การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

Energy Reduction by Applying Value Engineering Technique for Thermal Power Plant

มานพ นิลรัตน์

Manop Nilrat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Industrial Management
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

Energy Reduction by Applying Value Engineering Technique for Thermal Power Plant

มานพ นิลรัตน์

Manop Nilrat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Industrial Management
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ผู้เขียน นายมานพ นิลรัตน์

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร สุธรรมานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จันทกานต์ ทวีกุล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร สุธรรมานนท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภโชค วิริยโกศล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จันทกานต์ ทวีกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(รองศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร สุธรรมานนท์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จันทกานต์ ทวีกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ .....
(นายมานพ นิลรัตน์)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ .....

(นายมานพ นิลรัตน์)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ผู้เขียน นายมานพ นิลรัตน์

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการลดการใช้พลังงานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน โดยครอบคลุมการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ขนาดกำลังผลิต 340 เมกะวัตต์ จังหวัดกระบี่ เพื่อวิเคราะห์หาจุดที่มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นหรือสูญเปล่าและกำหนดมาตรการในการแก้ไข โดยนำแผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา มาปรับใช้ให้เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1. การรวบรวมข้อมูล 2. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน 3. การสร้างสรรค์ความคิด 4. การประเมินผล 5. การพัฒนาความคิด และ 6. การนำเสนอ จากผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการดำเนินงานที่ประยุกต์ขึ้นมาใหม่นั้นสามารถกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานออกมาได้ 2 ประเภท คือ 1) ด้านพลังงานไฟฟ้าประกอบด้วยมาตรการเปลี่ยนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงของ Cooling tower ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump และ Low pressure heater drain pump ปรับลดเวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศอาคารโรงไฟฟ้า การลดเวลาการใช้งานระบบไฟแสงสว่าง และการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED 2) ด้านพลังงานความร้อนประกอบด้วย มาตรการเปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพการหุ้มฉนวนท่อ วาล์วและหน้าแปลน และลดการรั่วของอากาศที่ Air heater โดยพลังงานไฟฟ้าก่อนดำเนินการใช้ 18,686,429.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หลังดำเนินการใช้ 16,124,411.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี มีศักยภาพในการลดได้ผล 2,562,018.09 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็น 13.71% และพลังงานความร้อนก่อนดำเนินการใช้ 15,378,904.86 เมกะจูล/ปี หลังดำเนินการใช้ 6,516,886.88 เมกะจูล/ปี มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานความร้อนได้ผล 8,862,017.97 เมกะจูล/ปี คิดเป็น 57.62% ส่วนเงินที่ประหยัดได้รวมทุกมาตรการ 20,783,888 บาท/ปี เงินลงทุนรวม 30,420,000 บาท ระยะเวลาคืนทุนเมื่อคิดทั้งโครงการ 1.58 ปี ผลตอบแทนการลงทุน 661.19% มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 114,999,173 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน 63.26%

Thesis Titel Energy Reduction by Applying Value Engineering Technique For Thermal Power Plant

Author Mr. Manop Nilrat

Major Rrogram Industrial Management

Academic Year 2016

ABSTRACT

The objective of this research is to apply value engineering technique to reduce energy consumption for thermal power plant. This research focuses on electricity and heat generation by a 315 MW gas-fired electricity generating plant in Krabi province. The value engineering technique is used to analyze the most suitable energy management and to generate an energy saving regulation. The six steps of value engineering technique are adapted from Society of American Value Engineers International (SAVE) as the following: 1) data and information collection 2) function analysis 3) creative 4) evaluation 5) development and 6) presentation. According to the research, two categories (electrical and thermal) of energy reduction strategy are suggested. With respect to electrical aspect, replace high-performance cooling tower motor, install variable speed drive on condensate pump and low pressure heater drain pump, reduce compressor air inlet temperature, and manage air conditioned operating time are recommended. Regarding thermal part, replace damaged and deteriorated insulation, insulate steam pipe, valves and flanges and air heater leakage are applied. All in all, the application of new approach lead to reduce electrical energy consumption from 18,686,429.67 kWh/y to 16,124,411.58 kWh/y or 2,562,018.09 kWh/y (13.71%). In addition, the application of new approach lead to reduce thermal energy consumption from 15,378,904.86 MJ/y to 6,516,886.88 MJ/y or 8,862,017.97 MJ/y (57.62%). Total cost saving is 20,783,888 baht/year. The total investment is 30,420,000 baht. The payback period for the whole project is 1.58 years. The return on investment (ROI) is 661.19%, the net present value (NPV) is 114,999,173 baht and the internal rate of return (IRR) is 63.26%.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. เสกสรร สุธรรมานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จันทกานต์ ทวีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไข ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี นอกจากนั้นขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ศุภโชค วิริยโกศล เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้ข้าพเจ้ามีความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ และได้นำความรู้มาใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ฝ่ายโรงไฟฟ้าภาคใต้ กองการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่ และบุคลากรทุก ๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือและข้อเสนอแนะร่วมทั้งการให้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานวิจัยเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

มานพ นิลรัตน์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(15)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(20)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	13
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	13
1.4 ขอบเขตการวิจัย	13
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	17
2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	18
2.1 พลังงาน	18
2.2 วิศวกรรมคุณค่า	23
2.3 ระบบผลิตไฟฟ้า	32
2.4 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	39
2.5 แนวคิดการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม	44
2.6 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า	48
2.7 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์สำหรับงานพลังงาน	54
2.8 การกำหนด KPI	57
2.9 การกำหนดเป้าหมายในตัวชี้วัด	58
2.10 แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี	59
3. วิธีดำเนินการวิจัย	61
3.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล	62
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน	63
3.3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด	64

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการประเมินผล	64
3.5 ขั้นตอนการพัฒนาความคิด	64
3.6 ขั้นตอนการนำเสนอ	65
3.7 การดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ	65
3.8 การประเมินผลกิจกรรม	65
3.9 การเขียนรายงาน	65
4. ผลการวิจัย	66
4.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล	68
4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน	100
4.3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด	139
4.4 ขั้นตอนการประเมินผล	165
4.5 ขั้นตอนการพัฒนาความคิด	205
4.6 ขั้นตอนการนำเสนอ	207
4.7 การดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ	209
4.8 การประเมินผลกิจกรรม	214
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	216
5.1 สรุปผลการวิจัย	216
5.2 ข้อเสนอแนะ	221
เอกสารอ้างอิง	222
ภาคผนวก	228
ก หนังสือขออนุญาตทำวิจัยในโรงไฟฟ้า	229
ข บันทึกขออนุญาตเผยแพร่และใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ในงานวิจัย	231
ค บันทึกขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน	233
ง อบรมคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานและอบรมพนักงาน	238
จ Performance Data Sheet for Oil Firing	244
ฉ ผลการศึกษาลดการใช้พลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ กฟผ.	247
ช รายละเอียดค่าความร้อนทางสูงและค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเตา ปี 2557	251

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ซ รายละเอียดการคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	253
ฌ ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 - 2563	255
ประวัติผู้เขียน	260

รายการตาราง

		หน้า
1.1	ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558	7
3.1	เป้าหมายหลักและตัวชี้วัดผลสำเร็จการดำเนินแผนงานวิศวกรรมคุณค่า	62
4.1	สัดส่วนการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า	69
4.2	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า ปี 2557	75
4.3	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ	76
4.4	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าผลิต 3 ช่วงภาระโหลด	77
4.5	มอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	78
4.6	มอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ	79
4.7	มอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	80
4.8	มอเตอร์ระบบผลิตและบำบัดน้ำ	81
4.9	รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	82
4.10	รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ	82
4.11	รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	83
4.12	รายละเอียดข้อมูลคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ	84
4.13	รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ	84
4.14	รายละเอียดข้อมูลระบบแสงสว่าง	85
4.15	ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	85
4.16	ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ	86
4.17	ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	87
4.18	ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ระบบอัดอากาศ	88
4.19	ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ	88
4.20	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	89
4.21	การใช้พลังงานความร้อนในโรงไฟฟ้า ปี 2557	91
4.22	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ	96

รายการตาราง (ต่อ)

		หน้า
4.23	ข้อมูลเวลาใช้งาน ตัวประกอบการใช้งาน และค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง	97
4.24	ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 100 MW	98
4.25	ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 170 MW	98
4.26	ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 340 MW	99
4.27	ปริมาณความร้อนที่ใช้จริงในการผลิตกระแสไฟฟ้า	99
4.28	อัตราใช้ความร้อนผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วย	99
4.29	กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานไฟฟ้า	102
4.30	กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานความร้อน	103
4.31	การเชื่อมโยงหน้าที่กับต้นทุน	103
4.32	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	114
4.33	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ	115
4.34	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	117
4.35	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ	118
4.36	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ	119
4.37	เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง	121
4.38	เปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ	130
4.39	รายละเอียดการประเมินต้นทุนด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ	132
4.40	เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง	133
4.41	หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ	140
4.42	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Cooling tower	142
4.43	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Condensate pump	144
4.44	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า LP heater drain pump	147
4.45	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าระบบปรับอากาศ ห้อง Office	150
4.46	เปรียบเทียบผลต่างพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	153

รายการตาราง (ต่อ)

		หน้า
4.47	วิธีการเพิ่มคุณค่า	163
4.48	รายละเอียดค่าไฟฟ้า ณ จุดส่งมอบ ปี 2557 (ราคาค่าไฟฟ้าภายนอกที่โรงไฟฟ้านำมาใช้)	165
4.49	ต้นทุนกระแสไฟฟ้า โรงไฟฟ้า Thermal กระบี่ ปี 2557 (ราคาไฟฟ้าภายในที่ โรงไฟฟ้านำมาใช้)	166
4.50	รายละเอียดราคาน้ำมันเตา ปี 2557	167
4.51	วิเคราะห์ Cooling tower 1	167
4.52	วิเคราะห์ Cooling tower 2	169
4.53	วิเคราะห์ Cooling tower 3	170
4.54	วิเคราะห์ Cooling tower 4	171
4.55	วิเคราะห์ Cooling tower 5	173
4.56	วิเคราะห์ Cooling tower 6	174
4.57	วิเคราะห์ Cooling tower 8	176
4.58	วิเคราะห์ Cooling tower 9	177
4.59	วิเคราะห์ Cooling tower 10	179
4.60	วิเคราะห์ Cooling tower 11	180
4.61	วิเคราะห์ Condensate pump	181
4.62	วิเคราะห์ LP heater drain pump	183
4.63	วิเคราะห์ปรับลดการเดินเครื่องระบบปรับอากาศเฉพาะห้อง Office	184
4.64	วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด T5	185
4.65	วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด High pressure sodime	186
4.66	วิเคราะห์การเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่าง	187
4.67	จุดสูญเสียความร้อนจากการชำรุดของฉนวนหุ้มระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	189
4.68	จุดสูญเสียความร้อนการไม่ได้หุ้มและชำรุดของฉนวนระบบกังหันไอน้ำ	191
4.69	ข้อมูลประกอบคำนวณหาปริมาณความร้อนสูญเสียของผนังที่ฉนวนเสื่อม	191
4.70	ขนาดพื้นที่และอุณหภูมิสูงสุดจุดสูญเสียความร้อนของผนังที่ฉนวนเสื่อม	193

รายการตาราง (ต่อ)

