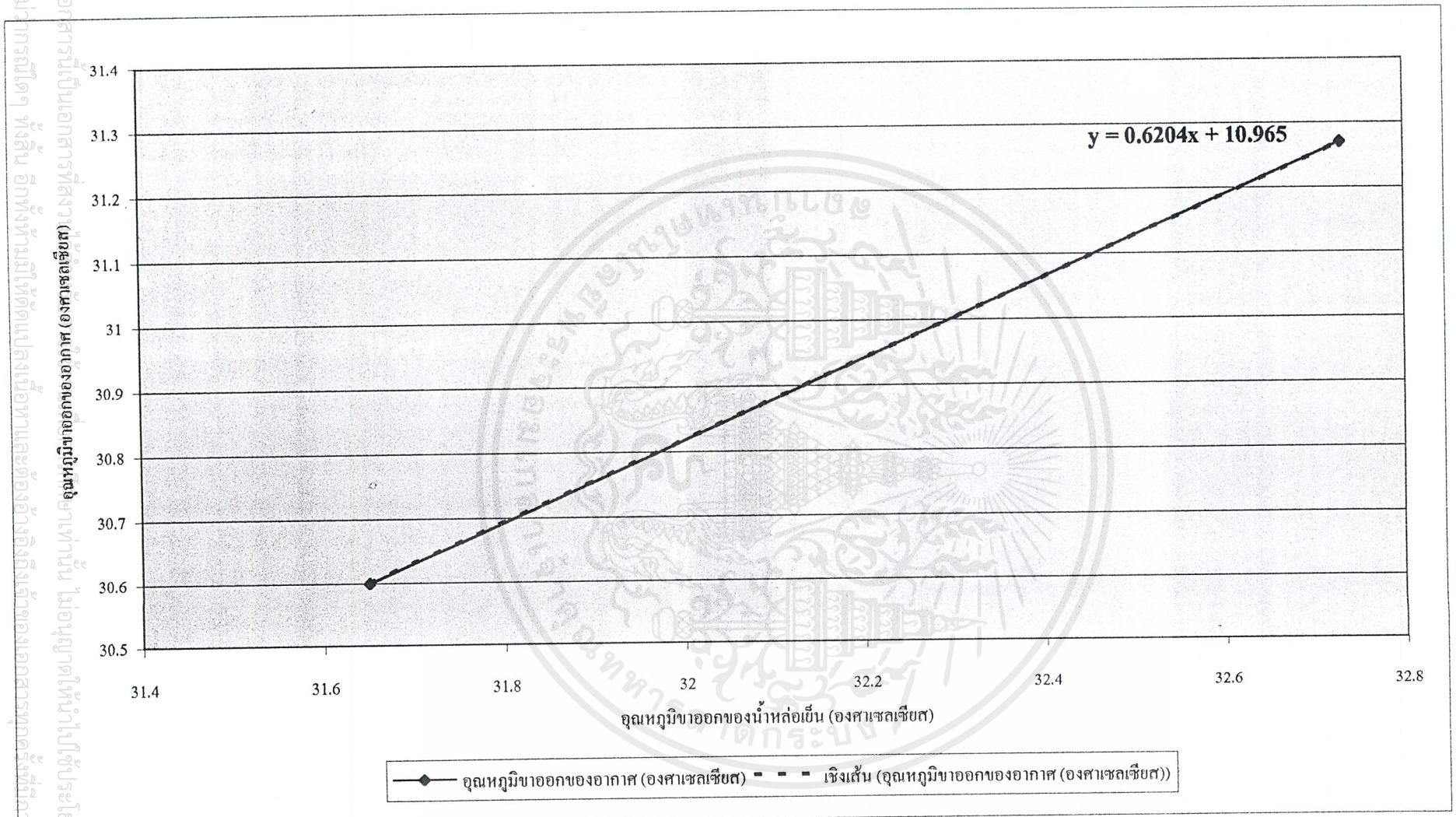


รูปที่ ซ.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศ
แกน y คือ ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ และแกน x คือ อุณหภูมิของอากาศ (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.3)

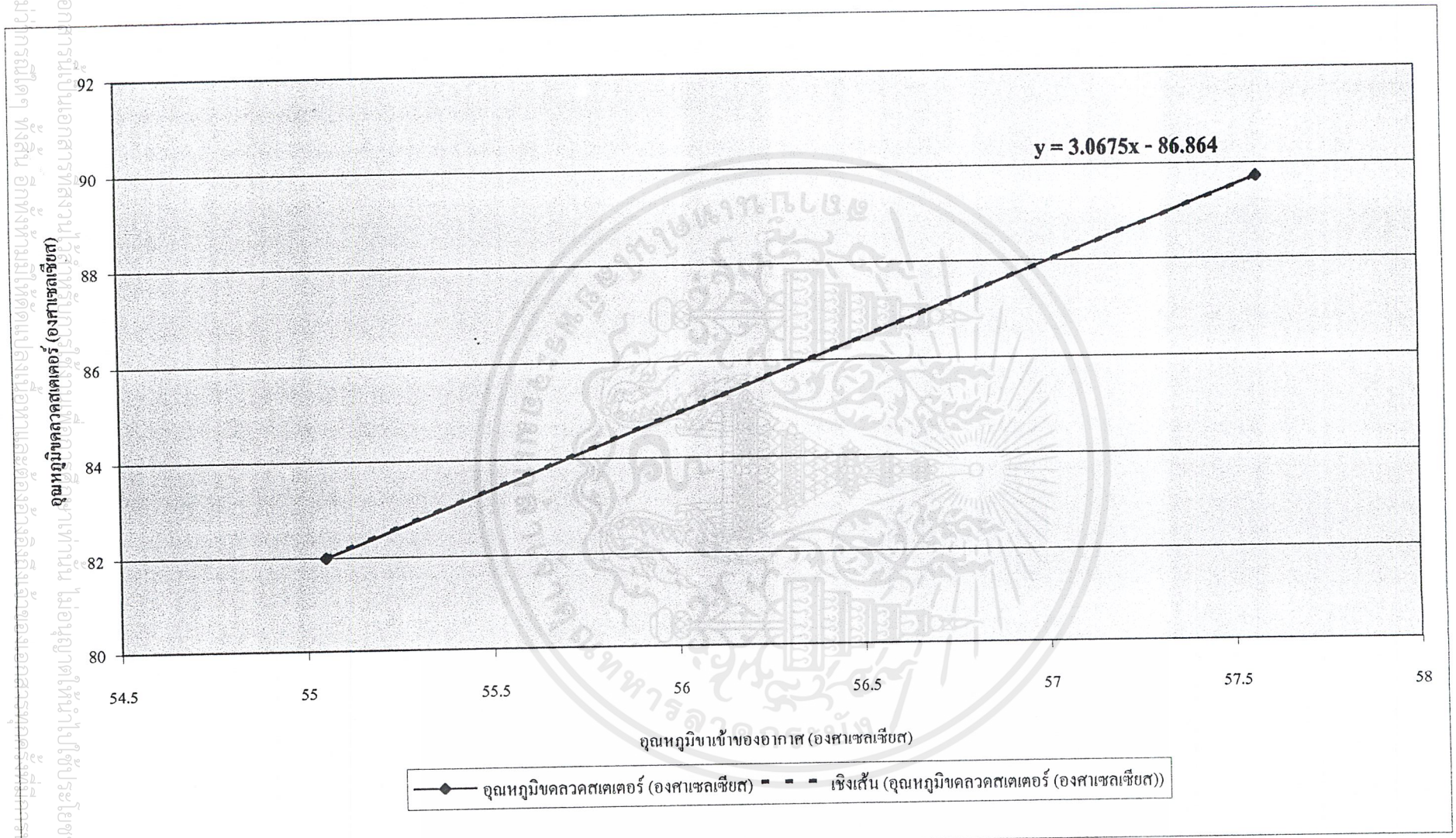


รูปที่ ซ.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศ

แกน y คือ ความหนาแน่นของอากาศ และแกน x คือ อุณหภูมิของอากาศ (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.3)



รูปที่ ซ.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของอากาศกับอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น
แกน y คือ อุณหภูมิขาออกของอากาศ และแกน x คือ อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.4)



รูปที่ ซ.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์กับอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ

แกน y คือ อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ และแกน x คือ อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ (ข้อมูลจากตารางที่ ซ.4)

ภาคผนวก ฌ

ผลการสำรวจการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อน

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฌ.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ [25]

- ในการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$q_w = m_w wc_{pw}\left(T_{outw} - T_{inw}\right) \qquad (ฌ.1)$$

โดยที่ q_w คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำ (กิโลวัตต์)

m_w คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำหล่อเย็น (กิโลกรัม/วินาที)

T_{outw} คือ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาออก (องศาเซลเซียส)

T_{inw} คือ อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นขาเข้า (องศาเซลเซียส)

c_{pw} คือ ค่าความจุความร้อนของน้ำ (กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)

แต่เนื่องจากอัตราการไหลเชิงมวลของของไหลนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหลดังสมการ

$$m = \rho Q \qquad (ฌ.2)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหล (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

นำสมการที่ ฌ.2 ไปแทนในสมการที่ ฌ.1 จะได้ความสัมพันธ์ใหม่เกิดขึ้นดังนี้

$$q_w = \rho_w Q_w c_{pw}\left(T_{outw} - T_{inw}\right) \qquad (ฌ.3)$$

โดยที่ ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

Q_w คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอัตราการไหลเชิงปริมาตรของของไหลนั้นมีความสัมพันธ์กับความเร็วของของไหลดังนี้

$$Q = VA \qquad (ฌ.4)$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของของไหล (เมตร/วินาที)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

นำสมการที่ ฌ.4 ไปแทนในสมการที่ ฌ.3 จะได้

$$q_w = \rho_w V_w A c_{pw} \left(T_{outw} - T_{inw}\right) \qquad (ฌ.5)$$

โดยที่ V_w คือ ความเร็วของน้ำหล่อเย็น (เมตร/วินาที)

- ในการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศสามารถคำนวณได้ดังนี้ [26]

$$q_a = m_a c_{pa} \left(T_{outa} - T_{ina}\right) \qquad (ฌ.6)$$

โดยที่ q_a คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศ (กิโลวัตต์)

m_a คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (กิโลกรัม/วินาที)

T_{outa} คือ อุณหภูมิของอากาศขาออก (องศาเซลเซียส)

T_{ina} คือ อุณหภูมิของอากาศขาเข้า (องศาเซลเซียส)

c_{pa} คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ (กิโลจูล/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส)

นำสมการที่ ฌ.2 ไปแทนในสมการที่ ฌ.6 จะได้

$$q_a = \rho_a Q_a c_{pa} \left(T_{outa} - T_{ina}\right) \qquad (ฌ.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

Q_a คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

จากสมการที่ ฌ.4 นำไปแทนในสมการที่ ฌ.7 จะได้

$$q_a = \rho_a V_a Ac_{pa} \left(T_{outa} - T_{ina}\right) \qquad \text{(ฌ.8)}$$

โดยที่ V_a คือ ความเร็วของอากาศ (เมตร/วินาที)

ฌ.2 การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่น้ำของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 3

1. การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่น้ำของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจากตารางที่ ฌ.1มีดังนี้

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น	4,100	ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น	25.30	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น	29.60	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น	27.45	องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของน้ำที่ 27.45 องศาเซลเซียส [26]	995.67	กิโลกรัม/ตารางเมตร
- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำที่ 27.45 องศาเซลเซียส [26]	4.1783	กิโลจูล/กิโลกรัม/เคลวิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ ฌ.3 จะได้

$$q_w = 995.67 \times (4,100/60) \times 4.1783 \times (29.6-25.3) \quad \text{กิโลวัตต์}$$

$$= 1,222.41 \text{ กิโลวัตต์}$$

2. การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากอากาศสู่น้ำของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจากตารางที่ ฌ.2 มีดังนี้

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น	3,600	ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น	27.80	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น	33.00	องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น	30.40	องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นของน้ำที่ 30.4 องศาเซลเซียส [26]	995.195	กิโลกรัม/ตารางเมตร
- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำที่ 30.4 องศาเซลเซียส [26]	4.1756	กิโลจูล/กิโลกรัม/เคลวิน

เพราะฉะนั้นจากสมการที่ ฌ.3 จะได้

$$q_w = 995.195 \times (3,600/60) \times 4.1756 \times (33-27.8) \quad \text{กิโลวัตต์}$$

$$= 1,296.53 \text{ กิโลวัตต์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฌ.3 การคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำที่เหมาะสม

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำที่เหมาะสม หมายถึง การหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นที่ต่ำสุดที่จะทำให้ไม่เกิดเนื่องจากเกิดสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด ปริมาณน้ำที่สามารถประหยัดได้จากการหล่อเย็นจะนำไปใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 นั้นสามารถที่จะประหยัดน้ำหล่อเย็นได้ จึงเขียนโปรแกรมปาสคาลเพื่อคำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำที่เหมาะสม ณ สภาวะโหลดหนึ่ง ๆ ขึ้นมา (รายละเอียดในตาราง ซ.1)

1. ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

- การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ (Q_w) จะใช้สมการที่ ฌ.3

โดยที่ A คือ พื้นที่หน้าตัดของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 ทั้ง 8 ชุดเท่ากับ 10.7936 ตารางเมตร สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นของน้ำกับอุณหภูมิของน้ำสามารถดูจากภาคผนวก ซ ในรูปที่ ซ.1 และรูปที่ ซ.2 ตามลำดับ

- การคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ (Q_a) จะใช้สมการที่ ฌ.8

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นของอากาศกับอุณหภูมิของอากาศสามารถดูจากภาคผนวก ซ ในรูปที่ ซ.3 และรูปที่ ซ.4 ตามลำดับ

2. ขั้นตอนคำนวณในโปรแกรม มีดังนี้

1) กำหนดข้อมูลดังนี้

- กำลังการผลิต (L)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ที่ต้องการรักษาให้คงที่ (T_d)
- ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ (V_a)
- อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ (Q_a)
- อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น(T_{inw})
- อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็น (F_w)
- อัตราการถ่ายเทความร้อนด้านน้ำ (Q_w)

2) ที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นค่าหนึ่ง จะต้องสมมติอุณหภูมิขาออก ของน้ำหล่อเย็น(T_{outw}) ค่าแรก เพื่อที่โปรแกรมจะนำไปใช้ในการคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C_{pw}) และความหนาแน่นของน้ำ (p_w) ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำหล่อเย็นขาเข้าและขาออก จากนั้นค่าที่ได้จะถูกคำนวณเพื่อหาอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำค่าแรก(Q_1) โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง Q_1 มีค่าแตกต่างจาก Q_w น้อยกว่า 0.01 ก็จะได้อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสม

3) จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของอากาศ (T_{outa}) กับอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น (T_{outw}) จากภาคผนวก ซ ในรูปที่ ซ.5 ทำให้สามารถที่จะหาอุณหภูมิขาออกของอากาศที่เหมาะสม ซึ่งค่าที่ได้นี้โปรแกรมจะนำไปคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (C_{pa}) ความหนาแน่นของอากาศ (p_a) ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศขาเข้าและขาออก และอัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศค่าแรก (Q_2) โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศขาเข้าไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง Q_2 มีค่าแตกต่างจาก Q_a น้อยกว่า 0.001 ก็จะได้อุณหภูมิขาเข้าของอากาศที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เมื่อได้อุณหภูมิขาเข้าของอากาศที่เหมาะสมค่าหนึ่งก็สามารถหาอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ (T_s) ที่เกิดขึ้นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์กับอุณหภูมิขาเข้าของอากาศในภาคผนวก ซ รูปที่ ซ.6

5) โปรแกรมจะทำการลดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นลงไปเรื่อยจนกระทั่ง T_s นั้นมีค่าแตกต่างจาก T_d น้อยกว่า 0.01 ก็จะได้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมออกมาที่จะสามารถรักษาอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ ให้มีค่าไม่เกินค่าที่กำหนดได้

3. ผลการคำนวณ

ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลจากตารางที่ ฌ.3 และได้อุณหภูมิของขดลวดสเตเตอร์ที่ต้องการเท่ากับ 95 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือ

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสม 3,266.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที
- อุณหภูมิขาออกของอากาศ 33.91 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ 58.97 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น 36.97 องศาเซลเซียส

4. วิเคราะห์ผลการคำนวณ

เนื่องจากน้ำที่ประหยัดได้สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ในการเกษตร เป็นต้น ในที่นี้กำหนดว่าน้ำที่สามารถประหยัดได้ทั้งหมดจะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 พบว่า อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง จะมีเนทเฮดน้อยที่สุดเท่ากับ 57.00 เมตร จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 88.5 เมกะวัตต์ ดังนั้นสามารถคำนวณหาอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็นได้ ดังสมการ

$$p = \rho \frac{g}{g_c} QH \qquad (ม.9)$$

โดยที่ p คือ กำลังการผลิตไฟฟ้า (วัตต์)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำที่บรรยากาศ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที^{2}) เท่ากับ 9.81 เมตร/วินาที^{2}

g_c คือ ค่าตัวประกอบเปลี่ยนแปลง (Conversion factor) เท่ากับ 1 กิโลเมตรเมตร/นิวตัน/วินาที^{2}

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)

H คือ เนทเฮดของน้ำ (เมตร)

ดังนั้นอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ = 88,500,000 /(1,000 x 9.81 x 57) ลูกบาศก์เมตร/วินาที

= 158.27 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

นั่นคือถ้าต้องการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์จะต้องใช้น้ำที่มีอัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำ

= 158.27/88.5 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เมกะวัตต์

= 1.788 ลูกบาศก์เมตร/วินาที/เมกะวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ชั่วโมงจะใช้ปริมาณของน้ำ (Specific consumption water)

= 6.4368 ลูกบาศก์เมตร/กิโลวัตต์/ชั่วโมง

- การหาปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ทั้งหมด

จากผลการคำนวณสามารถประหยัดน้ำได้

= 4,916.5-3,266.5 ลิตร/นาที

= 1,650 ลิตร/นาที

จากตารางที่ ฎ.1 จะได้เวลาปฏิบัติงานทั้งหมดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3

= 3,518.3 ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นน้ำที่ประหยัดได้ทั้งหมด = (1,650 x 3518.3 x 60)/1,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี

= 253,317.6 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- หาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากน้ำที่ประหยัดได้

= 253,317.6/6.4368 กิโลวัตต์ชั่วโมง

= 39,347.25 กิโลวัตต์ชั่วโมง

อัตราค่าไฟฟ้า = 1.556 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 61,224.32 บาท/เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ถ้าใช้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่คำนวณจากโปรแกรม (รายละเอียดในตารางที่ ซ.1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และ หน่วยที่ 2 จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นคิดเป็นมูลค่า

= 1,833,672.96 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ข้อจำกัดของโปรแกรมคำนวณ

จะใช้ได้กับที่เงื่อนไขกำหนดไว้เท่านั้น ถ้าต้องการใช้ที่เงื่อนไขอื่น ๆ จะต้องทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขาออกของอากาศกับอุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็นและความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์กับอุณหภูมิขาเข้าของอากาศใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฌ.1 การตรวจวัดเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 1 [9]

โหลด (เมกะวัตต์)	Reactive power (เมกะวาร์)	Generator capacity (เมกะโวลต์แอมป์)	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร/นาที)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ (องศาเซลเซียส)
				ขาเข้า	ขาออก	ขาเข้า	ขาออก	
97.0	5.0	97.13	4,100	25.3	29.6	72.5	50.0	98.5
97.5	0.0	97.50	4,100	25.3	29.6	72.5	50.0	99.0
97.5	0.0	97.50	4,100	25.3	29.6	72.5	50.0	99.5
97.5	3.0	97.55	4,100	25.3	29.6	72.5	50.0	99.5
97.0	7.5	97.29	4,100	25.3	29.6	72.5	50.0	99.5
97.0	2.0	97.02	4,100	25.3	29.6	73.0	50.0	99.5
97.0	5.0	97.13	4,100	25.3	29.6	73.0	50.5	100.0
97.0	4.0	97.08	4,100	25.3	29.6	73.0	50.5	100.0
97.0	4.0	97.08	4,100	25.3	29.6	73.0	50.5	100.0
97.0	0.0	97.00	4,100	25.3	29.6	73.0	50.5	100.0
97.0	4.0	97.08	4,100	25.3	29.6	73.0	50.5	100.0
เฉลี่ย	**3.1**	**97.21**	**4,100**	**25.3**	**29.6**	**72.8**	**50.2**	**99.6**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฌ.2 การตรวจวัดเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชุดที่ 3 [9]

โหลด (เมกะวัตต์)	Reactive Power (เมกะวาร์)	Generator capacity (เมกะโวลต์แอมป์)	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็น (ลูกบาศก์เมตร/นาที)	อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)		อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์ (องศาเซลเซียส)
				ขาเข้า	ขาออก	ขาเข้า	ขาออก	
96.7	48.0	108.0	3,622	27.7	32.5	60.0	32.0	89.0
96.3	51.0	109.0	3,605	27.7	35.6	60.0	32.0	89.0
97.7	46.0	108.0	3,616	27.8	32.7	60.0	32.0	89.0
97.9	48.0	109.0	3,619	27.8	32.7	60.0	32.0	90.0
98.1	48.0	109.2	3,625	27.8	32.7	60.0	32.0	90.0
97.4	49.0	109.0	3,573	27.8	32.7	60.0	32.0	90.0
98.1	48.0	109.2	3,576	27.8	32.7	60.0	32.0	90.0
98.6	49.0	110.1	3,579	27.7	32.7	60.0	32.0	90.0
100.0	48.5	111.1	3,608	27.7	32.8	61.0	32.0	90.0
100.0	48.5	111.1	3,584	27.8	32.8	61.0	33.0	90.0
98.6	49.0	110.1	3,590	27.8	32.9	61.0	32.0	91.0
เฉลี่ย	**48.5**	**109.4**	**3,600**	**27.8**	**33.0**	**60.3**	**32.1**	**89.8**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฌ.3 ข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 3 [9]

ข้อมูล	หน่วย	ทดสอบ	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1. วันที่ทำการทดสอบ		16 กรกฎาคม พ.ศ.2543	
2. เวลาที่ทำการทดสอบ		14.10-15.00	17.00-18.00
3. Generator capacity	เมกะโวลต์แอมป์	99.27	
4. โหลด	เมกะวัตต์	86.27	
5. Reactive power	เมกะวาร์	49.09	
6. ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ	เมตร/วินาที	5.0833	
7. พื้นที่หน้าตัดของเครื่องระบายความร้อน	ตารางเมตร/เครื่อง	1.34920	
8. อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ	องศาเซลเซียส	55.05	57.57
9. อุณหภูมิขาออกของอากาศ	องศาเซลเซียส	30.60	31.27
10. อุณหภูมิขาเข้าของน้ำหล่อเย็น	องศาเซลเซียส	27.82	27.76
11. อุณหภูมิขาออกของน้ำหล่อเย็น	องศาเซลเซียส	31.65	32.73
12. อุณหภูมิขดลวดสเตเตอร์	องศาเซลเซียส	82.00	89.73
13. อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านอากาศ	กิโลวัตต์	1,489.70	
14. อัตราการถ่ายเทความร้อนทางด้านน้ำ	กิโลวัตต์	1,306.91	
15. อัตราการไหลเชิงปริมาตรของน้ำหล่อเย็น	ลูกบาศก์เมตร/นาที	4,916.5	3,603.7
16. จำนวนเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	เครื่อง/หน่วย	8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ญ.1 โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์การใช้โคมไฟฟ้า [9]