		หน้า
4.71	ผลการคำนวณปริมาณความร้อนสูญเสียของผนังที่ฉนวนเสื่อม ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากผนังที่หุ้มฉนวนใหม่และปริมาณความร้อนสูญเสียลดลงที่สภาวะตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์เท่ากับ 100%	196
4.72	การวิเคราะห์การลงทุนหุ้มฉนวนผนังใหม่	196
4.73	วิเคราะห์การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	197
4.74	วิเคราะห์ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	201
4.75	ผลการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า	202
4.76	เงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า	203
4.77	ผลการลดการใช้พลังงานความร้อน	203
4.78	เงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานความร้อน	203
4.79	ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	204
4.80	มาตรการด้านพลังงานไฟฟ้า	207
4.81	มาตรการด้านพลังงานความร้อน	208
4.82	ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเมื่อพิจารณาจากเงินลงทุน	208
4.83	เวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศใหม่	211
ช-1	ค่าความร้อนสูงและค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันเตา ปี 2557	252
ซ-1	รายละเอียดคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างหลอดไฟแส่งสว่างชนิด T5	254
ซ-2	รายละเอียดคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างหลอดไฟแส่งสว่างชนิด High pressure sodium	254

รายการภาพประกอบ

		หน้า
1.1	ปริมาณการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558	3
1.2	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558	3
1.3	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่	5
1.4	แสดงเส้นทางขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง	6
1.5	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของภาคใต้ ปี 2547 - ปี 2558	7
1.6	สัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558	8
1.7	ปริมาณการผลิตและสัดส่วนการเดินเครื่องจริง ปี 2547 - ปี 2558	9
1.8	รายละเอียดค่าไฟฟ้าระหว่างราคาขายและต้นทุนผลิต โรงไฟฟ้ากระบี่ ปี 2557	10
1.9	สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558	11
1.10	อัตราความร้อนโรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558	11
1.11	ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558	12
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C	23
2.2	แผนภาพ Value study process flow	29
2.3	โครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้า	39
2.4	พื้นฐานไดอะแกรมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน	40
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้ากับแฟกเตอร์ความสามารถของโรงไฟฟ้า	48
2.6	เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าสามประเภท	51
2.7	เส้นโค้งการกระจายภาระ	51
3.1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	61
4.1	โครงสร้างคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน	67
4.2	Plant Information System และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล	69
4.3	ฐานข้อมูลการผลิตและตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล	70
4.4	ระบบสารสนเทศ (E-Logsheet) และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล	70
4.5	เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 100 MW 7,980 ตัวอย่าง	71
4.6	เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 170 MW 5,557 ตัวอย่าง	72
4.7	เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 340 MW 1,706 ตัวอย่าง	72
4.8	สัดส่วนการใช้พลังงาน	73

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
4.9	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงไฟฟ้ากระบี่แยกตามระบบ ปี 2557	76
4.10	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าผลิต 3 ช่วงภาระโหลด	77
4.11	ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	78
4.12	ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ	79
4.13	ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	80
4.14	ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบผลิตและบำบัดน้ำ	81
4.15	อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 100 MW	93
4.16	อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 170 MW	93
4.17	อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 340 MW	94
4.18	ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 100 MW	94
4.19	ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 170 MW	95
4.20	ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 340 MW	95
4.21	อัตราการใช้เชื้อเพลิง 3 ภาระโหลด	96
4.22	อัตราการผลิตไอน้ำ 3 ภาระโหลด	97
4.23	อัตราใช้ความร้อน 3 ภาระโหลด	100
4.24	ไดอะแกรมการทำงานของโรงไฟฟ้า	101
4.25	การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นต้นทุนกระแสไฟฟ้า	104
4.26	การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลพลังงานไฟฟ้า 11 ปี	105
4.27	การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า 11 ปี	106
4.28	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า 11 ปี	107
4.29	การกระจายตัวของข้อมูลที่มีค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานไฟฟ้า 11 ปี	108
4.30	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 11 ปี	108
4.31	การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลพลังงานไฟฟ้า 1 ปี	109
4.32	การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า 1 ปี	110
4.33	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ปี	111
4.34	การกระจายตัวของข้อมูลที่มีค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานไฟฟ้า 1 ปี	112
4.35	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ปี	112

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
4.36	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	115
4.37	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ	117
4.38	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	118
4.39	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ	119
4.40	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ	120
4.41	เปรียบเทียบผลต่างหน่วยพลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง	121
4.42	การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน 11 ปี	122
4.43	การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน 11 ปี	123
4.44	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อน 11 ปี	124
4.45	การกระจายตัวของข้อมูลที่ค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานความร้อน 11 ปี	125
4.46	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน 11 ปี	125
4.47	การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน 1 ปี	126
4.48	การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน 1 ปี	127
4.49	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อน 1 ปี	128
4.50	การกระจายตัวของข้อมูลที่ค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานความร้อน 1 ปี	129
4.51	ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน 1 ปี	129
4.52	เปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิง	131
4.53	เปรียบเทียบอัตราการผลิตไอน้ำ	131
4.54	ต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 1 ตัน	133
4.55	เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง	134
4.56	Furnace system หม้อไอน้ำ	135
4.57	ข้อมูล Total Loss ของหม้อไอน้ำ	135
4.58	แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 100 MW	136
4.59	แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 170 MW	137
4.60	แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 340 MW	138
4.61	ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยคณะทำงานงานวิศวกรรมคุณค่า	139
4.62	การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้าใกล้พิกัดระบบ Cooling tower	141

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
4.63	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ Cooling tower	142
4.64	Cooling tower	143
4.65	หน้าจอแสดงผลระบบ Cooling tower	143
4.66	การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก Condensate pump	144
4.67	เปรียบเทียบผลต่างไฟฟ้ามอเตอร์ Condensate pump	145
4.68	Condensate pump	145
4.69	หน้าจอแสดงผลการควบคุม Condensate pump	146
4.70	การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก LP heater drain pump	147
4.71	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ LP heater drain pump	148
4.72	LP heater drain pump	148
4.73	หน้าจอแสดงผลการควบคุม LP heater drain pump	149
4.74	การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามากระบบปรับอากาศ ห้อง Office	150
4.75	เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบปรับอากาศ ห้อง Office	151
4.76	ระบบปรับอากาศ HVAC	151
4.77	กระบวนการทำงานระบบ HVAC	152
4.78	ระยะเวลาทำงานของอุปกรณ์ระบบ HVAC ห้อง Office อาคารโรงไฟฟ้า	152
4.79	การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง	153
4.80	เปรียบเทียบผลต่างพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	154
4.81	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เปิดทิ้งไว้	154
4.82	การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง	155
4.83	มาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า	156
4.84	การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากฉนวนเสื่อมคุณภาพ	157
4.85	เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง	158
4.86	ฉนวนกันความร้อนหม้อไอน้ำเสื่อมสภาพ	158
4.87	หม้อไอน้ำ	159
4.88	ท่อ วาล์วและหน้าแปลนที่ยังไม่มีการหุ้มและชำรุด	159
4.89	การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากไม่มีการหุ้มฉนวน	160

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

		หน้า
4.90	การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากที่ Air Harter	160
4.91	หม้อไอน้ำและ Air Heater	161
4.92	หน้าจอแสดงผลการควบคุมระบบอากาศและไอเสีย	161
4.93	มาตรการทางด้านพลังงานความร้อน	162
4.94	ตัวอย่างแผนการดำเนินงานมาตรการ	206
4.95	หน้าจอโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศห้อง Office	210
4.96	หน้าจอตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ	210
4.97	หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ	211
4.98	พื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารโรงไฟฟ้า	212
4.99	ตัวอย่างใบตรวจสอบการปิดระบบไฟแสงสว่าง	213
5.1	แผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่ประยุกต์ขึ้น	220
ก-1	หนังสือขออนุญาตทำวิจัยในโรงไฟฟ้า	230
ข-1	บันทึกขออนุญาตเผยแพร่และใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ในงานวิจัย	232
ค-1	บันทึกขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน	234
ง-1	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำโรงไฟฟ้า	239
ง-2	ผู้วิจัย	239
ง-3	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม	240
ง-4	ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม	240
ง-5	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมแผนกเดินเครื่อง แผนกประสิทธิภาพและวางแผน	241
ง-6	ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกเดินเครื่องและแผนกประสิทธิภาพและวางแผน	241
ง-7	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล	242
ง-8	ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล	242
ง-9	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาโยธา	243
ง-10	ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาโยธา	243
จ-1	Performance Data Sheet for Oil Firing	245
ฉ-1	สรุปผลการลดพลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์	249
ฌ-1	ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 - 2563	256

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

A	มาจากคำว่า	Ampere
A	มาจากคำว่า	Area
COD	มาจากคำว่า	Commercial Operation Date
CUSUM	มาจากคำว่า	Cumulative sum of different
DIFF	มาจากคำว่า	Difference
ECO coil	มาจากคำว่า	Economizer coil
FGD	มาจากคำว่า	Flue Gas Desulfurizer
HHV	มาจากคำว่า	High Heating Valuve
HVDC	มาจากคำว่า	High Volttage Direct Current
HVAC	มาจากคำว่า	Heating Ventilation and Air Condition
IEA	มาจากคำว่า	International Energy Agency
IPP	มาจากคำว่า	Independent Power Produce
IRR	มาจากคำว่า	Internal Rate of Return
kJ	มาจากคำว่า	Kilo Joule
KPI	มาจากคำว่า	Key Performance Indicator
KRA	มาจากคำว่า	Key Result Areas
kV	มาจากคำว่า	Kilo Voltage
kW	มาจากคำว่า	Kilo Watt
kWh	มาจากคำว่า	Kilo Watt Hour
LP	มาจากคำว่า	Low Presure
MJ	มาจากคำว่า	Mega Joule
MkWh	มาจากคำว่า	Million Kilo Watt Hour
MW	มาจากคำว่า	Mega Watt
Net Gen.	มาจากคำว่า	Net Generation
NPV	มาจากคำว่า	Net Present Value
OF	มาจากคำว่า	Output Facter
PB	มาจากคำว่า	Payback Period
PDP	มาจากคำว่า	Power Development Plan

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

PI	มาจากคำว่า	Plant Information
ROI	มาจากคำว่า	Return on Investment
RH coil	มาจากคำว่า	Reheater coil
SEC	มาจากคำว่า	Specific Energy Consumption
SG	มาจากคำว่า	Specific Gravity
SH coil	มาจากคำว่า	Supper Heater coil
T	มาจากคำว่า	Temperature
TOU	มาจากคำว่า	Time Of Use
VE	มาจากคำว่า	Value Engineering
VE Job plan	มาจากคำว่า	Value Engineering Job plan
VSPP	มาจากคำว่า	Very Small Power Producer
WSS	มาจากคำว่า	Work Shop Seminar

บทที่ 1

บทนำ

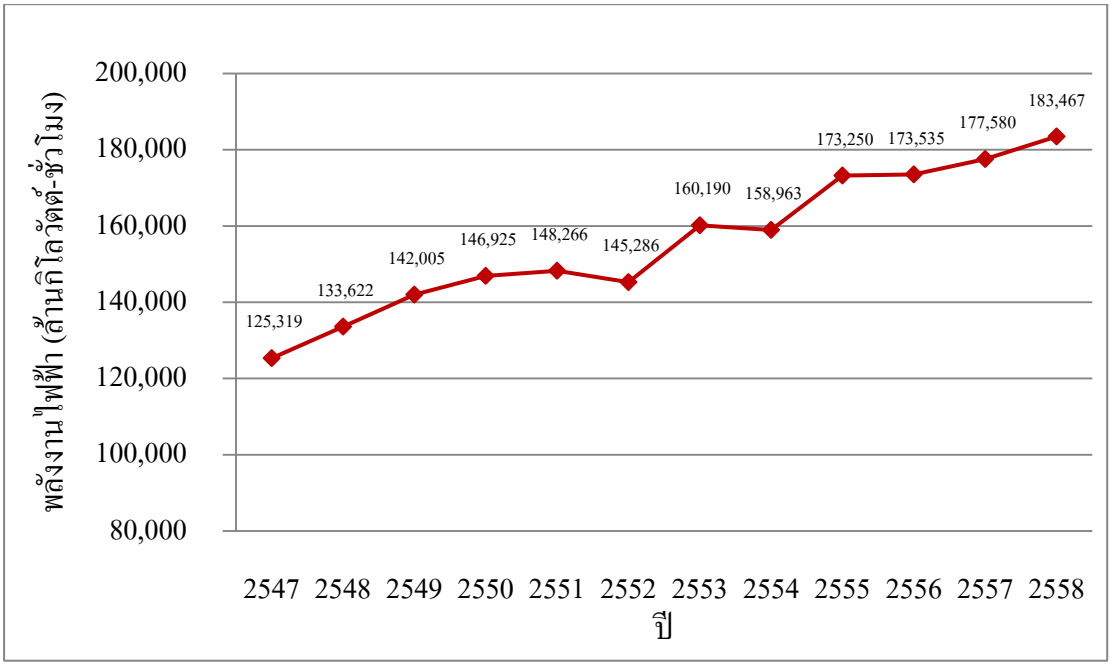
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