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

- ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ		
1. อุปกรณ์	303436.52	บาท
2. ค่าแรงติดตั้ง	0	บาท
3. ค่าเก็บงาน	0	บาท
รวม	303436.52	บาท
4. ค่าดำเนินการ	0	บาท/ปี
5. ค่าบำรุงรักษา	0	บาท/ปี
รวม	0	บาท/ปี
6. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	18622.64	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
7. ค่าพลังงานไฟฟ้า	1.556	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโม
8. อายุการใช้งานของอุปกรณ์	10	ปี
- ค่าที่ใช้ในการคำนวณ		
1. Conversion factor สำหรับเงินลงทุน	0.88349	
2. Conversion factor สำหรับค่าแรง	1	
3. Inflation rate สำหรับค่าอุปกรณ์และค่าแรง	6.5	%
4. Inflation rate สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้า		
ปัจจุบัน - 2542	1	%
ตั้งแต่ 2543	4.5	%
- ผลการคำนวณ		
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์	5.31	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ญ.2 โปรแกรมการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง [9]

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

- ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ		
1. อุปกรณ์	1362645	บาท
2. ค่าแรงติดตั้ง	22500	บาท
3. ค่าเก็บงาน	127350	บาท
รวม	1512495	บาท
4. ค่าดำเนินการ	0	บาท/ปี
5. ค่าบำรุงรักษา	0	บาท/ปี
รวม	0	บาท/ปี
6. พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	84267	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
7. ค่าพลังงานไฟฟ้า	1.887	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโม
8. อายุการใช้งานของอุปกรณ์	15	ปี
- ค่าที่ใช้ในการคำนวณ		
1. Conversion factor สำหรับเงินลงทุน	0.88349	
2. Conversion factor สำหรับค่าแรง	1	
3. Inflation rate สำหรับค่าอุปกรณ์และค่าแรง	8	%
4. Inflation rate สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้า		
ปัจจุบัน - 2542	1	%
ตั้งแต่ 2543	4.5	%
- ผลการคำนวณ		
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์	12.59	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฎ

ค่า Gross Capacity factor (GCF) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฎ.1 ค่า Gross Capacity Factor (GCF) ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม										
เดือน	Gross Generation - MWh				Operating Hour - h			Gross Capacity Factor (GCF) - %		
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	รวม	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
กค 42	9,900.50	9,829.30	7,878.20	27,608.00	174.00	174.80	127.00	13.31	13.21	10.59
สค 42	19,484.10	19,673.60	23,836.30	62,994.00	288.90	289.20	356.30	26.19	26.44	32.04
กย 42	21,270.10	21,224.60	27,615.10	70,109.80	288.30	288.00	375.40	29.54	29.48	38.35
ตค 42	11,224.10	11,304.50	15,128.30	37,656.90	158.30	158.00	215.20	15.09	15.19	20.33
พย 42	6,968.20	7,150.00	9,448.80	23,567.00	101.50	103.60	138.80	9.68	9.93	13.12
ธค 42	11,051.20	11,414.50	10,676.30	33,142.00	169.70	173.60	165.40	14.85	15.34	14.35
มค 43	14,925.10	14,253.20	15,664.00	44,842.30	220.20	209.00	224.90	20.06	19.16	21.05
กพ 43	23,375.90	23,696.90	23,812.50	70,885.30	322.20	326.00	323.70	33.59	34.05	34.21
มีค 43	30,594.80	30,849.60	30,652.20	92,396.60	409.70	407.90	404.80	41.53	41.46	41.20
เมย 43	26,851.90	27,203.50	27,220.20	81,275.60	366.10	368.30	368.70	37.29	37.78	37.81
พค 43	29,474.20	29,368.50	29,696.70	88,539.40	404.20	402.70	402.60	39.62	39.47	39.91
มิย 43	29,813.70	30,036.70	29,810.60	89,661.00	714.30	420.20	416.10	41.41	41.72	41.40
รวม	235,233.80	236,004.90	251,439.20	722,677.90	3,617.40	3,321.30	3,518.90	322.15	323.24	344.38
เฉลี่ย	19,602.82	19,667.08	20,953.27	60,223.16	301.45	276.78	293.24	26.85	26.94	28.70

ภาคผนวก ฎ

เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฎ.1 เครื่องมือตรวจวัดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน [4]

เครื่องมือที่ใช้ในการคิดเงินหรือการทำบัญชีอาจจะแตกต่างจากเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงาน การพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ทำให้เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงานใช้ได้ง่าย เชื่อถือได้ และมีความเที่ยงตรง ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในก๊าซจากการเผาไหม้ สามารถวัดได้จากเครื่องมือชนิดที่ใช้สารเคมีดูดซึมหรืออาจจะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งจะมีราคาแพงกว่าแบบใช้สารเคมี แต่เครื่องมือแบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้ง่ายและค่าที่วัดได้ถูกต้องมากกว่า อีกตัวอย่างหนึ่ง ได้แก่ การวัดความร้อนสูญเสียเนื่องจากการแผ่รังสี เพื่อที่จะวัดอุณหภูมิผิวและการคำนวณความร้อนสูญเสียอาจจะใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิได้ทั้งแบบสัมผัสและไม่ต้องสัมผัส การใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์แบบไม่ต้องสัมผัสสามารถวัดความร้อนสูญเสียโดยตรง เครื่องมือวัดในโรงงานโดยทั่วไปอาจจะเป็นลักษณะติดตั้งซึ่งจะต้องวัดและบันทึกค่าเป็นประจำตำแหน่งเดียว ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงานเป็นจุด (Spot checking) ควรเป็นแบบเคลื่อนที่ได้ (Portable) และใช้ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับของการทำการตรวจสอบการใช้พลังงาน อาจจะเป็นแบบเบื้องต้นหรือการตรวจสอบรายละเอียด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับขนาด ชนิด และกระบวนการผลิต ดังนั้นควรเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมแก่การใช้งานและค่าใช้จ่าย

1. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) และเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิซึ่งเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับทุก ๆ ระดับของการตรวจสอบการใช้พลังงานประเภทของเทอร์โมมิเตอร์ก็มีหลายชนิดเหมาะกับงานต่าง ๆ กัน

ลักษณะงานที่ใช้วัดส่วนมาก เช่น การปรับอากาศ การระบายอากาศ การทำความร้อน เป็นต้น จะมีอุณหภูมิในช่วง –50 องศาเซลเซียส ถึง 250 องศาเซลเซียส ลักษณะงานเช่นนี้เทอร์โมมิเตอร์แบบอเนกประสงค์ (Multi-purpose) ที่ใช้ถ่านแบตเตอรี่และเคลื่อนย้ายได้จึงมีความเหมาะสม โดยปกติแล้วเทอร์โมมิเตอร์นี้จะมีหัววัด (Probe) 3 แบบ คือ หัววัดที่ใช้วัดของเหลว อากาศ และผิววัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์คับเปิลใช้วัดอุณหภูมิถึง 1000 องศาเซลเซียสหรือมากกว่านั้น มักใช้วัดอุณหภูมิในปล่องของหม้อน้ำและเตาอบ เครื่องมือที่สามารถวัดอุณหภูมิสูง ๆ มักมีราคาแพง

2. Surface pyrometer

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิบริเวณจุดพื้นผิว มีหัววัดที่สามารถแนบสนิทกับพื้นผิวได้ ใช้ในการวัดหาค่าความร้อนสูญเสียจากผนังและทดสอบการทำงานของสตรีมแทรป (Steam trap) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบใช้วัดอุณหภูมิต่ำ (ไม่เกิน 250 องศาเซลเซียส) และแบบใช้วัดอุณหภูมิสูง (ประมาณ 600 – 700 องศาเซลเซียส)

สำหรับประเภทอุณหภูมิต่ำอาจจะเป็นส่วนหนึ่งที่ติดมากับเทอร์โมมิเตอร์แบบอเนกประสงค์ ส่วนประเภทที่ใช้กับอุณหภูมิสูงนั้นใช้สำหรับงานเฉพาะ เช่น การตรวจสอบอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการเผาไหม้และการผลิตไอน้ำ

นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ไม่ต้องสัมผัส ซึ่งอาศัยการแผ่รังสีของแสงอินฟราเรดจากพื้นผิว เครื่องมือแบบนี้เหมาะกับงานทั่วไปและงานที่มีลักษณะมองเห็นได้แต่สัมผัสไม่ได้ เครื่องมือประเภท Optical pyrometer ใช้วัดอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,500 องศาเซลเซียส ใช้กับวัตถุที่สามารถเปล่งแสงได้เนื่องจากมีอุณหภูมิในตัวเองสูง

3. เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Psychrometer)

เป็นเครื่องมือวัดความชื้นความสัมพัทธ์ของอากาศ อาศัยหลักการความชื้นสัมพัทธ์ของอุณหภูมิกระเปาะแห้งกับกระเปาะเปียก ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกค่าต่อเนื่องได้

4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้าทั้งรูปกระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องวัดกระแสที่ใช้กับงานการตรวจสอบพลังงานควรจะเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้ และออกแบบมาเพื่อให้ใช้ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)

เป็นเครื่องมือวัดความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่าง 2 จุดในวงจรไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ วิธีการทำงาน คือ หนีบสายวัดสองจุดที่จะวัด ภายในสายวัดจะมีตัวต้านทานคงที่และกัลวาโนมิเตอร์ (Galvanometer) กระแสที่ผ่านตัวต้านทานคงที่เป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้าและกัลวาโนมิเตอร์จะชี้ไปยังค่าที่เป็นสัดส่วนกับแรงดันไฟฟ้า

6. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)

เป็นเครื่องมือใช้วัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าโดยตรง มีทั้งแบบที่ตรวจวัดไฟฟ้าแบบเฟสเดียวหรือสามเฟส

7. เครื่องวัดตัวประกอบกำลัง (Power factor meter)

ตัวประกอบกำลังเป็นค่าหนึ่งที่ใช้เพื่อคำนวณหาการใช้พลังงานไฟฟ้า และใช้วิเคราะห์แหล่งกำเนิดของเครื่องจักรที่ทำให้เกิดตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ เครื่องวัดตัวประกอบกำลังแบบเคลื่อนย้ายชนิด 3 เฟส สามารถวัดตัวประกอบกำลังได้ในช่วง 1.0 Loading จนถึง 1.0 Lagging กระแสถึง 1,500 แอมแปร์ ที่ 600 โวลต์

8. เครื่องทดสอบการเผาไหม้ (Combustion tester)

เป็นการหาค่าความเข้มข้นของก๊าซจากการเผาไหม้ โดยปกติจะพิจารณาวัดเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และออกซิเจน เครื่องมือชนิดนี้คือ Orsat apparatus การทดสอบประกอบด้วยการนำก๊าซที่ปล่องมาผ่านสารเคมีภายในตัวเครื่องวัด และวัดปริมาตรของก๊าซที่ลดลงไปหลังจากก๊าซถูกดูดซึม ข้อเสียของเครื่องมือชนิดนี้คือ ต้องเสียเวลาในการเตรียมเครื่องมือและผู้ใช้ต้องมีความชำนาญ ส่วนข้อดีคือ เป็นเครื่องมือที่เคลื่อนย้ายได้ ให้ค่าการวัดที่ค่อนข้างแม่นยำ ช่วงของการวัดต้องมีระดับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ คือ 0-12% โดยปริมาตร คาร์บอนมอนอกไซด์ คือ 0-0.5% โดยปริมาตร และออกซิเจน คือ 0-21% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เครื่องมือวัดความดันก๊าซ (Draft gauge)

เป็นการวัดความดันของก๊าซในเตา หน่วยที่ใช้อาจเป็นความดันหรือความสูงของน้ำ

10. เครื่องมือวัดระดับแสงสว่าง (Lux meter)

เป็นเครื่องมือวัดการส่องสว่างของแสงมีหน่วยเป็นลักซ์ โดยมีเซลล์ที่ไวต่อแสงเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือวัด ปกติเครื่องมือแบบนี้สามารถเคลื่อนย้ายและพกติดตัวได้

11. เครื่องมือทดสอบควัน (Smoke tester)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความหนาแน่นของควันในก๊าซจากการเผาไหม้ ในการวัดแต่ละครั้งจะนำควันจากปล่องก๊าซจำนวนหนึ่งมาผ่านกระดาษกรอง สีของควันที่ปรากฏขึ้นบนกระดาษกรองเมื่อนำไปเทียบกับสีมาตรฐานจะได้ค่าความหนาแน่นของควันในปล่อง

12. เครื่องมือวัดความเร็วอากาศ (Air velocity meter)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วของอากาศ อาศัยหลักการหมุนของใบพัดหมุน สามารถวัดความเร็วได้ถึง 10,000 ฟุต/นาที สามารถเคลื่อนย้ายได้ และมีช่วงการวัดกว้าง

13. เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก [28]

เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก มีหลักการวัดอัตราการไหลโดยอาศัยคลื่นความถี่เหนือเสียงมีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมี 2 แบบ คือ แบบ Counterpropagating และแบบ Doppler ทั้งสองแบบใช้วัดอัตราการไหลของของเหลว โดยที่ Counterpropagating ใช้สำหรับของเหลวที่สะอาด ส่วน Doppler สำหรับของเหลวที่มีสารแขวนลอยปะปนอยู่ด้วยเพื่อใช้เป็นตัวสะท้อนคลื่น ในโครงงานนี้ใช้แบบ Doppler

ก. เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโครงงานนี้ [9]

- เครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้า (Power recorder meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า
- เครื่องวัดตัวประกอบไฟฟ้า
- เครื่องวัดและบันทึกกระแสไฟฟ้า
- เครื่องวัดความเข้มแสง
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวิเคราะห์พลังงาน

ข. เครื่องมือวัดพลังงานความร้อนที่ใช้ในโครงงานนี้ [9]

- เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Contact และ Immersion
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี
- เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบหลายจุด
- เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- เครื่องวัดความร้อนสูญเสีย
- เครื่องวัดความเร็วก๊าซ
- เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพน้ำ
- เครื่องมือวัดความชื้นวัสดุ
- มิเตอร์วัดน้ำมันและวัดก๊าซ
- มิเตอร์วัดไอน้ำและคอนเดนเสท

ฎ.2 การพิจารณาเลือกเครื่องมือวัด [4]

- สามารถนำเครื่องมือวัดเข้าไปถึงจุดที่ต้องการวัดได้เพียงใด และมีความปลอดภัยในการใช้เพียงใด
- พิจารณาว่าต้องการจะแยกหัววัดกับตัวอ่านค่าออกจากกันหรือไม่
- ความแข็งแรงและทนทาน เครื่องมือประเภทเคลื่อนย้ายได้ส่วนใหญ่จะบอบบางแตกหักง่าย อาจจะต้องจ่ายเพิ่มอีกเล็กน้อยเพื่อจะได้เครื่องมือที่แข็งแรง
- อ่านค่าง่ายเพียงใด ในสภาวะแวดล้อมบางแห่งเครื่องมือวัดอาจจะไม่สะดวกในการอ่านค่า ถ้าการอ่านค่าเป็นตัวเลขดิจิตอลจะสะดวกและลดความผิดพลาดจากการอ่านได้มาก
- น้ำหนักของเครื่องมือทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงานนั้น สามารถยกได้เพียงคนเดียวหรือหลายคน
- เครื่องมือมีแหล่งพลังงานภายในของเครื่องวัดหรือต้องต่อมาจากภายนอก

ฎ.3 ข้อควรระวังในการทำงานเพื่อความปลอดภัย [4]

- ไม่ควรทำงานตามลำพัง
- จัดตำแหน่งแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และจุดที่จะทำงานให้เหมาะสมก่อนทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรตรวจสอบฉนวนของสารวัดทุกครั้งว่ามีรอยร้าวหรือไม่

- เลี่ยงการสัมผัสสายวัดหรือเครื่องวัดขณะที่มีกำลังจ่ายไฟให้กับวงจรที่กำลังวัด

- พิจารณาให้รอบคอบ หากสายวัดที่ใช้แตกต่างจากของเดิมที่เคยใช้อยู่

- อย่าแตะต้องวัตถุที่อาจเป็นทางผ่านของกระแสสู่จุดร่วมของวงจร

- ควรจะเปลี่ยนช่วงวัดของฟังก์ชันสวิทช์ขณะไม่ได้จ่ายไฟให้วงจรที่จะทำการวัด

- ต้องใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย เช่น หมวกแข็ง ถุงมือป้องกันแรงดันไฟฟ้า และในบางครั้งกล้องถ่ายรูปก็เป็นสิ่งที่มีประโยชน์สำหรับการทำเอกสารและรายงานผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฐ

บทความทางวิชาการตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต Volume 5 ฉบับที่ 1 2544

ฐ.1 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม หน้า 5-12

ฐ.2 การตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม หน้า 63-72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม
Energy Conservation in the Designated Buildings and Factories

อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
รดีบูรณ์ ชินสุทธิ
ภูริสา ดิฐกมล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail : kwanchal@kmitl.ac.th โทรศัพท์ 739-2418-9 โทรสาร 739-2418

บทคัดย่อ

บทความนี้อธิบายมาตรการเบื้องต้นในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม รวมถึงการควบคุมทางด้านนโยบายและการปฏิบัติเพื่อวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจสอบพลังงานในอาคารและโรงงานควบคุมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอาคารและโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการด้านพลังงานที่ดี มีการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการผลิตพลังงาน โดยวัดพลังงานที่ใช้ทั้งหมดเพื่อหามาตรการและแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานหรือเป้าหมายการใช้พลังงาน

ABSTRACT

This paper explains the principles of energy conservation in the designated buildings and factories as well as the policy and the operational control to use energy efficiently. Energy auditing in designated buildings and factories is necessary for a building or a factory, which wants to have a good energy management and to reduce environmental impacts from energy production, to plan the significant energy conservation and to set up the target energy consumption.

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิตทุกประเภท การใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสมทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงเกินความจำเป็น เพื่อให้กิจการสามารถดำเนินการและแข่งขันได้โรงงานจำเป็นต้องหาวิธีการต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต การตรวจสอบพลังงานจะช่วยให้อาคารหรือโรงงานควบคุมมีการจัดการด้านพลังงานที่ดี โดยทำการวัดการใช้พลังงานจริงแล้วเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ ซึ่งจะชี้ให้เห็นปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละระบบ ก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานซึ่งจะทำให้มีการผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจสอบพลังงานเป็นงานที่ต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อจะได้มีการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้พลังงานตามทฤษฎีกับการใช้จริง ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นว่าพลังงานได้ถูกใช้ไปอย่างใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำไมต้องใช้ ใช้ไปเท่าใด และเสียค่าใช้จ่ายเท่าใด เมื่อทราบถึงลักษณะการใช้พลังงาน จะช่วยให้สามารถหาวิธีการที่จะประหยัดพลังงานและลดต้นทุนการผลิตได้

บทความนี้กล่าวถึงมาตรการในการอนุรักษ์พลังงานและการตรวจสอบพลังงานเบื้องต้นในอาคารและโรงงานควบคุม

การอนุรักษ์พลังงาน [1-2]

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง การผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ อาคารควบคุมและโรงงานควบคุม เกณฑ์ในการพิจารณาโรงงานควบคุมนั้นจะใช้เกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งตามตารางที่ 1 คือ

- ขนาดของเครื่องวัดไฟฟ้าหรือขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งทำการติดตั้งจะเป็นชุดเดียวกันหรือหลายชุดรวมกันก็ได้
- การใช้ไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นอย่างใดอย่างหนึ่งรวมกัน โดยคิดปริมาณพลังงานที่ได้ทั้งหมดเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้า

ซึ่งอาจจะครอบคลุมโรงงานเดียวหรือหลายโรงงานภายใต้เลขที่เดียวกันที่มีการใช้ไฟฟ้าจากระบบของผู้จำหน่ายพลังงานหรือของตนเอง การพิจารณาอาคารควบคุมนั้นให้ใช้เกณฑ์เดียวกันกับของโรงงานควบคุมได้

ขั้นตอนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน [3]

การตรวจสอบพลังงานและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานเป็นขั้นตอนหนึ่งในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานดังรูปที่ 1 ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1.การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น ในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนระบบต่างๆ ในอาคารและโรงงาน เพื่อชี้ให้เห็นสภาพการใช้พลังงานและโอกาสที่จะอนุรักษ์พลังงานด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

2.การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด ในเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนระบบต่างๆ ในอาคารและโรงงาน เพื่อชี้ให้เห็นถึงมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เป็นจริงในระดับการติดตั้งหรือเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก การปรับปรุงกระบวนการผลิต การปรับปรุงตัวอาคารทั้งทางเทคนิคและการลงทุนที่จะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานตามที่กฎหมายกำหนดไว้