สำนักงานพลังงานสากล (International Energy Agency; IEA) ได้คาดการณ์แนวโน้มพลังงานโลก ในช่วง 20 ปีข้างหน้า ในกรณีที่ภาครัฐไม่เปลี่ยนแปลงนโยบายด้านพลังงานและมาตรการต่าง ๆ ไปจากปัจจุบัน ความต้องการพลังงานขั้นต้นจะเพิ่มขึ้นรวม 40% หรือจากระดับ 12,000 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบในปี ค.ศ. 2010 เป็น 16,800 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันในปี ค.ศ. 2030 เชื้อเพลิงฟอสซิลจะยังเป็นแหล่งพลังงานหลัก โดยความต้องการถ่านหินจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดรองลงมาคือก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากความต้องการเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดนี้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในภาคอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในอัตรา 2.5% ต่อปี [1] และจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องของทุกประเทศทั่วโลก ก็เป็นหนึ่งในปัจจัยที่จะขับเคลื่อนความต้องการพลังงานของโลกให้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงานสหรัฐอเมริกา เปิดเผยรายงานทิศทางพลังงานโลก หรือ International Energy Outlook 2016 (IEO 2016) ระบุว่าการบริโภคพลังงานของโลกจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 48 ในช่วง 3 ทศวรรษข้างหน้า โดยที่มีกลุ่มประเทศในเอเชียเป็นตัวขับเคลื่อน [2] พลังงานเป็นประเด็นใหญ่ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากต้นทุนด้านพลังงานในปัจจุบันปรับราคาสูงขึ้นมาก มีการใช้เพิ่มมากขึ้นทุกปีจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการลดการใช้พลังงานจึงเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ตรงจุดวิธีหนึ่ง [3] โดยการนำมาตรฐานและเทคนิคด้านการจัดการต่าง ๆ มาช่วยจัดการและควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลดีขึ้น เช่น กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 ระบบการจัดการพลังงานมาตรฐาน ISO 50001:2011 มาตรฐานการจัดการพลังงานยุโรป (European energy management standard): BS EN 16001:2009 ระบบการจัดการพลังงาน (The American national standards institute/management system for energy): ANSI/MSE 2000:2008 หลักการ PDCA ไคเซ็น และวิศวกรรมคุณค่า เป็นต้น

ในส่วนของประเทศไทยมีความต้องการพลังงานเช่นเดียวกับประเทศอื่น ๆ และมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปีโดยการใช้พลังงานของประเทศไทยในปี 2558 อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจไทยขยายตัวร้อยละ 2.8 เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ภายในประเทศ

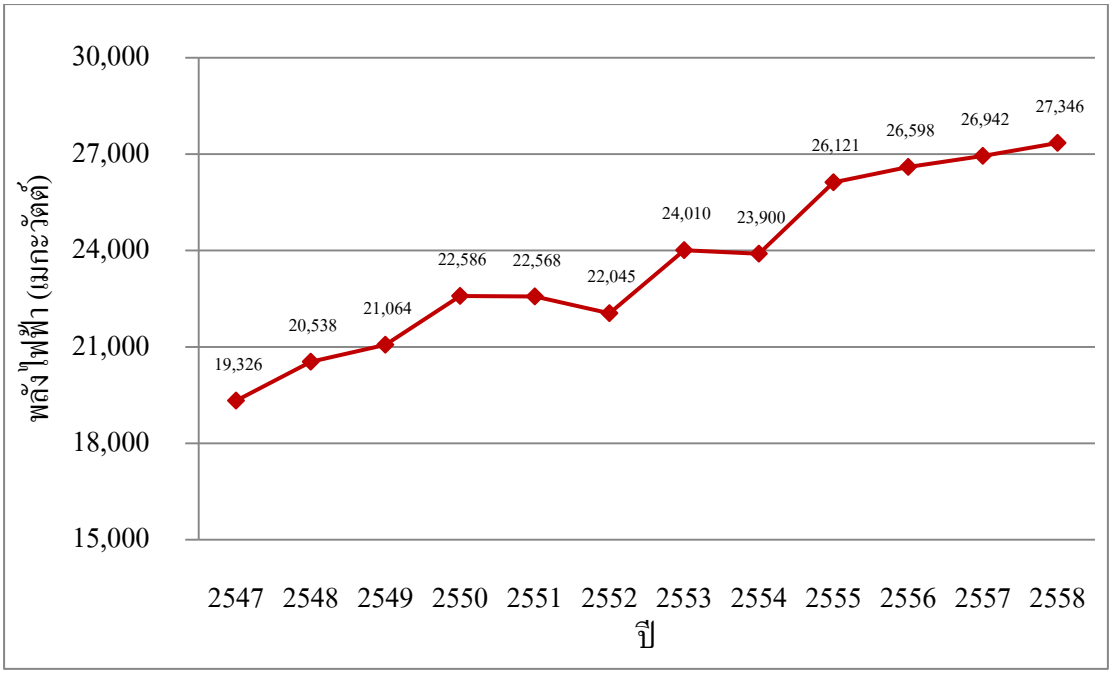
ในขณะที่อุปสงค์ภายนอกประเทศชะลอตัว ส่งผลให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจากปี 2557 ร้อยละ 2.7 และพบว่ามีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในสาขาอุตสาหกรรม และสาขาขนส่ง เป็นสาขาเศรษฐกิจที่มี การใช้พลังงานมากที่สุด ซึ่งสัดส่วนการใช้พลังงานในสาขาขนส่งคิดเป็นร้อยละ 36.6 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมาประกอบด้วย สาขาอุตสาหกรรม บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และเกษตรกรรม คิดเป็น ร้อยละ 35.9 14.9 7.6 และ 5.0 ตามลาดับ [4] ทั้งนี้การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ มีปริมาณ 63,844 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 4.5 ประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูป 37,981 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.9 ไฟฟ้า 15,455 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.5 ถ่านหิน/ลิกไนต์ 4,403 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงร้อยละ 4.9 และก๊าซธรรมชาติ 6,005 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.1 สำหรับพลังงานหมุนเวียน ประกอบด้วย (แสงอาทิตย์ ฟืน แกลบ กากอ้อย วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ขยะและก๊าซชีวภาพ) 6,574 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.8 และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (ฟืน ถ่าน แกลบ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร) 7,463 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 10.3 [5]

การใช้ไฟฟ้าในประเทศ ภาครัฐมีหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องพลังงาน ทั้งการใช้พลังงานจากภายในประเทศ นำเข้าจากต่างประเทศและผลิตพลังงานในสัดส่วนที่สูง คือการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในปี 2558 ระบบไฟฟ้าของ กฟผ. มีความต้องการพลังไฟฟ้าสุทธิสูงสุดเท่ากับ 27,345.80 เมกะวัตต์ มีค่าเพิ่มขึ้นจากความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของปี 2557 เป็นจำนวน 403.70 เมกะวัตต์หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.50 สำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าของระบบ กฟผ. ในปี 2558 มีค่าเท่ากับ 183,466.84 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสุทธิของปี 2557 ที่มีค่าเท่ากับ 177,580.47 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นจำนวน 5,886.37 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 3.31 [6] ดังภาพที่ 1.1 ปริมาณการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558 แสดงให้เห็นว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปีเฉลี่ย 3.60% ส่วนความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดดังภาพที่ 1.2 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558 บ่งบอกถึงการใช้พลังไฟฟ้าที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปีเช่นกันเฉลี่ย 3.28%



ภาพที่ 1.1 ปริมาณการผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558

ที่มา: รายงานสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อและผลิต ฝ่ายควบคุมกำลังไฟฟ้า กฟผ. [7]



ภาพที่ 1.2 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย ปี 2547 - ปี 2558

ที่มา: สถิติ Peak Demand ประเทศไทย ฝ่ายควบคุมกำลังไฟฟ้า กฟผ. [8]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นรัฐวิสาหกิจด้านกิจการพลังงาน ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงพลังงาน ดำเนินธุรกิจหลักในการผลิต จัดให้ได้มา และจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ผู้ใช้ไฟฟ้าตามกฎหมายกำหนดและประเทศใกล้เคียง พร้อมทั้งธุรกิจอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับกิจการไฟฟ้า ในปี 2558 กฟผ. มีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา 177,061 ล้านลิตร น้ำมันดีเซล 12.80 ล้านลิตร ถ่านหินลิกไนต์ 14.36 ล้านตันและก๊าซธรรมชาติ 409,151.60 ล้านลูกบาศก์ฟุต [9] ในการผลิตกระแสไฟฟ้า กฟผ. มีโรงไฟฟ้าและเขื่อนที่อยู่ในการดูแลกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาคและยังมีบริษัทในเครืออีก 5 บริษัท ซึ่งเกี่ยวข้องกับพลังงาน

โรงไฟฟ้ากระบี่ดังภาพที่ 1.3 เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนซึ่งเป็นหนึ่งในโรงไฟฟ้าของ กฟผ. ตั้งอยู่เลขที่ 112 หมู่ 2 ตำบลคลองขนาน อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ บนเนื้อที่ประมาณ 7,200 ไร่ (เฉพาะส่วนของโรงไฟฟ้า ประมาณ 600 ไร่) เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาดกำลังผลิต 340 เมกะวัตต์ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

- เครื่องผลิตไอน้ำแรงดันสูง
- เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- ระบบระบายความร้อนแบบหอหล่อเย็น
- ระบบผลิตน้ำใช้ และน้ำเกลือแร่น้อยสำหรับกระบวนการผลิต
- ระบบบำบัดน้ำเสีย
- ท่าเทียบเรือรับน้ำมันเชื้อเพลิงและระบบขนถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งคลังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

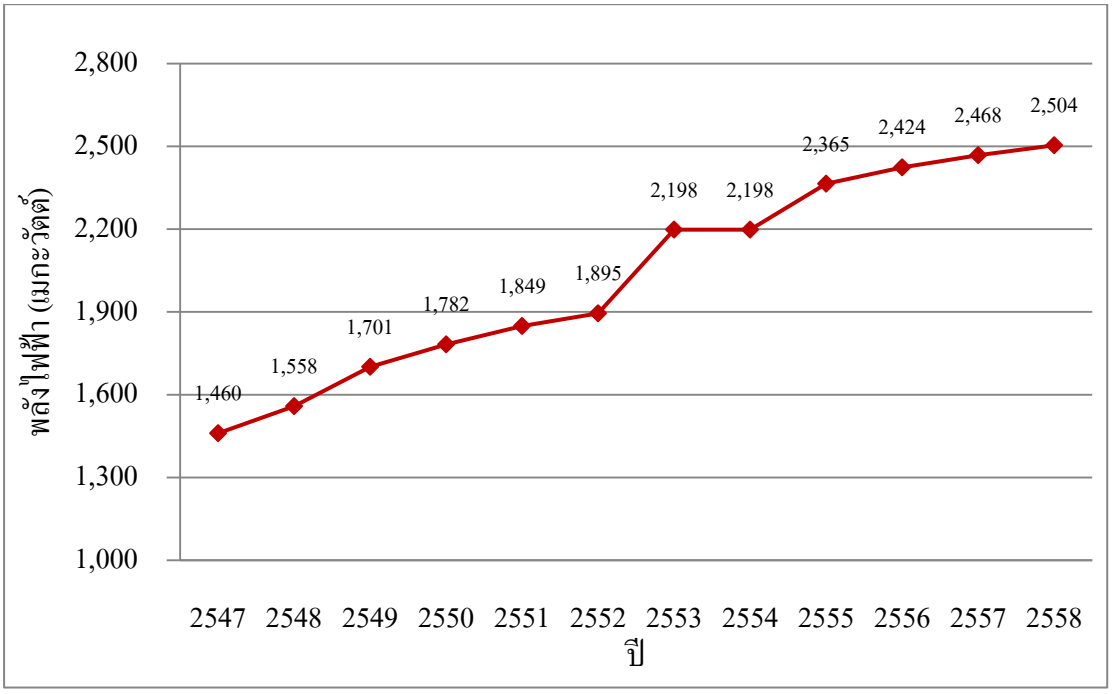
ภาพที่ 1.3 โรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่
ที่มา: โรงไฟฟ้ากระบี่ [10]

โรงไฟฟ้ากระบี่เดินเครื่องเชิงพาณิชย์ (Commercial Operation Date; COD) เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2547 โดยออกแบบให้ทำงานในลักษณะโรงไฟฟ้าผลิตพลังงานไฟฟ้าฐาน (Base-Load) ใช้น้ำมันเตากำมะถันต่ำ (ปริมาณกำมะถันไม่เกินร้อยละ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2557 เป็นต้นมาได้ทดลองใช้กำมะถันไม่เกินร้อยละ 0.5) เป็นเชื้อเพลิงหลักและออกแบบให้ใช้กับก๊าซธรรมชาติได้ด้วย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาอัตราเฉลี่ยประมาณ 70.8 ตันต่อชั่วโมง หรือประมาณวันละ 1.75 ล้านลิตรต่อวัน เมื่อเดินเครื่องที่กำลังผลิตออกแบบ 340 เมกะวัตต์ ในส่วนของระบบขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจากแหล่งผลิตมายังโรงไฟฟ้าฟ้า ขนส่งโดยเรือบรรทุกน้ำมันเดินทะเลขนาด 2,000 ตัน เทียบท่าที่บริเวณช่องแหลมหิน ดังในภาพที่ 1.4 แสดงเส้นทางขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อสูบถ่ายน้ำมันเข้าคลังเก็บน้ำมันที่บ้านคลองรั้ว และขนส่งโดยระบบท่อน้ำมันมายังคลังเก็บน้ำมันบริเวณโรงไฟฟ้าระยะทางประมาณ 14.8 กิโลเมตร

ภาพที่ 1.4 แสดงเส้นทางขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง
ที่มา: โรงไฟฟ้ากระบี่ [10]

ส่วนระบบควบคุมมลสารในกระบวนการผลิตใช้เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurizer; FGD) เพื่อลดและควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านคุณภาพอากาศให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งแหล่งหินปูนสำหรับใช้ในระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ใช้หินปูนจากการทำเหมืองบริเวณเขาวัวพลัด อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่ ห่างจากโรงไฟฟ้าประมาณ 60 กิโลเมตร มีปริมาณการใช้หินปูนประมาณ 210 ตันต่อวัน ส่วนการใช้น้ำในกระบวนการผลิตใช้จากอ่างเก็บน้ำภายในโรงไฟฟ้ามีความจุรวม 3.6 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาณ 2,243 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อนหอหล่อเย็น (Cooling tower) ใช้น้ำจากคลองปกาสัยที่อยู่หลังโรงไฟฟ้าจำนวน 47,248 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาคใต้มีแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งจากโรงไฟฟ้า จากพันธะสัญญาแลกเปลี่ยนพลังงาน จากพลังงานทดแทนและจากเขื่อน แต่ความต้องการพลังงานไฟฟ้ายังเพิ่มขึ้นทุกปีประมาณ 5.11% ดังแสดงในภาพที่ 1.5 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของภาคใต้ ปี 2547 - ปี 2558 ในภาคใต้นั้นโรงไฟฟ้ามีทั้งที่เป็นของ กฟผ. และโรงไฟฟ้าของบริษัทเอกชน ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558 ในส่วนของโรงไฟฟ้ากระบี่เมื่อคิดเป็นสัดส่วนกำลังผลิตในภาคใต้มีสัดส่วน 9.40% จากแหล่งอื่น ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1.6 สัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558 และในภาพที่ 1.7 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตและสัดส่วนการเดินเครื่องจริงของโรงไฟฟ้ากระบี่ ปี 2547 - ปี 2558



ภาพที่ 1.5 ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของภาคใต้ ปี 2547 - ปี 2558

ที่มา: สถิติ Peak demand ภาคใต้ ฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้ กฟผ. [11]

ตารางที่ 1.1 ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558

แหล่งผลิต	ประเภท	เชื้อเพลิง	กำลังผลิต (MW)	สัดส่วน
โรงไฟฟ้ากระบี่	พลังความร้อน	น้ำมันเตา	315	9.40%
โรงไฟฟ้าจะนะ	พลังความร้อนร่วม	ก๊าซธรรมชาติ	1,476	44.07%
โรงไฟฟ้าสุราษฎร์ธานี[1]	กังหันแก๊ส	น้ำมันดีเซล	244	7.28%
บริษัท ผลิตไฟฟ้า ขนอม จำกัด	พลังความร้อนและความร้อนร่วม	ก๊าซธรรมชาติ	930	27.77%
เขื่อนรัชชประภา	พลังน้ำ	-	240	7.17%
เขื่อนบางลาง[2]	พลังน้ำ	-	84	2.51%
เขื่อนบ้านสันติ	พลังน้ำ	-	1.3	0.04%
ผู้ผลิตรายเล็ก[3]	พลังความร้อน	ชีวมวล	29	0.87%

ตารางที่ 1.1 ปริมาณกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558 (ต่อ)

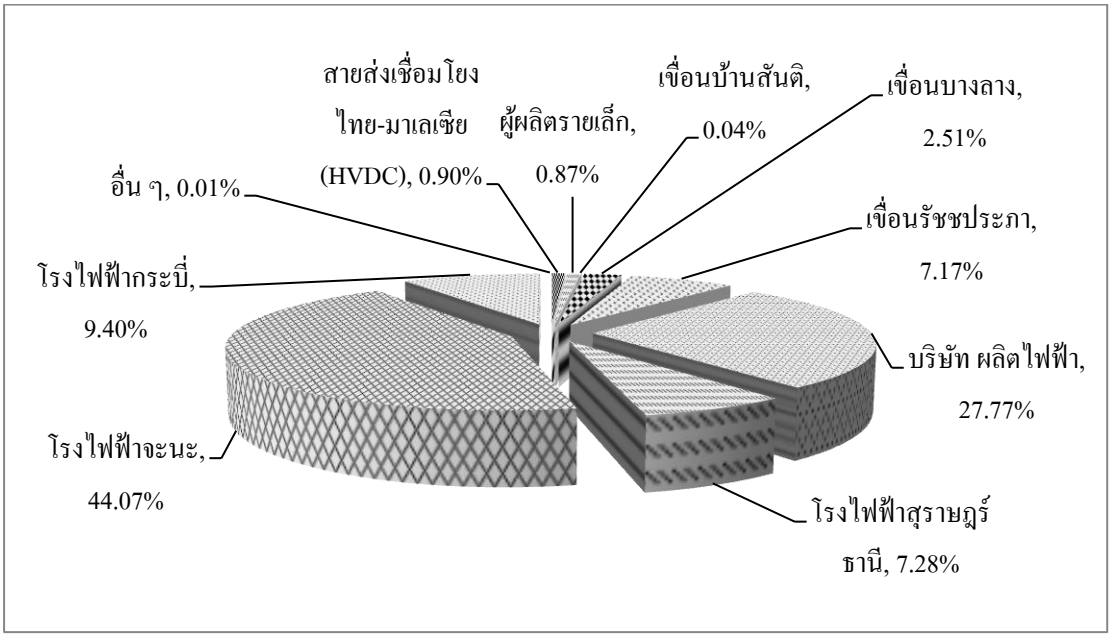
แหล่งผลิต	ประเภท	เชื้อเพลิง	กำลังผลิต (MW)	สัดส่วน
สายส่งเชื่อมโยงไทย-มาเลเซีย (HVDC)[4]	-	-	30	0.90%
อื่น ๆ	พลังงานทดแทน	ลม	0.2004	0.01%
รวมกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558			3,350	100%

หมายเหตุ; [1]เดินเครื่องเมื่อกระแสไฟฟ้าในระบบไม่พอและหรือเกิดเหตุกรณีฉุกเฉินเท่านั้น

[2]อยู่ระหว่าง Renovation เครื่องหน่วยที่ 3 ทำให้กำลังผลิตลดลง 28 MW

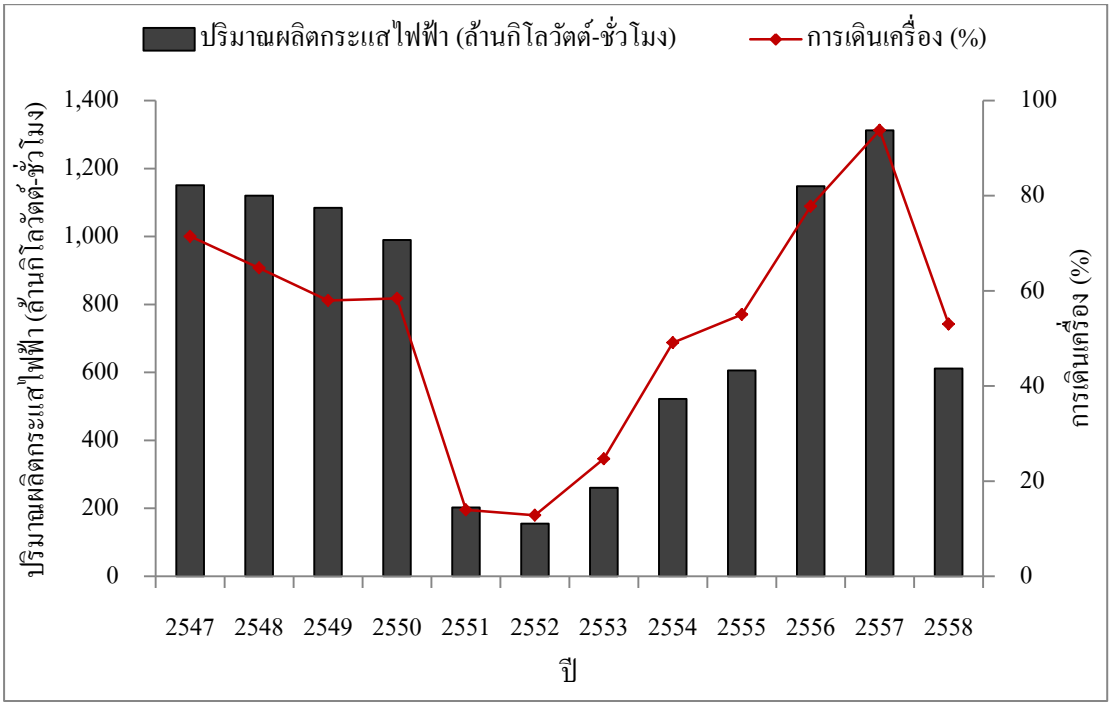
[3]บริษัท กัลฟ์ ยะลา กรีน จำกัด และ บริษัท สุราษฎร์ธานี กรีน เอ็นเนอยี่ จำกัด