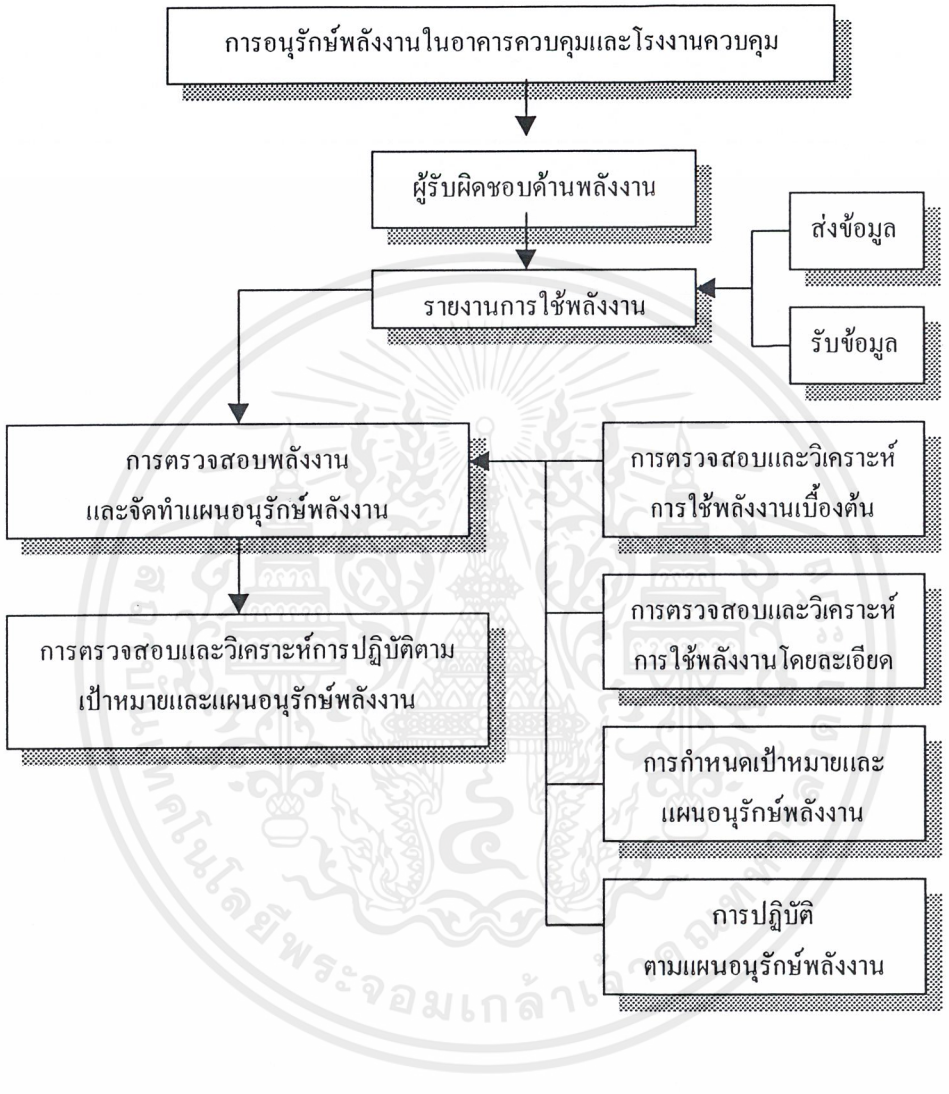
3.การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานเพื่อใช้เป็นกรอบและแนวทางปฏิบัติในการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นรูปธรรมและเป็นไปตามข้อกำหนดในกฎหมาย

4.การปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นการติดตามและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ดำเนินการตามโครงการต่างๆ ในแผนอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทของโรงงานควบคุม [2]

ขนาดของโรงงาน	วัน/เดือน/ปี ที่ประกาศ	เกณฑ์ข้อที่ 1		เกณฑ์ข้อที่ 2
		ขนาดเครื่องวัดไฟฟ้า (kW)	ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า (kVA)	พลังงานไฟฟ้า (ล้านเมกะจูล/ปี)
ใหญ่มาก	**17/07/40**	≥ 10,000	≥11,750	≥ 200
ใหญ่	**17/07/41**	3,000 ถึง < 10,000	3,530 ถึง < 11,750	60 ถึง < 200
กลาง	17/07/42	2,000 ถึง < 3,000	2,350 ถึง < 3,530	40 ถึง < 60
เล็ก	17/07/43	1,000 ถึง < 2,000	1,175 ถึง < 2,350	20 ถึง < 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางและมาตรการเพื่อประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน

ในบทความนี้จะแนะนำแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน มาตรการเหล่านี้ต้องมีการคำนวณเงินลงทุนในการติดตั้ง ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Economic Internal Rate of Return:EIRR) เพื่อคำนวณออกมาในรูปของเงินที่สามารถประหยัดได้ ตัวอย่างแนวทางและมาตรการในการปฏิบัติเพื่อการอนุรักษ์พลังงานมีดังนี้ คือ

1.การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงาน [4-5]

สามารถพิจารณาได้จาก ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทุกด้าน (Overall Thermal Transfer Value:OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value:RTTV) ค่ามาตรฐาน OTTV และ RTTV ที่กำหนดในกฎกระทรวงเท่ากับ 55 และ 25 W/m^2ตามลำดับ เราสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพค่า OTTV และ RTTV ได้ เช่น การติดฟิล์มกรองแสงที่ผนังโปร่งแสง การใช้ฉนวนกันความร้อนที่ผนังและหลังคา เป็นต้น

2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง [4-6]

โดยการเปลี่ยนมาใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง และใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง (Low loss ballast) การเปลี่ยนจากบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดประสิทธิภาพสูง จะสามารถลดพลังงานลงได้จะสามารถลดพลังงานลงได้ 4 วัตต์ต่อตัวโดยที่ความสว่างคงเดิม (ค่าความเข้มแสงของสำนักงาน ตามข้อกำหนดของสำนักงานกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานมีค่า 350-500 ลักซ์ [5]) สำหรับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast) มีประสิทธิภาพดีกว่าบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง เพราะเมื่อใช้กับหลอด 18-36 W กำลังสูญเสียลดลงเหลือ 3.5-4.0 W (กำลังสูญเสียของบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดามีค่า 8-12 W) แต่เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีราคาสูงกว่าจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม นอกจากนี้การทำความสะอาดโคม การใช้สีโทนสว่างทาห้องเพื่อช่วยการสะท้อนแสง จะช่วยเพิ่มค่าส่องสว่าง โคมทุกชนิดควรมี Reflector ที่มีผิวสะอาด มันเป็นเงา และต้องมีมุมสะท้อนที่ถูกต้อง ทำให้แสงสว่างมารวมกันที่บริเวณที่ต้องการส่งผลให้ไม่ต้องใช้หลอดไฟฟ้าวัตต์สูง การติดตั้งเครื่องควบคุมเวลาเพื่อทำงานเปิดและปิดไฟฟ้าในบริเวณที่ใช้ไฟฟ้าบางเวลา จะช่วยลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้

3.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น [4-6]

3.1 เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นชนิด High EER (High Energy Efficiency Ratio) เช่น เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ซึ่งมีค่าสมรรถนะในการทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับ 9.60 Btu/Wh (ค่ามาตรฐานของเครื่องปรับอากาศตามที่กฎกระทรวงกำหนดต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 7.45 Btu/Wh [5])

3.2 ตรวจสภาพการทำงานและดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ สิ่งที่ควรดำเนินการเดือนละครั้ง เช่น ใช้ลมเป่าทำความสะอาดหน่วยควบแน่นและเครื่องกรองต่างๆ ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิห้องว่าทำงานถูกต้องตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ตรวจวัดและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ มอเตอร์ของพัดลม เพื่อหาสิ่งปกติในการทำงาน เป็นต้น สิ่งที่ควรดำเนินการทุก 6 เดือนครั้ง เช่น การทำความสะอาดครั้งใหญ่หน่วยควบแน่นและหน่วยระเหย โดยใช้น้ำหรือน้ำยาทำความสะอาด ตรวจสอบสภาพการรั่วซึมของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ในกรณีที่พบการรั่วซึมต้องทำการซ่อมแซมทันทีแล้วเปลี่ยนถ่ายสารทำความเย็นใหม่

3.3 ตรวจสภาพการทำงานและดูแลรักษาระบบทำน้ำเย็นอย่างสม่ำเสมอ อุปกรณ์ที่ควรพิจารณาดำเนินการ เช่น หอระบายความร้อน เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งลมเย็น เป็นต้น ในเวลาที่ไม่จำเป็นพยายามลดการเดินเครื่องทำน้ำเย็นให้น้อยตัวที่สุด ใช้ความร้อนหรือความเย็นที่ยังมีศักยภาพให้เกิดประโยชน์(Heat recovery system) สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ สมรรถนะในการทำความเย็นตามกฎกระทรวงต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.10 $kW/Ton_{r\ (refrigerant)}$ [5]

4.การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ [4]

การดำเนินการตามมาตรการนี้ได้ในโรงงานต้องมีการใช้อุปกรณ์เผาไหม้และมีการใช้พลังงานเชื้อเพลิง การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ หมายถึงการควบคุมเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเปลี่ยนไปเป็นความร้อนทั้งหมด และนำความร้อนที่ได้ไปใช้อย่างเต็มที่ โดยเหลือปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศน้อยที่สุด มาตรการการควบคุมการเผาไหม้ เช่น การปรับอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงให้เหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ควรออกแบบเตาเผาให้มีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัตถุดิบมากที่สุด และควรลดหรือป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยการเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสม

5.การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste heat utilization) [7]

พลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วหรือความร้อนทิ้ง หมายถึงพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอากาศ หรือ ก๊าซ หรือ น้ำ หรือ ของเหลวอื่นๆ ที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรืออุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่ง เช่น ไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาอบ หรือ คอนเดนเสทจากตู้อบแห้ง หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอื่นๆ การแบ่งประเภทของความร้อนทิ้ง โดยใช้ระดับอุณหภูมิเป็นเกณฑ์ เพื่อการพิจารณานำไปใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 2

6.การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า

ปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นถ้ามีการนำเอามาตรการนี้เข้ามาใช้ก็จะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทางหนึ่ง เพราะว่ามาตรการนี้จะช่วยส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีแนวทางดังนี้

6.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง' [8] โหลดที่มีการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่มักจะเป็น Inductive load เช่น เรคติไฟเออร์สำหรับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าตัวประกอบกำลังแตกต่างกันไป แล้วแต่คุณสมบัติของโหลด

ตารางที่ 2 ประเภทของความร้อนทิ้งและการนำไปใช้ประโยชน์ [7]

ประเภทความร้อนทิ้ง	อุณหภูมิ (°ซ)	ตัวอย่างแหล่งที่พบ	การนำไปใช้ประโยชน์
สูง	600 – 1600	เตาเผาขยะที่เป็นของแข็ง เตาหลอมแก้ว เตาเผาซีเมนต์	เหมาะในการผลิตกำลังงาน เช่น ผลิตไอน้ำความดันสูงเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ
กลาง	200 – 600	ไอเสียจากหม้อไอน้ำ เครื่องอบแห้ง ไอเสียจากเครื่องยนต์กังหันแก๊ส	มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปผลิตกำลังงาน หรือใช้เป็นแหล่งความร้อนในกระบวนการผลิต
ต่ำ	35 – 200	เครื่องอัดอากาศ เตาอบนิ่ม (Annealing furnace) เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน	ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในด้านการผลิตกำลังงาน มักใช้ให้ความร้อนโดยตรง เช่น การอุ่นน้ำป้อนหม้อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นๆ ถ้าทำการเปรียบเทียบระหว่างโหลด 2 ชนิดที่ให้กำลังเท่ากัน แต่ค่าของตัวประกอบกำลังต่างกัน โหลดที่มีค่าของตัวประกอบกำลังต่ำจะต้องการกระแสไฟฟ้าที่มากกว่ารวมทั้งขนาดสายไฟฟ้า หม้อแปลงและโหลดก็ต้องมีใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงควรทำการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น โดยการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็น Capacitive load คือ Synchronous motor โดยจะนำไปใช้ในการขับ Mechanical load แทน Induction motor หรือจะใช้แก้ตัวประกอบกำลังอย่างเดียวโดยไม่ต้องใช้กับโหลดในโรงงานก็ได้

6.2 การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด [9] โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้ามากในช่วงโหลดสูงสุด จะส่งผลให้มีค่าธรรมเนียมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมากขึ้นตามด้วย และประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือตัวประกอบโหลด[2] ก็จะต่ำลง ยิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าต่ำเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยก็ยิ่งสูงมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีการลดความต้องการพลังงานในช่วงโหลดสูงสุดประกอบกับการลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงด้วยแล้วก็จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าและค่าตัวประกอบโหลดก็จะสูงขึ้นด้วย

6.3 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการย้ายโหลดของหม้อแปลงที่มีโหลดน้อยมารวมกันเพื่อเพิ่มตัวประกอบโหลด การพิจารณาเลือกซื้อหม้อแปลงชนิดประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดที่เหมาะสมกับโหลด