[4]ยังมีระบบ HVAC 300 MW จะซื้อ-ขาย เมื่อเกิดเหตุกรณีฉุกเฉินเท่านั้น



ภาพที่ 1.6 สัดส่วนกำลังผลิตไฟฟ้าภาคใต้ ปี 2558

ที่มา: ฝ่ายควบคุมกำลังไฟฟ้าและฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้ กฟผ. [12, 13]

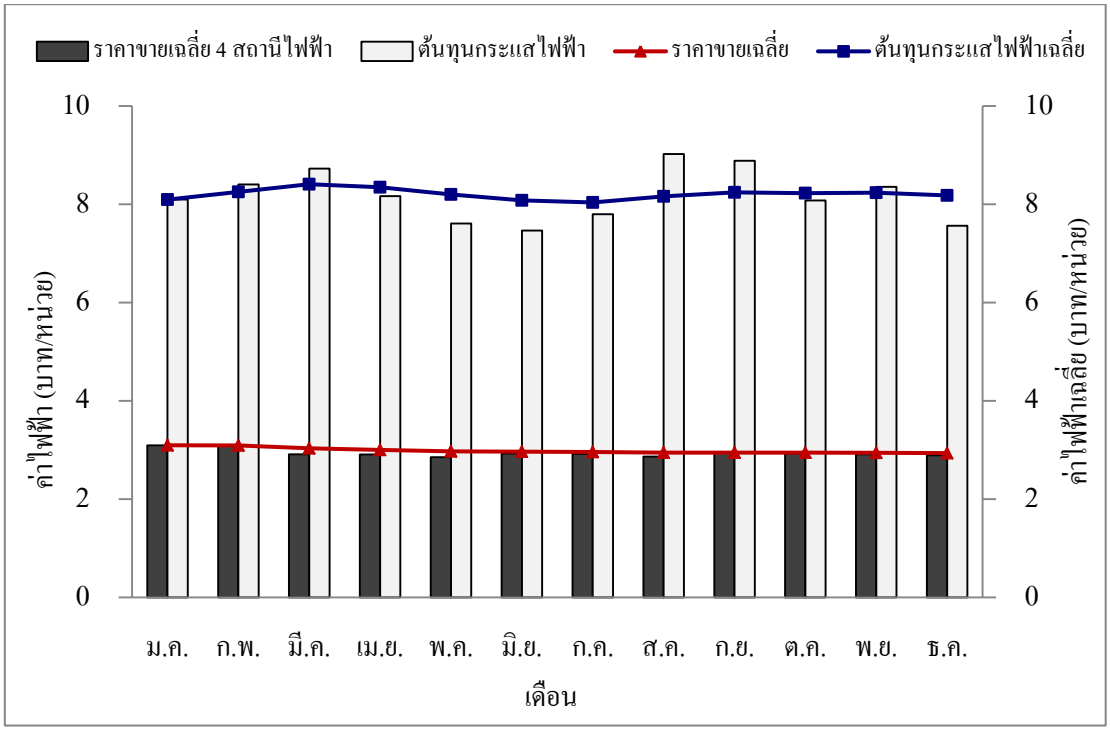


ภาพที่ 1.7 ปริมาณการผลิตและสัดส่วนการเดินเครื่องจริง ปี 2547 - ปี 2558
ที่มา: โรงไฟฟ้ากระบี่ [14]

กระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ากระบี่ที่ผลิตได้จะส่งไปตามสายส่งแรงสูงเพื่อส่งกระแสไฟฟ้ายังสถานีไฟฟ้าแรงสูงทั้งสิ้น 4 สถานีซึ่งกระจายตัวอยู่ใน 4 จังหวัดประกอบด้วย

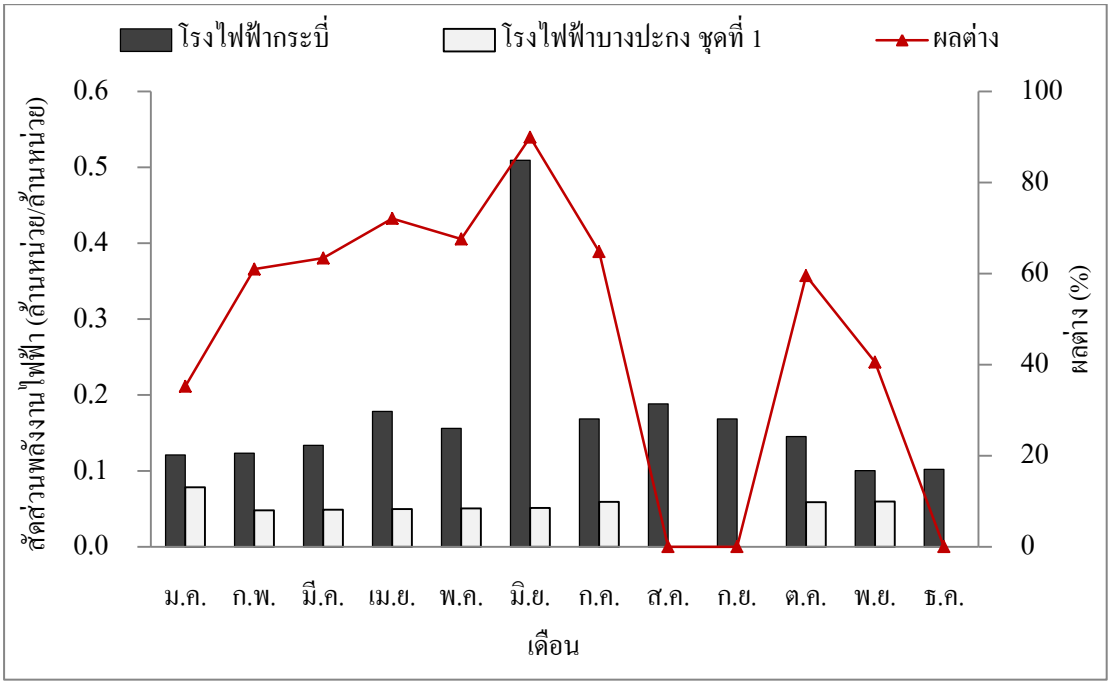
- จังหวัดกระบี่ สถานีไฟฟ้าแรงสูงกระบี่ ส่งด้วยแรงดัน 33 kV และ 115 kV
- จังหวัดตรัง สถานีไฟฟ้าแรงสูงลำภูรา ส่งด้วยแรงดัน 115 kV
- จังหวัดพังงา สถานีไฟฟ้าแรงสูงพังงา ส่งด้วยแรงดัน 230 kV
- จังหวัดนครศรีธรรมราช สถานีไฟฟ้าแรงสูงทุ่งสง ส่งด้วยแรงดัน 230 kV

โรงไฟฟ้ากระบี่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในปี 2557 ซึ่งมีการเดินเครื่องมากที่สุด ผลิตไฟฟ้า 1,313 ล้านหน่วยดังแสดงในภาพที่ 1.7 ปริมาณการผลิตและสัดส่วนการเดินเครื่องจริง ปี 2547 - ปี 2558 โดยใช้น้ำมันเตา 304.7 ล้านลิตรและน้ำมันปาล์มดิบ (นโยบายรัฐบาล) 0.996 ล้านลิตร ซึ่งต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 8.18 บาทต่อหน่วย (ราคาน้ำมันเตาเฉลี่ย 27.55 บาทต่อลิตรและราคาน้ำมันปาล์มดิบ 23.44 บาทต่อลิตร) ราคาขายเฉลี่ย 2.94 บาทต่อหน่วย ดังภาพที่ 1.8 รายละเอียดค่าไฟฟ้าระหว่างราคาขายและต้นทุนผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่ ปี 2557

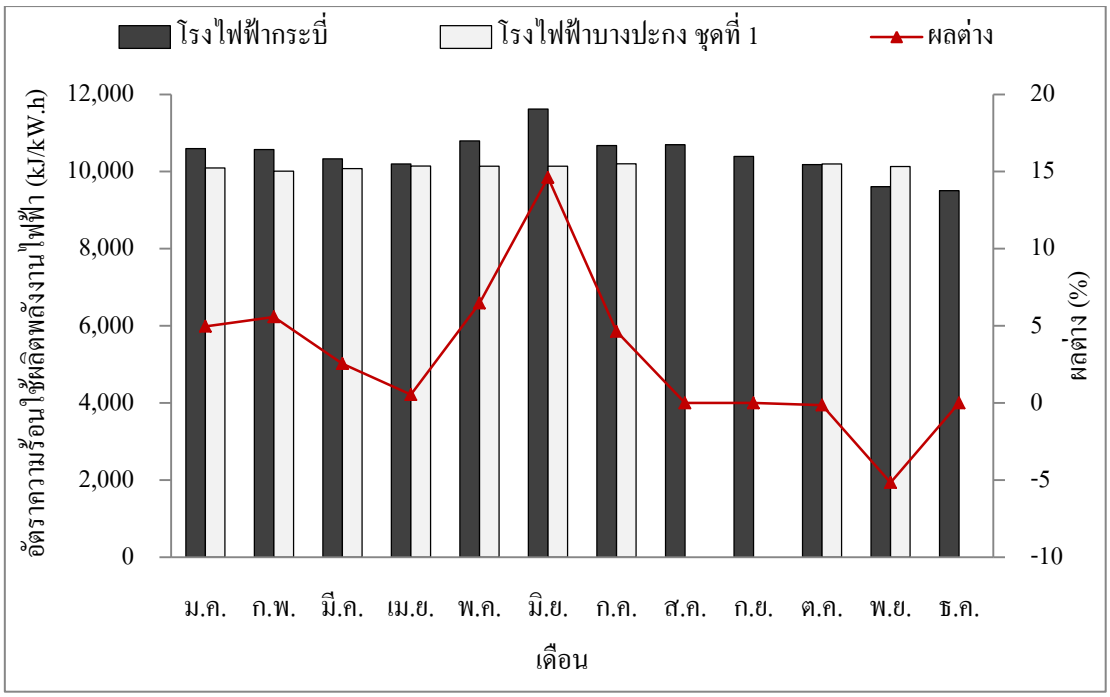


ภาพที่ 1.8 รายละเอียดค่าไฟฟ้าระหว่างราคาขายและต้นทุนผลิต โรงไฟฟ้ากระบี่ ปี 2557
ที่มา: ฝ่ายสัญญาซื้อขายไฟฟ้าและฝ่ายบัญชีและงบประมาณสายงานผลิตไฟฟ้าและเชื้อเพลิง กฟผ. [15, 16]