7.การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง [4]

ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์ในกระบวนการผลิต ดังนั้นตัวอย่างการใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงจะเสนอแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ ได้แก่

7.1 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง [7] ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนาในหลายๆ ด้าน เช่น ให้มีแกนเหล็กที่ทำมาจากเหล็กที่มีคุณภาพสูงขึ้น แผ่นเหล็กมีขนาดที่บางกว่าเดิม และมีขนาดพัดลมระบายอากาศที่เล็กลง เป็นต้น ส่งผลให้มอเตอร์ขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพสูงกว่าธรรมดา ประมาณ 2-4 % และสำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดไม่เกิน 5.5 kW จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 4-7 %

7.2 การใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด [6] ประสิทธิภาพของมอเตอร์[3] จะมีค่าสูงสุดเมื่อทำงานที่ประมาณ 80-100 % ของค่าโหลดเต็มที่ ดังนั้นในขณะที่มีโหลดไม่เต็มที่ ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าต่ำลง เพราะส่วนหนึ่งของกำลังไฟฟ้าขาออกไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ แต่ถ้ารับโหลดมากเกินไปก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่ำลงด้วยเช่นกันและความร้อนก็จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ควรที่จะหลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่าด้วย

---

[1] ตัวประกอบกำลัง (Power factor:PF) = $\frac{\text{กำลังงานจริง (Real power:kW)}}{\text{กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent power:kVA)}}$

[2] ตัวประกอบโหลด = $\frac{\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kWh)}}{\text{พลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kW)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน (h)}} \times 100\ \%$

[3] ประสิทธิภาพของมอเตอร์ = $\frac{\text{กำลังขาออก (ดูจาก Name plate ของมอเตอร์)}}{\text{กำลังขาเข้า}} \times 100\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.การป้องกันการสูญเสียพลังงาน [4]

ต้องพิจารณาเครื่องจักรทุกตัวที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตที่จะมีโอกาสที่จะเกิดการถ่ายเทพลังงานออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น เครื่องควบแน่น หม้อไอน้ำ เป็นต้น การหุ้มฉนวนกันความร้อนเป็นทางหนึ่งที่สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้

9.การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง [4]

เป็นการหาพลังงานรูปอื่นที่จะนำมาทดแทนพลังงานที่ใช้อยู่เดิม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของพลังงานที่นำมาทดแทนนั้นว่าช่วยทำให้เกิดการประหยัด มีความเป็นไปได้และคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยแค่ไหน มาตรการนี้จะมีความสำคัญยิ่งขึ้นเมื่อแหล่งพลังงานที่ใช้อยู่เดิมนั้นหาได้ยากหรือกำลังจะหมดลง ดังนั้นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงในการหาพลังงานทดแทนคือ จะต้องเป็นพลังงานที่หาได้ง่ายและทำให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะน้อยที่สุด เช่น เครื่องทำความร้อนในประเทศจีนที่มีการใช้พลังงานจากถ่านหินได้เริ่มมีการเปลี่ยนไปใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติมากขึ้น เพราะจะช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศเป็นพิษลง เป็นต้น

10.การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด [4-5]

จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในกระบวนการนั้นๆ ว่ามีการใช้พลังงานในลักษณะอย่างไรและสามารถประหยัดพลังงานได้หรือไม่ เช่น ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำอาจอนุรักษ์พลังงานในของเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนก็จะทำการอนุรักษ์พลังงานในของเครื่องอัดอากาศ เป็นต้น

สรุป

มาตรการที่กล่าวมานี้จะเป็นแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำเกณฑ์การใช้พลังงานหรือเป้าหมายการใช้พลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทนั้นอาจทำการอนุรักษ์พลังงานตามที่กล่าวทั้ง 10 ข้อนี้ทั้งหมดหรือไม่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาประเภทของกระบวนการที่ใช้กันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นๆ และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ด้วย ถ้าสามารถดำเนินตามแผนอนุรักษ์พลังงานได้สำเร็จจะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรมอย่างมาก รวมถึงช่วยประหยัดเงินจากการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ ช่วยชะลอปัญหาภาระการจัดหาแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในประเทศ และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตและการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณสุชา เหมือนแก้ว คุณวิชัย อุ่นประเสริฐ คุณจิรศักดิ์ จิระวารี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของกองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, “พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535”, หน้า 2, 2535.
2. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, “พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540”, หน้า 1-2, 2540.
3. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, “คู่มือการอนุรักษ์พลังงานสำหรับเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535”, หน้า 5, 9 – 12, 2535.
4. ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิตและธุรกิจผลิตไฟฟ้า, “รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น โรงไฟฟ้าระยอง", การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 3.1-1 – 3.10-2, มิถุนายน 2542.

5. ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิตและธุรกิจผลิตไฟฟ้า, "รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม", การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 3.1-1–3.10-2, พฤศจิกายน 2543.
6. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, พิชนี โพธารามิก, "การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า", สาระน่ารู้เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 86–91, 2542
7. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, "เอกสารประกอบการบรรยายการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน", หน้า 14-1 – 14-5, 2543.
8 กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, "การแก้ไข POWER FACTOR ในโรงงานอุตสาหกรรม", กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, หน้า 5, 8, 12-24, 2543.
9. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, "การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด", กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, หน้า 10-11, 13, 2543.
10. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, "การประหยัดในระบบหม้อแปลง", กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, หน้า 8, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบพลังงาน ที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม
Energy Auditing at Khao Leam Hydro Power Plant

อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
รดีบูรณ์ ชินสุทธิ
ภูริสา ดิฐกมล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
E-mail : kwanchal@kmitl.ac.th โทรศัพท์ 739-2418-9 โทรสาร 739-2418

บทคัดย่อ

การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม โดยฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต กองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตามความต้องการของคณะกรรมการด้านการอนุรักษ์พลังงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม สรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้ ไม่มีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคาร เนื่องจากค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของผนังทุกด้านและหลังคาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามกฎกระทรวง ในส่วนพลังงานไฟฟ้า เสนอมาตรการ 3 แนวทางในการอนุรักษ์พลังงาน คือ การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชุด การใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ และการใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง สำหรับด้านพลังงานความร้อนไม่มีการดำเนินการเนื่องจากไม่มีการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานความร้อนในกระบวนการผลิต ซึ่งคาดว่าถ้าได้ดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการที่เสนอ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 14,207,305.95 kWh/ปี คิดเป็นมูลค่า 22,106,568.07 บาท/ปี โดยจะมีเงินลงทุนทั้งสิ้น 20,263,727.00 บาท และระยะเวลาคืนทุน 0.93 ปี

ABSTRACT

The preliminary energy auditing at Khao Leam Hydro Power Plant by the Efficiency Control Division, the Energy Audit Department, the Electricity Generating Authority of Thailand under the requirement of the Energy Conservation Committee of the Power Plant was investigated. The results showed that no improvement was required for the solar radiation reduction since the Overall Thermal Transfer Value and the Roof Thermal Transfer Value met the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

regulations of the Ministry of Science, Technology and Environment. In the case of electricity savings, 3 countermeasures were proposed, i.e., conserving the energy in air coolers of three generators, high efficiency air conditioning systems, and using low-loss ballasts. Lastly, in the case of thermal energy, no action was needed since no fuel and thermal energy was used in the main electricity production process. With the proposed improvements, the electricity of 14,207,305.95 kWh/year could be saved, which costs 22,106,568.07 baht/year. The capital cost is 20,263,727.00 baht and payback period is 0.93 year.

บทนำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 ชุดแต่ละชุดมีกำลังการผลิตชุดละ 100 เมกะวัตต์ ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานศักย์ของน้ำที่เก็บอยู่ในอ่างเก็บน้ำไปเป็นพลังงานจลน์ พลังงานกล และพลังงานไฟฟ้าตามลำดับ แผนผังของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมแสดงดังรูปที่ 1 กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกจ่ายไปยังแหล่งต่างๆ สู่ผู้ใช้ต่อไป บางส่วนจะถูกนำกลับมาใช้ในโรงไฟฟ้า ระบบที่ใช้พลังงานมากสุดคือระบบทำความเย็น หลังจากที่ได้ตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมแล้วจากนั้นจึงทำการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน [1]

1.การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและโรงงาน

มาตรฐาน: จากกฎกระทรวงค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทุกด้าน (Overall Thermal Transfer Value:OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (Roof Thermal Transfer Value:RTTV) $\leq$ 55.00 และ $\leq$ 25.00 W/m^2 ตามลำดับ

ผลการสำรวจ: พบว่าอาคารสำนักงานและอาคารของโรงไฟฟ้าซึ่งเป็นอาคารหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า มีค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทุกด้าน เท่ากับ 42.58 และ 20.70 W/m^2 ตามลำดับ และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาเท่ากับ 22.058 และ 24.89 W/m^2 ตามลำดับ

ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน: พบว่าอาคารทั้งหมดมีค่า OTTV และ RTTV ไม่เกินจากค่ามาตรฐานที่กำหนดในกฎกระทรวง จึงไม่มีมาตรการปรับปรุงค่าเหล่านี้

ข้อแนะนำ: แนวทางที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพค่า OTTV และ RTTV เช่น การใช้ฉนวนกันความร้อนที่ผนังอาคาร การติดฟิลม์กรองแสงที่ผนังโปร่งแสง การลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านหลังคาด้วยการบุพื้นด้วยยางกันซึมบนหลังคา เป็นต้น

2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง

มาตรฐาน: ค่าความเข้มแสงของสำนักงานประมาณ 350 – 500 ลักซ์ [2]

ผลการสำรวจ: พบว่าได้มีการมาใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงในอาคารสำนักงานและอาคารของโรงไฟฟ้าบางส่วนแล้ว แต่สภาพโคมสกปรก และมีการใช้โคมแบบโคมโรงงาน ติดลอย/เปลือย และบัลลาสต์ที่ใช้เป็นชนิดขดลวดธรรมดา

ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน: ความเข้มแสงที่วัดได้โดยทั่วไปต่ำกว่ามาตรฐาน

แนวทางแก้ไข:

2.1 ในกรณีที่มีการใช้โคมแบบโคมโรงงานติดลอย/เปลือย ทางโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมได้มีมาตรการลดจำนวนหลอดเพื่อประหยัดพลังงานอยู่แล้ว

2.2 การทำความสะอาดโคม และการทาสีห้องด้วยโทนสว่างจะช่วยให้ห้องดูสว่างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เปลี่ยนการใช้โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นโคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจำนวน 172 โคม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์:

- ประหยัดพลังงานลงได้ 18,622.64 kWh/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 28,976.83 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 303,914.67 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 10.49 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return:EIRR) 5.31%

2.4 การเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงพร้อมการใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงที่ใช้ทั้งหมด 1,054 ตัว

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์:

- ประหยัดพลังงานลงได้ 16,375.64 kWh/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 25,480.50 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 172,593.00 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 6.77 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 20.38%

3.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 เครื่องปรับอากาศ

มาตรฐาน: ตามกฎกระทรวงสมรรถนะการทำความเย็นมีค่า 1.61 kW/Ton$_r$ (r คือ refrigerant) [2]