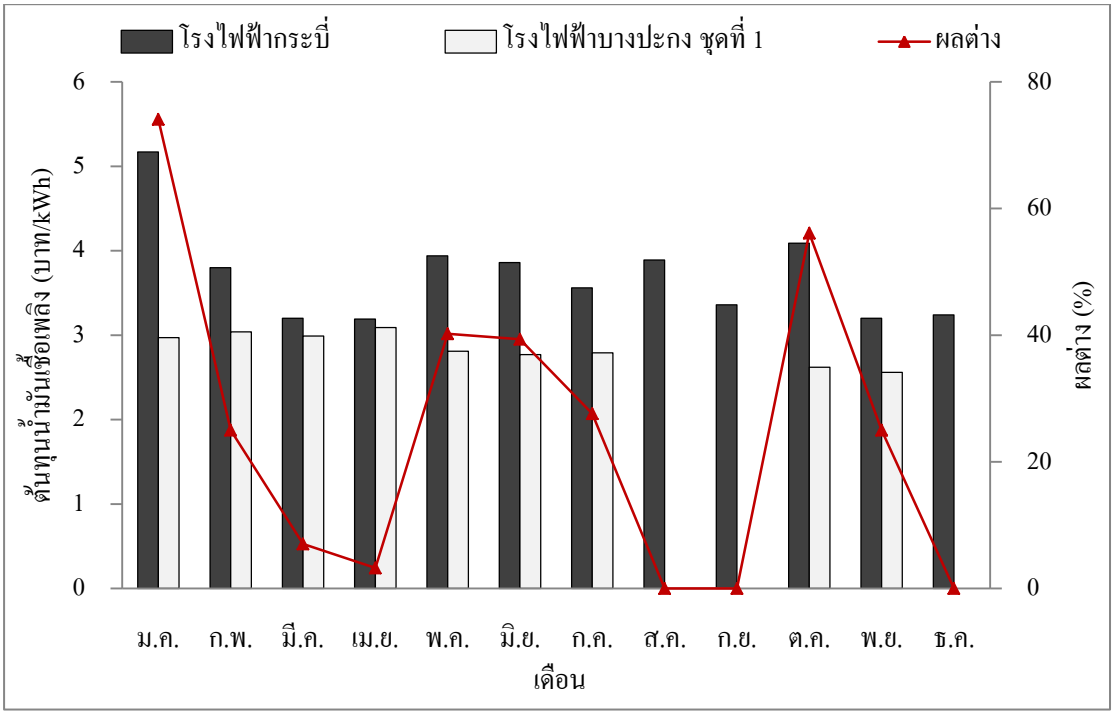
ข้อมูลในภาพที่ 1.9 แสดงสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตเทียบกับที่ผลิตได้ โรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558 พบว่าโรงไฟฟ้ากระบี่ใช้สูงกว่า 0.08 คิดเป็น 140.60% (ทั้งนี้อาจมีตัวแปรอื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วยที่ทำให้สัดส่วนต่างกัน) ภาพที่ 1.10 แสดงอัตราความร้อนใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย โรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558 พบว่าโรงไฟฟ้ากระบี่ใช้สูงกว่าเฉลี่ย 53.32 kJ/kWh คิดเป็น 0.52% (ทั้งนี้อาจมีตัวแปรอื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วยที่ทำให้สัดส่วนต่างกัน) ส่วนภาพที่ 1.11 แสดงต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย โรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558 พบว่าโรงไฟฟ้ากระบี่สูงกว่าเฉลี่ย 0.8 บาทต่อหน่วย คิดเป็น 27.68%



ภาพที่ 1.9 สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558
ที่มา: ระบบข้อมูลความพร้อมจ่ายด้านการผลิตของโรงไฟฟ้า กฟผ. [17]



ภาพที่ 1.10 อัตราความร้อนโรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558
ที่มา: ระบบข้อมูลความพร้อมจ่ายด้านการผลิตของโรงไฟฟ้า กฟผ. [17]



ภาพที่ 1.11 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้ากระบี่และโรงไฟฟ้าบางปะกง ชุดที่ 1 ปี 2558
ที่มา: ระบบข้อมูลความพร้อมจ่ายด้านการผลิตของโรงไฟฟ้า กฟผ. [17]

เนื่องจากการใช้พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อภาพรวมประสิทธิภาพขององค์กร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีวิธีการลดพลังงานที่สูญเสีย โดยประยุกต์ใช้แนวคิดต่าง ๆ เข้ามาช่วยเพื่อร่วมกันคิดหามาตรการในการประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่อง จากผลการสำรวจงานวิจัยกรณีศึกษาและในตำรา พบว่ากิจกรรมที่ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสามารถช่วยลดต้นทุนได้ [18-26] ส่งผลให้การใช้พลังงานเกิดประโยชน์สูงสุด ใช้เท่าที่จำเป็น ใช้อย่างคุ้มค่าและยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้วิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน จังหวัดกระบี่ โดยนำแผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอน ของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา [27] มาใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและข้อมูลของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล 2. ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน 3. ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด 4. ขั้นตอนการประเมินผล 5. ขั้นตอนการพัฒนาความคิด และ 6. ขั้นตอนการนำเสนอ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าในการลดการใช้พลังงานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงปัญหาการสูญเสียการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า
2. สามารถนำความรู้วิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้า
3. ได้มาตรการประหยัดพลังงานในโรงไฟฟ้า
4. ลดปริมาณการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า
5. หน่วยงานอื่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาเพื่อหามาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่
   - มอเตอร์ขนาด 100 กิโลวัตต์ ขึ้นไป
   - ระบบอัดอากาศ
   - ระบบปรับอากาศ
   - ระบบแสงสว่าง
2. ศึกษาเพื่อหามาตรการลดการใช้พลังงานความร้อนโรงไฟฟ้าพลังความร้อนกระบี่
   - ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง
   - ระบบกังหันไอน้ำ

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ได้ตระหนักถึงการลดพลังงาน โดยใช้วิธีการจัดการและเทคนิคต่าง ๆ มาช่วย เพื่อหาปัจจัยที่ช่วยลดการใช้พลังงาน หาแนวทางในการลดการใช้พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [28] ได้ออกเอกสารเผยแพร่ กรณีศึกษาโรงงานที่ใช้หลักการลดต้นทุนพลังงานด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค

วิศวกรรมคุณค่า กรณีศึกษาที่ 1 บริษัท ซินเจนทา ครอป โปรเทคชั่น จำกัด พบว่าผลการประหยัดพลังงานที่ได้จากมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนคิดเป็นเงินได้ 217,735 บาทต่อปี ส่วนมาตรการที่ต้องมีการลงทุนประหยัดได้ 1,372,776 บาทต่อปี กรณีศึกษาที่ 2 บริษัท จุฑาวรรณ จำกัด พบว่าผลการประหยัดพลังงานที่ได้จากมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนคิดเป็นเงินได้ 700,960 บาทต่อปี ส่วนมาตรการที่ต้องมีการลงทุนประหยัดได้ 216,200 บาทต่อปี

ประกอบ เอี่ยมสะอาด [29] ทำการศึกษาวิเคราะห์แนวทางในการบริหารจัดการพลังงานในระบบอัดอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 23 โรงงาน ผลการวิจัยพบว่ามาตรการลดการรั่วไหลสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 1.35 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของโรงงาน มาตรการติดตั้งถังเก็บอากาศอัดสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 1.34 และยังมีอีกหลายมาตรการ รวมแล้วคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ประมาณ 2,300 ล้านหน่วย/ปี

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน [30] ได้ศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันก๊าซในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะ คือ ระดับความสูง ความดันอากาศเข้า ความดันไอเสียอุณหภูมิที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์ ความสะอาดคอมเพรสเซอร์ การเสื่อมสภาพของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้คือความสะอาดของคอมเพรสเซอร์ จากดำเนินการมาตรการและควบคุมความสะอาดคอมเพรสเซอร์อย่างต่อเนื่องทำให้อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตมีค่าต่ำลง สามารถประหยัดพลังงานได้รวม 295,029.72 ล้าน kJ/ปี

ชณิชา หมอยาดี [31] ศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหามาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ โดยใช้ดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคพลังงานต่อผลผลิตที่ได้ในช่วงเวลาเดียวกัน สำหรับมาตรการที่นำเสนอคือ มาตรการการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (Variable Speed Drive; VSD) ใช้ได้กับมอเตอร์ เพื่อให้การทำงานของมอเตอร์เหมาะสมกับภาระลดการบริโภคพลังงานได้ 0.215 kWh/ton มาตรการการนำความร้อนทิ้งจากกระบวนการผลิตมาผลิตพลังงานไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 90 MW และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 600 ล้านหน่วยต่อปี มาตรการเครื่องคัดแยกเศษเหล็กออกจาก Clinker ที่ถูกคัดออก (Reject) สามารถลดพลังงานเชื้อเพลิงได้ 797.6 GJ/ปี และมาตรการติดตั้งตะแกรงคัดแยกหินคลุกที่ Plant CFBK สามารถลดพลังงานเชื้อเพลิงได้ 2,949.73 GJ/ปี

Chaojun Wang et al. [32] ได้ศึกษาการนำความร้อนเสีย (Waste heat) กลับมาใช้ ในส่วนของก๊าซไอเสียก่อนที่จะเข้าเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulfurizer; FGD) ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กำลังผลิต 600 เมกะวัตต์ พบว่าความร้อนเสียส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้ได้โดยการติดตั้งเครื่องประหยัดความดันต่ำ (Low Pressure Economizer; LPE) เพื่อนำน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับความร้อนที่ยังคงมีอยู่ในก๊าซไอเสียก่อนจะเข้า FGD และปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศ พบว่าสามารถ

ประหยัดเชื้อเพลิงถ่านหินลงได้เทียบเท่ากับมาตรฐาน (Standard Coal Equivalent; SCE) 2-4 g/kWh ภายใต้การทำงานแบบเต็มกำลัง (Full load)

J. Bujak [33] ได้ศึกษาการปรับปรุงการจัดการพลังงานในระบบไอน้ำที่ใช้ในการผลิตแผ่นคอรูเกจ ซึ่งระบบประกอบไปด้วยหม้อไอน้ำ ไอน้ำและท่อกลั่นตัว โดยเสนอระบบถังกลั่นตัวแบบปิดแทนที่ระบบเดิมที่หม้อไอน้ำทำงานพร้อมๆ กันกับการเปิดถังกลั่นตัว จากการศึกษาโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของความร้อน พบว่าการสูญเสียพลังงานของระบบปิดมีน้อยกว่าระบบเปิดเสมอ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เพิ่มขึ้นประมาณ 8%

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้นำเทคนิคการจัดการมาประยุกต์ใช้เพื่อลดพลังงาน เช่น ศกุนี เครือวัลย์ [19] ได้ศึกษาการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงาน โดยเลือกโรงงานที่ไม่เข้าข่ายโรงงานควบคุมสองประเภท ได้แก่โรงงานผลไม้อบแห้งและโรงงานสิ่งทอประเภทลูกไม้ ทำการศึกษาร่วมกับทีมงานของแต่ละโรงงานเพื่อหามาตรการประหยัดพลังงาน ตามขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่าและมีแนวทางการศึกษาดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลของโรงงาน โดยเฉพาะข้อมูลทางด้านพลังงาน
2. วิเคราะห์หน้าที่และการใช้พลังงานของแต่ละกระบวนการ
3. ระดมความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสม
4. ประเมินความเป็นไปได้โดยสังเขป ทั้งทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์
5. เลือกมาตรการที่มีความเป็นไปได้ มาศึกษาเพื่อพิจารณาผลการประหยัดพลังงานและเงินลงทุน เพื่อลำดับความสำคัญของมาตรการทั้งหมด
6. ประเมินผลการประหยัดพลังงานอย่างละเอียด
7. สรุปผลการดำเนินการ

ซึ่งผลจากการดำเนินงานตามขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่า มีมาตรการที่เหมาะสมและดำเนินการได้ทันที 6 มาตรการ สำหรับโรงงานผลไม้อบแห้งและ 3 มาตรการสำหรับโรงงานสิ่งทอประเภทลูกไม้ สามารถลดการใช้พลังงานคิดเป็นเงินรวม 1,108,866 บาทต่อปี

นภดล ศรีพุทธา [34] ศึกษาและวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อดำเนินการจัดการพลังงานในกระบวนการผลิตแกนสตาร์ทและการตัดแต่งก้านสูบรถจักรยานยนต์ โดยพบว่าปี 2550 มีดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่าปี 2549 คิดเป็นร้อยละ 10.9 ทำให้ต้องดำเนินการจัดการด้านพลังงานให้ดีขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงาน ซึ่งมี 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงาน
2. การประเมินสถานภาพการจัดการพลังงานเบื้องต้น
3. การกำหนดนโยบายอนุรักษ์และการประชาสัมพันธ์
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