ผลการสำรวจ: พบว่ามีเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 54 เครื่อง ประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 53 เครื่อง และแบบติดหน้าต่าง 1 เครื่อง ส่วนมากมีอายุการใช้งานน้อยกว่า 3 ปี หรือไม่ก็มากกว่า 8 ปี ความสามารถในการทำความเย็นรวม 2,073,047 Btu/h (172.75 Ton$_r$) โดยเป็นเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานประจำทั้งสิ้น ในการหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศจะทำการสุ่มตัวอย่างเฉพาะเครื่องที่ใช้งานเป็นประจำโดยแยกเป็นกลุ่ม ตามอายุการใช้งานทั้งหมด 44 เครื่อง ซึ่งผลที่ได้คือสมรรถนะในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศคิดเป็น 81.48% ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานประจำ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.67 Btu/Wh (1.38 kW/Ton$_r$)

ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน: ค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน แต่ถ้านำมาแยกเป็นเครื่องที่มีสมรรถนะในการทำความเย็นสูงกว่าที่กฎกระทรวงกำหนดคิดเป็น 86.36% และต่ำกว่ากำหนดคิดเป็น 13.64% ซึ่งมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 เครื่อง

แนวทางแก้ไข:

3.1.1 บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็น เช่น ใช้ลมเป่าทำความสะอาดหน่วยควบแน่นและเครื่องกรองต่างๆ ทุกๆ เดือน และควรทำความสะอาดหน่วยควบแน่นและหน่วยระเหยโดยใช้น้ำหรือน้ำยาทำความสะอาด รวมทั้งตรวจสอบสภาพการรั่วซึมของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน เป็นต้น

3.1.2 สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีสมรรถนะต่ำกว่าที่กำหนด ควรเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงซึ่งจะมีค่าสมรรถนะในการทำความเย็นมากกว่าหรือเท่ากับ 9.6 Btu/Wh (1.25 kW/Ton$_r$)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์:

- ประหยัดพลังงานลงได้ 54,918.31 kWh/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 85,452.90 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 460,134.00 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 5.38 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 20.71%

3.2 ระบบทำน้ำเย็น

มาตรฐาน: ตามกฎกระทรวงสมรรถนะการทำความเย็น 1.01 kW/Ton$_r$ [2]

ผลการสำรวจ: ระบบทำน้ำเย็นในโรงไฟฟ้าใช้ในการปรับอากาศให้กับโรงไฟฟ้า ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก คือ เครื่องทำน้ำเย็นชนิดลูกสูบระบายความร้อนด้วยน้ำจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 เครื่อง เครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจำนวน 4 เครื่อง หอระบายความร้อนจำนวน 2 เครื่อง เครื่องส่งลมเย็นซึ่งจะติดตั้งอยู่ตามจุดใช้งานจำนวน 81 เครื่อง จากการตรวจวัดพบว่าสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 kW/Ton_r

ผลที่ได้เทียบกับมาตรฐาน: ค่าสมรรถนะในการทำความเย็นเฉลี่ยสูงกว่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวง ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการปรับปรุง

ข้อแนะนำ: เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบทำน้ำเย็นดีขึ้น ควรมีการตรวจสอบสภาพการทำงานและมีการดูแลรักษาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น หอระบายความร้อน เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องสูบน้ำ เครื่องส่งลมเย็น เป็นต้น อย่างสม่ำเสมอ ตัวอย่างส่วนประกอบที่ควรพิจารณาในหอระบายความร้อน เช่น

- ใบพัด ควรทำความสะอาดโดยใช้แปรงขัดหรือใช้วัสดุขูดเฉพาะตะใคร่ให้สะอาดและขันน็อตที่ยึดใบพัดให้แน่น ตรวจดูการสั่นหรือเสียงผิดปกติจากใบพัด ไม่ควรใช้ใบพัดที่บิ่น ร้าว หรือ ขดงอ

- ฟิลเตอร์ โดยการเก็บสิ่งสกปรกออกจากผิวหน้าของฟิลเตอร์ ใช้น้ำฉีดทำความสะอาด ถอดฟิลเตอร์ออกทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่เมื่อสกปรกมาก เมื่อต้องไปเหยียบฟิลเตอร์ควรใช้แผ่นไม้อัดบางกว้างวางรองเท้าเพื่อป้องกันฟิลเตอร์เสียรูปร่าง

- หัวจ่ายน้ำและท่อจ่ายน้ำ ทำความสะอาดรูจ่ายน้ำ ปรับระยะของเส้นลวดที่ยึดปลายท่อ ให้มีระยะระหว่างท่อกับผิวฟิลเตอร์น้อยๆ แต่ไม่ติดผิวหน้าของฟิลเตอร์ ตรวจดูความเร็วรอบของหัวจ่ายน้ำ ปริมาณน้ำไหล ดูความหนาแน่นของน้ำที่ตกลงผิวน้ำควรกระจายสม่ำเสมอและใกล้เคียงกันทุกเครื่อง

- ตัวคูลลิ่งทาวเวอร์ ทำความสะอาดโดยใช้แปรงขัดภายใน ส่วนภายนอกใช้ผ้าทำความสะอาด ตรวจการรั่วซึมของน้ำตามรอยต่อของแผ่นที่ถาดรองน้ำ การผุกร่อนของน็อตยึดและความตึง ส่วนที่เป็นเหล็กถ้ามีสนิมมากให้ขูดออกและทาสีกันสนิม เป็นต้น

4.การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้เนื่องจากไม่มีการใช้อุปกรณ์เผาไหม้และไม่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิง

5.การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเป็นพลังงานที่ได้จากการปล่อยน้ำในเขื่อนลงมาจึงยากต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ประกอบกับการตรวจสอบพลังงานมีระยะเวลาจำกัดและอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบพลังงานยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะดำเนินการได้

6.การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

6. 1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง

มาตรฐาน: ไม่กำหนดค่าตัวประกอบกำลัง

ผลการสำรวจ: ตัวประกอบกำลังมีค่าประมาณ 0.87 และโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมจะแบ่งไฟฟ้าส่วนหนึ่งจากที่ผลิตได้ทั้งหมดมาใช้ภายในโรงไฟฟ้า

ถึงแม้ว่าจะไม่มีค่าตัวประกอบกำลังกำหนดไว้ในกฎกระทรวง แต่ค่าที่สำรวจได้ถือว่าเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (โดยทั่วไปตัวประกอบกำลังของโรงไฟฟ้ามีค่าประมาณ 0.8) แสดงว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมสามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงไม่ต้องดำเนินการปรับปรุงในประเด็นนี้

6.2 การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด

มาตรฐาน: ไม่มีข้อกำหนดค่าตัวประกอบโหลด

ผลการสำรวจ: การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมเป็นแบบต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง

ไม่มีศักยภาพในการดำเนินการปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีการลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าในช่วงโหลดสูงสุด เนื่องจากการผลิตต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และการใช้ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นไปตามความต้องการของระบบไม่สามารถกำหนดเองได้

6.3 การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน: ไม่มีข้อกำหนด

ผลการสำรวจ: โรงไฟฟ้าไม่มี Tie bus ระหว่างหม้อแปลงและโหลดทางไฟฟ้าในแต่ละที่อยู่ห่างกันมาก

ในการย้ายการรับโหลดหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีการใช้โหลดต่ำกว่าพิกัดนั้นทำได้ยาก เนื่องจากไม่มี Tie bus ระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าและโหลดแต่ละที่อยู่ห่างกันมาก ซึ่งถ้าทำการย้ายโหลดแล้วอาจ จะเกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก จึงไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงได้

7.การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

7.1 การใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

มาตรฐาน: ไม่กำหนดค่าการรับโหลดของมอเตอร์โดยเฉลี่ย

ผลการสำรวจ: มีการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าใช้งานที่มีขนาดตั้งแต่ 10 kW ขึ้นไป รวมทั้งหมดจำนวน 38 เครื่อง แต่ใช้งานจริงเพียง 22 เครื่อง

แม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานกำหนดแต่สามารถทำการปรับปรุงได้

ข้อแนะนำ:

ทำการเปลี่ยนมอเตอร์แบบมาตรฐานมาเป็นมอเตอร์แบบประสิทธิภาพสูง โดยพิจารณาเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดตั้งแต่ 20–100 kW และมีชั่วโมงการทำงานตลอดและต่อเนื่องเท่านั้น เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 100 kW ขึ้นไปทั้งแบบมาตรฐานและแบบประสิทธิภาพสูง จะมีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกัน ดังนั้นจำนวนมอเตอร์ที่จะเปลี่ยนมาใช้เป็นมอเตอร์แบบประสิทธิภาพสูงมี 10 เครื่อง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์:

- ประหยัดพลังงานลงได้ 29,154.12 kWh/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 45,363.80 บาท/ปี
- มูลค่าการลงทุน 945,795.84 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 21 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 4.98%

7.2 การใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับโหลด

มาตรฐาน: ไม่กำหนดค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์

ผลการสำรวจ: การรับโหลดของมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 86.00%

ค่าเฉลี่ยของการรับโหลดของมอเตอร์มีความเหมาะสมดีแล้วแสดงว่ามอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงเพียงพอ และยังเผื่อการรับโหลดในขณะที่โรงไฟฟ้าต้องเดินเครื่องในสภาพโหลดสูงสุดด้วย จึงไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุง

8.การป้องกันการสูญเสียพลังงาน ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากในการตรวจสอบพลังงานมีระยะเวลาจำกัดและอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบพลังงานยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะดำเนินการได้

9.การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง ไม่มีการดำเนินการตามมาตรการนี้ เนื่องจากถ้าเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานอาจจะมีผลกระทบทั้งโรงไฟฟ้า เช่น ถ้าจะใช้พลังงานความร้อนจะต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งระบบในโรงไฟฟ้า เพราะอุปกรณ์แต่ละเครื่องได้กำหนดรูปแบบการใช้พลังงานไว้แน่นอนอยู่แล้ว

10.การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด สามารถพิจารณาได้ 2 ส่วนดังนี้

10.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องอัดอากาศ

มาตรฐาน: ไม่กำหนดค่าประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

ผลการสำรวจ: โรงไฟฟ้ามีการเดินเครื่องอัดอากาศตลอด 24 ชั่วโมง มีเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 6 เครื่อง แบ่งเป็น 3 ชนิด ชนิดละ 2 เครื่อง สำหรับใช้งาน 1 เครื่อง และสำรอง 1 เครื่อง ได้แก่

- Tool air สำหรับอัดอากาศเพื่อใช้ในงานทั่วไป ขนาดเครื่องอัดอากาศ 8.97 ลบ.ม./นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายให้กับถังลมจำนวน 1 ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 725 kPa และความดันต่ำสุด 655 kPa

- Operating air สำหรับอัดอากาศเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงาน ขนาดเครื่องอัดอากาศ 1.98 ลบ.ม./นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายให้กับถังลมจำนวน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 3,500 kPa และความดันต่ำสุด 3,400 kPa

- Dewatering air สำหรับอัดอากาศเพื่อใช้ในระบบ Governor turbine ในการควบคุมการเปิดและปิด Guide vane ของ Water turbine ขนาดเครื่องอัดอากาศ 16.4 ลบ.ม./นาที โดยอากาศอัดจะถูกจ่ายลมให้กับถังลม 3 ถัง ซึ่งมีความดันสูงสุด 3,500 kPa และความดันต่ำสุด 3,400 kPa

นอกจากนี้มีการสำรวจหารอยรั่วของอากาศอัดด้วยตาเปล่า (Visual inspection) ซึ่งไม่พบการรั่วของอากาศอัด

แม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานกำหนดแต่สามารถทำการปรับปรุงได้

ข้อแนะนำ:

10.1.1 การตั้งความดันขาออกไว้ที่ค่าที่เหมาะสม แต่จะเห็นได้ว่าผลแตกต่างความดันใช้งานค่อนข้างต่ำประกอบกับการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าต้องการความมั่นคงสูง โดยจะต้องมีปริมาณเครื่องอัดอากาศและปริมาณอากาศอัดเพียงพอในการใช้งานตลอดเวลา จึงไม่มีศักยภาพเพียงพอที่จะเสนอมาตรการปรับลดความดันขาออกให้ต่ำลงได้

10.1.2 ต้องอุดรอยรั่วของอากาศอัดในกรณีที่มีการรั่วซึม

10.2 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มาตรฐาน: ไม่กำหนดค่าประสิทธิภาพของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผลการสำรวจ: พบว่ามีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในโรงไฟฟ้า 3 หน่วย และมีการใช้เครื่องระบายความร้อนทุกหน่วย น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนทั้ง 3 หน่วยเป็นน้ำจากแหล่งเดียวกับที่ใช้ผลิตไฟฟ้า เครื่องระบายความร้อนในหน่วยที่ 1 และ 2 มีลักษณะเหมือนกัน คือ มีชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 8 ชุด ส่วนในหน่วยที่ 3 มีการเปลี่ยนแปลงเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใหม่ โดยเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็น ปัญหาที่เกิดกับเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และ 2 คือ การเกิดสัญญาณเตือนเมื่ออุณหภูมิขดลวด Stator ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ทำให้เครื่องระบายความร้อนไม่สามารถทำงานได้เต็มกำลัง แต่ในหน่วยที่ 3 เนื่องจากได้รับการปรับปรุงจึงสามารถที่จะเดินเครื่องเต็มกำลังโดยไม่เกิดสัญญาณเตือนขึ้น

แม้ว่าจะไม่มีมาตรการกำหนดแต่สามารถทำการปรับปรุงได้

ข้อแนะนำ:

10.2.1 ควรทำการเปลี่ยนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหน่วยที่ 1 และ 2 หน่วยละ 8 ชุด รวมทั้งหมด 16 ชุด จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น

10.2.2 เนื่องจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องระบายความร้อนและน้ำที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามาจากแหล่งเดียวกัน ดังนั้นถ้าสามารถลดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นได้ น้ำในส่วนที่ลดได้นี้จะสามารถนำไปผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาค่าอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสม เพราะถ้าน้อยเกินไปอาจทำให้เกิดสัญญาณเตือนเนื่องจากอุณหภูมิขดลวด Stator มีค่าสูงกว่าปกติได้

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์:

- มูลค่าไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้เพิ่มขึ้นสำหรับหน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 รวมเป็น 21,995,634.67 บาท/ปี
- ประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการที่ไม่ต้องหยุดการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันเนื่องมาจากสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวด Stator มีค่าสูงกว่าปกติ คิดเป็นมูลค่า 14,136,012.00 kWh/ปี
- มูลค่าการลงทุน 20,000,000 บาท
- ระยะเวลาคืนทุน 0.91 ปี
- อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ 130.25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานทั้งหมดพบว่าไม่มีความจำเป็นต้องทำการปรับปรุงเกี่ยวกับการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เข้ามาในอาคารและด้านพลังงานความร้อนเช่นกัน สำหรับกรณีอื่นที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงสรุปไว้ในตารางที่ 1 โดยเรียงลำดับความสำคัญจากเปอร์เซ็นต์ EIRR ที่สูง ซึ่งตารางที่ 2 จะแสดงมาตรการที่สมควรดำเนินการลงทุน การพิจารณามาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมต่อการลงทุน ใช้เกณฑ์อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า 9% ตามการให้การสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงการคลัง ตารางที่ 3 แสดงการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมก่อนการตรวจสอบพลังงานและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังจากการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 1 สรุปมาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการอนุรักษ์พลังงาน		การลงทุนและผลตอบแทน		
	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/ปี)	มูลค่า (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน (EIRR : %)
1. การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด					
1.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	14,136,012.00	21,995,634.67	20,000,000.00	0.91	130.25
2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น					
2.1 การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	54,918.31	85,452.90	460,134.00	5.38	20.71
3.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านระบบแสงสว่าง					
3.1 การใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	16,375.64	25,480.50	172,593.00	6.77	20.38
3.2 การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง	18,622.64	28,976.83	303,914.67	10.49	5.31
4. การใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูง					
4.1 การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	29,154.12	45,363.80	945,795.84	21.00	4.98
รวม	**14,255,082.71**	**22,180,908.70**	**21,882,437.51**	**0.99**	**-**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 มาตรการที่สมควรดำเนินการลงทุน

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	ผลการอนุรักษ์พลังงาน		การลงทุนและผลตอบแทน		
	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/ปี)	มูลค่า (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน (EIRR : %)
1.การอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด					
1.1 การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	14,136,012.00	21,995,634.67	20,000,000.00	0.91	130.25
2.การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าด้านการทำความเย็น					
2.1 การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	54,918.31	85,452.90	460,134.00	5.38	20.71
3. การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง					
3.1 การใช้บัลลาสต์ชนิดขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	16,375.64	25,480.50	172,593.00	6.77	20.38
รวม	**14,207,305.95**	**22,106,568.07**	**20,632,727.00**	**0.93**	-

ตารางที่ 3 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลมก่อนการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้หลังจากดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

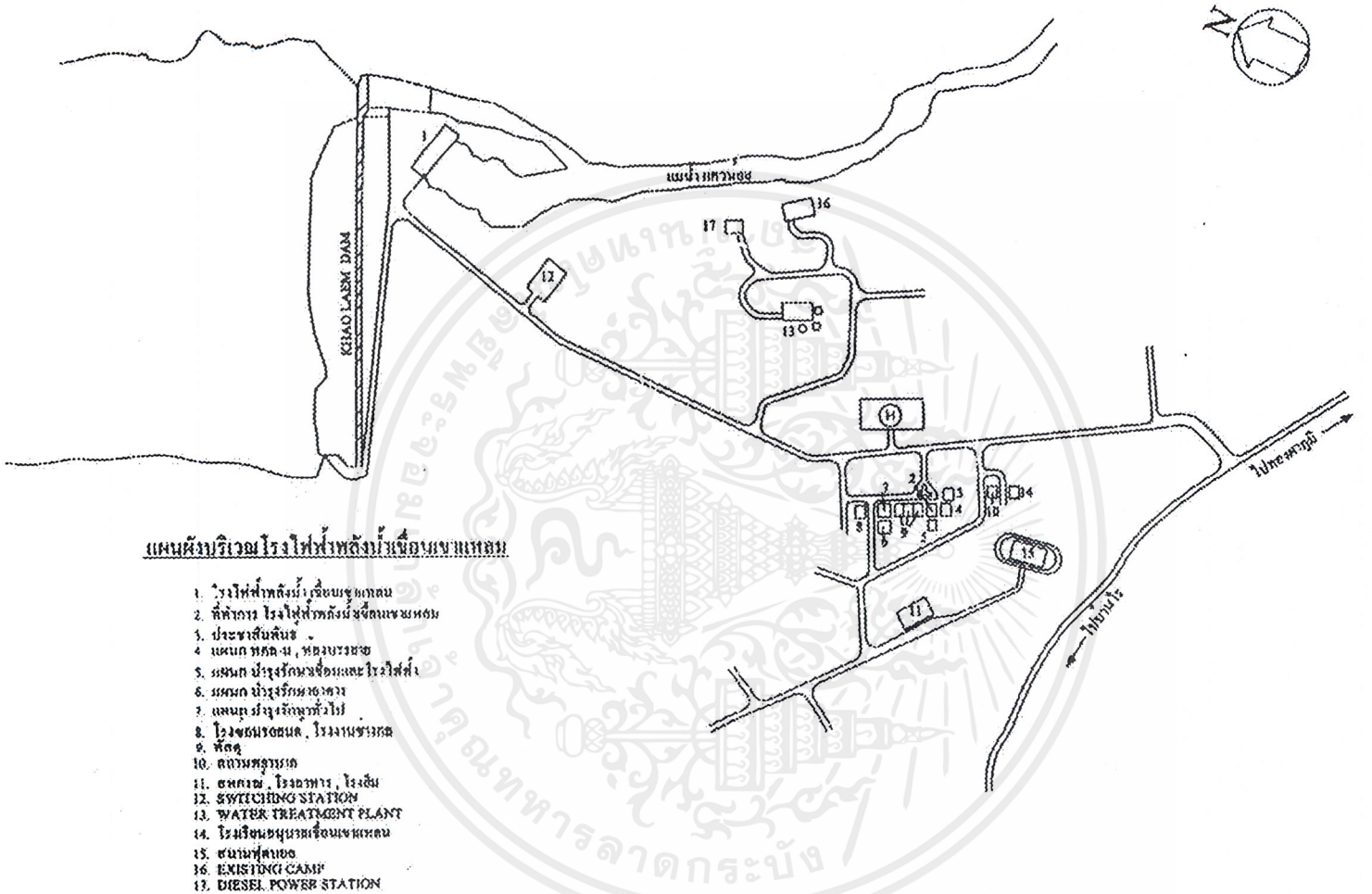
ประเภทระบบที่ใช้พลังงาน	ปริมาณการใช้พลังงานก่อนการตรวจสอบพลังงาน		ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้หลังจากดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน[1]	
	kWh/ปี	%	kWh/ปี	%
ระบบแสงสว่าง	333,115.43	4.99	16,375.64	0.12
ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า	1,501,752.40	22.50	-	-
ระบบการทำความเย็น	2,331,399.87	34.92	54,918.31	0.39
ระบบอื่นๆ [2]	2,509,319.80	37.59	14,136,012.00[3]	99.49
รวม	**6,675,587.50**	**100.00**	**14,207,305.95**	**100.00**

หมายเหตุ [1] คิดเทียบจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ทั้งหมด

[2] ระบบอื่นๆ เช่น เครื่องอัดอากาศ เครื่องระบายความร้อนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

[3] เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้จากการที่ไม่ต้องหยุดเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอันเนื่องมาจากสัญญาณเตือนเพราะอุณหภูมิขดลวด Stator มีค่าสูงกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงแผนผังบริเวณโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม

อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วัดด้านไฟฟ้าและความร้อน

1.อุปกรณ์วัดด้านไฟฟ้า

- เครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้า
- เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า แรงดัน และกระแส
- เครื่องวัดตัวประกอบไฟฟ้า
- เครื่องวัดและบันทึกกระแสไฟฟ้า
- เครื่องวัดความเข้มแสง
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- เครื่องวัดความเร็วลม
- เครื่องวิเคราะห์พลังงาน

2.อุปกรณ์วัดด้านความร้อน

- เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบ Contact และ Immersion
- เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี
- เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิแบบหลายจุด
- เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- เครื่องวัดความความร้อนสูญเสีย
- เครื่องวัดความเร็วแก๊ส
- เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำในท่อ
- เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพน้ำ
- เครื่องมือวัดความชื้นวัสดุ
- มิเตอร์วัดน้ำมันและวัดแก๊ส
- มิเตอร์วัดไอน้ำและคอนเดนเสท

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อนุญาตให้ผู้เขียนเข้าร่วมทีมตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม คุณสุชา เหมือนแก้ว คุณวิชัย อุ่นประเสริฐ คุณจิรศักดิ์ จิระวารี และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของกองตรวจสอบพลังงานที่ให้คำแนะนำต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิตและธุรกิจผลิตไฟฟ้า, “รายงานการตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น”, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, พฤศจิกายน 2543.
2. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, “กฎกระทรวง ฉบับที่ 6”, 2540.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้