5. การกำหนดมาตรการ เป้าหมาย และแผนการอนุรักษ์พลังงาน
6. การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน
7. การตรวจติดตามและประเมินผลระบบการจัดการพลังงาน
8. การทบทวนผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานโดยเน้นการมีส่วนร่วมและรับฟังข้อเสนอแนะจากพนักงาน ทำให้ดัชนีการใช้พลังงานลดลง ซึ่งคิดเป็นผลการประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 916,400 kWh/ปี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดพลังงานมีผู้ที่ได้ศึกษาไว้อีกมาก เช่น การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า/การวิเคราะห์คุณค่า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชุดสายไฟรถยนต์ [20] เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีไคเซ็น [35] ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม [36] การลดต้นทุนด้วยแนวคิดทางวิศวกรรมคุณค่าสำหรับชิ้นส่วนภายในรถยนต์ [18] การประเมินความต่อเนื่องของกิจกรรมการจัดการการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม [37] ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้า [38, 39] มาตรการในการปรับปรุงและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน [31], [40, 41] การจัดการพลังงานในกระบวนการผลิต [30], [34], [42, 43] ศักยภาพการประหยัดพลังงานและอุปสรรคของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม [44] ศักยภาพการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าในประเทศจีน [45] การวิเคราะห์ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของงานและพลังงาน (Energy and exergy analysis) ของโรงไฟฟ้าไอน้ำในประเทศจอร์แดน [46] และการศึกษานโยบายด้านพลังงาน [47-49] เป็นต้น มีการนำไปใช้ในหลายๆ อุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ [31] อุตสาหกรรมแก้วและกระจก [40] อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์และชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ [18], [20], [26], [34] อุตสาหกรรมอาหาร [19], [50, 51] อุตสาหกรรมเคมี [43], [47] อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า [30], [45, 46], [52-59] และอาคารขนาดใหญ่ต่าง ๆ เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงแรม สถานศึกษา อาคารรัฐวิสาหกิจ [60] และโรงพยาบาล เป็นต้น

โดยสรุปแล้วสามารถจำแนกการลดพลังงานออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ การลดพลังงานไฟฟ้าและการลดพลังงานความร้อน

การลดพลังงานไฟฟ้าจากการสำรวจงานวิจัยพบว่ามีมาตรการที่นำมาใช้หลายมาตรการต่างๆ เช่นมาตรการการหยุดเดินเครื่องในช่วงพักเบรก [34] มาตรการปรับปรุงขั้นตอนการไหลงาน [34] มาตรการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า [34], [60] การรักษาความสะอาด ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าและลดความดันใช้งานเครื่องอัดอากาศ (Compressor) และระบบอัดอากาศ [19], [30], [40] การลดภาระมอเตอร์ [19] การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติแทนการใช้พลังงานไฟฟ้า [19] มาตรการเลื่อนเวลาเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น [60] มาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ [60]

มาตรการเปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้า [60] มาตรการเปลี่ยนชนิดของบัลลาสต์ [60] มาตรการใช้โคมสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง [60] การบำรุงรักษาและปรับปรุงเครื่องจักร [61]

การลดพลังงานความร้อนจากการสำรวจงานวิจัยพบว่ามีมาตรการที่นำมาใช้หลายมาตรการต่างๆ ดังเช่น การลดปริมาณน้ำล้นจากการต้ม การลดปริมาณน้ำร้อนทิ้ง (Blow down) [19] การให้ความร้อนน้ำป้อนก่อนป้อนหม้อต้ม [19] การเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (Boiler) [19] การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและอุปกรณ์ประกอบ การนำไอน้ำที่ผ่านกระบวนการแล้วกลั่นตัวเป็นน้ำแต่ยังมีความร้อนอยู่ (Condensate) กลับมาใช้การติดตั้งกับดักไอน้ำ (Steam trap) การปรับตั้งแรงดันไอน้ำใช้งานให้เหมาะสม [37] การนำลมร้อนทิ้งไปอุ่น [40], [31] และการปรับเปลี่ยนสภาวะไอน้ำเข้ากังหัน [50]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีการนำระบบการจัดการและเทคนิคการจัดการต่าง ๆ มาใช้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการลดพลังงานขององค์กร แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาโดยตรงเกี่ยวกับการลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษา โดยประยุกต์แผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา [27] ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและข้อมูลของโรงไฟฟ้า โดยเริ่มต้นจากการจัดตั้งทีมงานวิศวกรรมคุณค่า จากนั้นก็ดำเนินการตามแผนงานเพื่อจะได้ทราบถึงปัญหาการสูญเสียการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า ศึกษาแนวทางมาตรการประหยัดพลังงานและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับมาตรการที่ผ่านกระบวนการของแผนงานแล้ว นำเสนอผู้บริหารและดำเนินการมาตรการที่มีศักยภาพ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

การลดการใช้พลังงาน หมายถึง การใช้พลังงานในจำนวนน้อยลงเพื่อให้เกิดประโยชน์เพิ่มขึ้นโดยไม่ทำให้กิจกรรมการผลิตต่ำลงและไม่ลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ทำให้ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ในส่วนของพลังงานน้อยลงและใช้พลังงานตามความจำเป็น

การใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption; SEC) หมายถึง ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงไฟฟ้า ค่านี้จะช่วยบอกว่าโรงไฟฟ้าใช้พลังงานเฉลี่ยเท่าใดในการผลิตต่อหน่วย

การอนุรักษ์พลังงาน หมายถึง ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

วิศวกรรมคุณค่าพลังงาน หมายถึง ความพยายามอย่างมีระบบซึ่งทุ่มเทให้กับการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานของพลังงานเพื่อให้ได้มาอย่างจริงจังซึ่งประโยชน์การใช้งานที่จำเป็นด้วยต้นทุนต่ำที่สุดและคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงาน

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงาน (Basic knowledge of energy)

พลังงาน (Energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงาน (Ability to do work) ซึ่งการทำงานนี้อาจอยู่ในรูปการเคลื่อนที่ หรือการเปลี่ยนแปลงรูปของวัตถุก็ได้ พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตใช้พลังงานเพื่อให้เกิดงาน (Work) และเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต

พลังงาน ตามความหมายใน พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติมพ.ศ. 2550) มาตรา 3 หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับความหมายของพลังงานตาม พ.ร.บ. ดังกล่าวข้างต้น จึงแบ่งพลังงานตามลักษณะการนำมาใช้ประโยชน์เป็น 2 ประเภท คือ พลังงานสิ้นเปลือง (Conventional energy) และพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy)

พลังงานสิ้นเปลือง คือ พลังงานใช้แล้วหมดไป หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า พลังงานฟอสซิล (Fossil fuels) ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน รวมทั้งหินน้ำมันและทรายน้ำมัน (ความหมายตามพจนานุกรมปิโตรเลียมของกรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ) ที่เรียกว่าใช้แล้วหมดไป ก็เพราะว่าหามาทดแทนไม่ทันการใช้ พลังงานฟอสซิลนี้เกิดจากซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมจมอยู่ใต้พื้นพิภพเป็นเวลานานหลายพันล้านปี โดยอาศัยแรงอัดของเปลือกโลกและความร้อนใต้ผิวโลก มีทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ปรกติจะอยู่ใต้ดิน ถ้าไม่ขุดขึ้นมาก็สามารถเก็บไว้ใช้ในอนาคตได้ บางครั้งจึงเรียกว่า พลังงานสำรอง

ส่วนพลังงานหมุนเวียน คือ พลังงานที่ได้จากทรัพยากรธรรมชาติซึ่งสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ด้วยตัวเองโดยธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ ลม คลื่น และชีวมวล เป็นต้น หรืออาจเกิดขึ้นและแพร่ขยายให้ได้ผลิตผลมากขึ้นโดยการกระทำของมนุษย์ (กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, 2551) ปัจจุบันพลังงานหมุนเวียนถูกพัฒนามาใช้ทดแทนพลังงานฟอสซิลเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ พลังงานหมุนเวียนที่ถูกนำมาใช้มากในประเทศไทย ได้แก่ ชีวมวล พลังงานแสงอาทิตย์ พลังน้ำ พลังความร้อน

ใต้พิภพ พลังลม ตามลำดับ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2549)

เชื้อเพลิง หมายความรวมถึง ถ่านหิน หินน้ำมัน ทรายน้ำมัน น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงสังเคราะห์ ฟืนไม้ แกลบ กากอ้อยขยะและสิ่งอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

น้ำมันเชื้อเพลิง หมายความว่า ก๊าซ น้ำมันเบนซิน น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา น้ำมันอื่น ๆ ที่คล้ายกับน้ำมันที่ได้ออกชื่อมาแล้วและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นตามที่คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ก๊าซ หมายความว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวใช้เป็นก๊าซหุงต้มหรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลวได้แก่ โปรเปน โปรปีลีน นอร์มัลบิวเทน ไอโซ-บิวเทน หรือบิวทีลีนส์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเป็นส่วนใหญ่

2.1.2 รูปแบบของพลังงาน

รูปแบบของพลังงานสามารถจำแนกโดยใช้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายแบบ ในทางฟิสิกส์ จำแนกพลังงานธรรมชาติออกเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานศักย์และพลังงานจลน์

พลังงานศักย์ (Potential energy) เป็นพลังงานที่สะสมไว้ในสิ่งต่าง ๆ เนื่องจากที่ตั้งของสิ่งนั้น หรือเพราะสิ่งนั้นถูกกระทำโดยสิ่งอื่น เช่น พลังงานในสิ่งของหนักที่ถูกยกขึ้น พลังงานในลวดสปริงที่เป็นลานของนาฬิกา พลังงานในคันธนูที่ถูกโก่ง พลังงานในอ่างน้ำที่อยู่ในที่สูง เป็นต้น

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) เป็นพลังงานของการเคลื่อนไหวที่มีอยู่ในวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลสาร (Mass) และความเร็ว (Velocity) ที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่ ดังนั้น วัตถุใดมีมวลสารมาก (หนักมาก) และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จึงเป็นวัตถุที่มีพลังงานจลน์มาก ตัวอย่างเช่น พลังงานในขบวนรถไฟ พลังงานในลมพลังงานในคลื่น เป็นต้น

สำหรับการจำแนกรูปแบบของพลังงานโดยทั่ว ๆ ไป อาจแบ่งได้เป็น 6 รูปแบบ คือ

1. พลังงานเคมี (Chemical energy) เป็นพลังงานพื้นฐานของกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตพลังงานที่สะสมไว้จะสามารถปล่อยออกมาโดยปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น พลังงานในขนมช็อกโกแลต พลังงานในกองฟืน พลังงานในถังน้ำมัน พลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ เป็นต้น

2. พลังงานกล (Mechanical energy) เป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ต่าง ๆ

3. พลังงานความร้อน (Heat energy) เป็นพลังงานที่ได้จากการเผาผลาญเชื้อเพลิงต่าง ๆ ความร้อนทำให้โมเลกุลเคลื่อนไหวเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น พลังงานในเปลวไฟ พลังงานที่เสียออกไปจากจอคอมพิวเตอร์ พลังงานในของเหลวร้อนใต้พื้นพิภพ พลังงานในน้ำในหม้อต้มน้ำ เป็นต้น

4. พลังงานรังสี (Radiant energy) เป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ในลักษณะคลื่นของพลังงานที่ประกอบด้วยโฟตอน (Photon) ตัวอย่างเช่น พลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ พลังงานจากเสาส่งสัญญาณทีวีพลังงานจากหลอดไฟ พลังงานจากเตาไมโครเวฟ พลังงานจากเลเซอร์ที่ใช้อ่านแผ่นซีดี เป็นต้น

5. พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy) เป็นพลังงานที่เกิดจากการไหลของอิเล็กตรอนในเส้นลวดหรือตัวนำไฟฟ้าอื่น ตัวอย่างเช่นพลังงานที่เกิดจากการผ่านขดลวดไปในสนามแม่เหล็ก พลังงานที่ใช้ขับเครื่องคอมพิวเตอร์ พลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานที่ได้จากกังหันลม เป็นต้น

6. พลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear energy) หมายถึงพลังงานไม่ว่าในลักษณะใดซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการแยก รวมหรือแปลงนิวเคลียส (แกน) ของ ปรมาณู คำที่ใช้แทนกันได้คือพลังงานปรมาณู (Atomic energy) ซึ่งเป็นคำที่เกิดขึ้นก่อนและใช้กันมาจนติดปาก โดย อาจเป็นเพราะมนุษย์เรียนรู้ถึงเรื่องของปรมาณู (Atom) มานานก่อนที่จะเจาะลึกลงไปถึงระดับนิวเคลียส แต่การใช้ศัพท์ที่ถูกต้องควรใช้คำว่าพลังงานนิวเคลียร์ อย่างไรก็ดีคำว่า Atomic energy ยังเป็นคำที่ใช้กันอยู่ในกฎหมายของหลายประเทศ สำหรับประเทศไทยได้กำหนดความหมายของคำว่าพลังงานปรมาณูไว้ในมาตรา 3 แห่ง พ.ร.บ. พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504 ในความหมายที่ตรงกับคำว่า พลังงานนิวเคลียร์และต่อมาได้บัญญัติไว้ในมาตรา 3 ให้ครอบคลุมไปถึงพลังงานรังสีเอกซ์ด้วย (ตามความหมายของพลังงานนิวเคลียร์ ของกองวิศวกรรมนิวเคลียร์ ฝ่ายวิศวกรรมเครื่องกล การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

หรืออาจจำแนกรูปแบบของพลังงานตามแหล่งที่มาของพลังงานได้เป็น 2 รูปแบบ คือ พลังงานปฐมภูมิ (Primary energy) และพลังงานทุติยภูมิ (Secondary energy)

พลังงานปฐมภูมิ หมายถึง แหล่งพลังงานที่เกิดขึ้นหรือมีอยู่ตามธรรมชาติสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ได้แก่ น้ำ แสงอาทิตย์ ลม เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติพลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานนิวเคลียร์ (แร่นิวเคลียร์) ไม้ฟืน แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น

พลังงานทุติยภูมิ หมายถึง พลังงานซึ่งได้มาโดยการนำพลังงานปฐมภูมิหรือพลังงานรูปแบบดั้งเดิมมาแปรรูป (Transform) ปรับปรุง ปรุงแต่ง ให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะต่าง ๆ กันตามความต้องการ เช่น พลังงานไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ถ่านไม้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น

2.1.3 หน่วยวัดพลังงาน

พลังงานมีหลายรูปแบบ และแต่ละชนิดให้งานไม่เท่ากัน แม้จะใช้น้ำหนักเท่ากันหรือตวงเป็นลิตรเท่ากันก็ตาม หรือบางอย่างก็ตวงเป็นลิตรหรือชั่งเป็นกิโลกรัมไม่ได้ด้วย เช่น

พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ดังนั้นการเปรียบเทียบพลังงานหรือเชื้อเพลิงที่ต่างรูปแบบกันจึงต้องพิจารณาที่ปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นจากการผลิตของเชื้อเพลิงชนิดนั้น ๆ หรือที่เรียกว่า “ค่าความร้อนสุทธิ (Energy content or Net Calorific Value; NCV of fuel)” แทน

ค่าพลังงานของเชื้อเพลิง (Energy content of fuel) หรือเรียกว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Calorific value of fuel) หรือ (Heating value of fuel) มีค่าเท่ากับค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์วัดที่อุณหภูมิอ้างอิง (ระบบสากลกำหนดอุณหภูมิอ้างอิงที่ 25 °C) โดยปกติ ค่าความร้อนขั้นต้น (Gross calorific value) ของเชื้อเพลิง คือ ค่าความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากการเผาไหม้สมบูรณ์ที่ความดันและอุณหภูมิคงที่ แต่ในทางปฏิบัติ ผลการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนเกินกว่าจุดเดือดของน้ำ ทำให้ไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ไฮโดรเจนที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงกลายเป็นไอและดูดซับความร้อนแฝงการเป็นไอไปส่วนหนึ่ง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง หลังหักค่าความร้อนแฝงกลายเป็นไอของไอน้ำ จะเรียกว่า “ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิง (Net calorific value of fuel)”

หน่วยวัดมาตรฐานสากลหรือหน่วยวัดในระบบ SI (เป็นคำย่อจากภาษาฝรั่งเศส Le Systèm International d’Unitèd เทียบเท่ากับชื่อในภาษาอังกฤษว่า International system of unit) ที่ใช้วัดปริมาณพลังงานคือ จูล (Joules; J) โดย 1 จูล คือ งานที่ได้จากการที่แรง 1 นิวตัน (แรงที่ทำให้วัตถุมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วย 1 เมตร/วินาที^{2} เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1 เมตร) หรือความร้อนที่ได้จากกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม ในช่วงเวลา 1 วินาที

นอกจากนี้ยังสามารถเลือกใช้หน่วยอื่น ๆ ในการวัดปริมาณพลังงานได้อีก อาทิ

- กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) นิยมใช้วัดปริมาณพลังงานไฟฟ้า
- แคลอรี (Cal) นิยมใช้วัดปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำบริสุทธิ์หนัก 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสโดยที่ 1 แคลอรี เท่ากับ 4.2 จูล
- บี.ที.ยู (British Thermal Units; BTU) นิยมใช้วัดปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำบริสุทธิ์หนัก 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ โดยที่ 1 บี.ที.ยู เท่ากับ 1,055 จูล

การเลือกใช้หน่วยวัดแบบใดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน หากเป็นการกล่าวถึงทั่ว ๆ ไป หรือการใช้ในวงธุรกิจหรือพลังงานแต่ละชนิด จะนิยมใช้หน่วยวัดกายภาพ (Physical unit) ซึ่งพลังงานแต่ละชนิดจะนิยมใช้หน่วยวัดกายภาพที่แตกต่างกันออกไป เช่น น้ำมันปิโตรเลียมนิยมวัดเป็นบาร์เรลหรือแกลลอน ก๊าซธรรมชาตินิยมวัดเป็นลูกบาศก์ฟุต ถ่านหินนิยมวัดเป็นตัน ไฟฟ้านิยมวัดเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง พลังงานความร้อนที่ได้จากอาหารนิยมวัดเป็นแคลอรี พลังงานความร้อนที่ได้จากการแตกตัวทางเคมีอื่น ๆ นิยมวัดเป็นจูล เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการเปรียบเทียบพลังงานหรือเชื้อเพลิงหลายชนิด จึงจำเป็นต้องแปลงหน่วยวัดต่าง ๆ เหล่านั้นให้อยู่ในรูปเดียวกัน คือ หน่วยวัดร่วม (Common unit) ก่อน จึงจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้

หน่วยวัดร่วมที่นิยมใช้สำหรับการเปรียบเทียบพลังงาน ได้แก่ จูล (Joule) บีทียู (British Thermal Units; BTU) บาร์เรลเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Barrels of oil equivalents) ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Tons of oil equivalents)และตันเทียบเท่าถ่านหิน (Tons of coal equivalents)

สำหรับประเทศไทย หน่วยงานด้านพลังงานรวมถึงกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ใช้หน่วยวัดร่วมเป็นตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Ton of oil equivalent; toe) ซึ่งหมายถึง พลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันดิบ 1 ตัน หรือประมาณ 42 จิกะจูล (GJ)

สำนักงานพลังงานสากล (International Energy Association; IEA) และสหประชาชาติ (United Nations; UN) กำหนดให้

1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ = 41.868 จิกะจูล (GJ)
= 11.630 เมกะวัตต์ - ชั่วโมง (MWh)
= 10 จิกะแคลอรี่ (Gcal)

2.1.4 ความสัมพันธ์ของพลังงาน งานและกำลัง

พลังงาน (Energy) เป็นปริมาณพื้นฐานอย่างหนึ่งของกระบวนการในระบบกายภาพทุกอย่าง พลังงานตามความหมายใน พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) หมายถึงความสามารถในการทำงาน (Work) ซึ่งมีอยู่ในสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียนและพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานและงาน มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง (Wh) หรือจูล (J) หรือนิวตัน-เมตร (Nm) ส่วนคำว่ากำลัง (Power) ตามคำนิยาม คือ งานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา จึงมีสูตรการคำนวณ คือ

กำลัง = งาน (W) / เวลา (t)

โดยที่ กำลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) หรือ จูล/วินาที (J/s)
งาน มีหน่วยเป็น จูล (J) หรือนิวตัน-เมตร (Nm)
เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

กำลังงาน คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานต่อหน่วยเวลา

กำลังงาน = พลังงาน/เวลา

- กำลังงานทางไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt; W)
- กำลังงานทางกล มีหน่วยเป็น จูล/วินาที (J/sec) หรือแรงม้า (HP)

โดย 1 W = 1 J/sec
และ 1 HP = 746 W

2.2 วิศวกรรมคุณค่า

2.2.1 ความเป็นมาของวิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering; VE) คือ หลักการลดค่าใช้จ่ายที่ใช้การวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบบริการหรือผลิตภัณฑ์ เทคนิคนี้เป็นที่นิยมใช้มากทั่วโลกสำหรับการลดต้นทุน โดยใช้การวิเคราะห์ในส่วนคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า (Value) หน้าที่การทำงาน (Function) และต้นทุน (Cost) สามารถเขียนแทนกันโดย

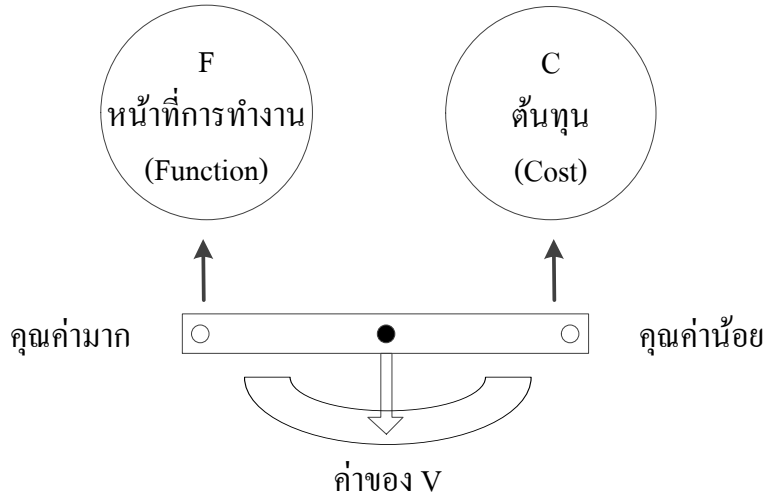
$$\text{Value} = \frac{\text{Function}}{\text{Cost}}$$

เมื่อ Value (V) หมายถึง คุณค่า

Function (F) หมายถึง หน้าที่การใช้งาน

Cost (C) หมายถึง ต้นทุน

ทั้งนี้มิใช่สูตรการคำนวณ แต่เป็นการแสดงความสัมพันธ์เท่านั้น พิจารณาภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง V, F และ C
ที่มา: ดัดแปลงจาก อัมพิกา ไกรฤทธิ์ [21]

ถ้าหน้าที่การทำงานเพิ่มขึ้นและต้นทุนเพิ่มขึ้นไม่อาจกล่าวได้ว่าคุณค่า (Value) เพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลของหน้าที่การทำงานที่เท่ากันและสามารถลดต้นทุน (Cost) ที่ไม่จำเป็นออกเสียได้ ถือว่าคุณค่ามากขึ้น

เทคนิคการวิเคราะห์คุณค่าถูกคิดขึ้นโดย Lawrence D.Miles ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากการขาดแคลนวัตถุดิบใยหินและมีราคาแพง ในขณะนั้น Miles ซึ่งทำหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อจึงหาจะนำวัตถุดิบอื่นมาทดแทน ด้วยราคาที่ถูกกว่าหรือใกล้เคียงเดิม จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดค้นเทคนิคการวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis; VA) เพื่อแก้ไขปัญหาในขณะนั้นซึ่งได้ผลดีและเป็นนิยมใช้เรื่อยมาจนปัจจุบันการวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis; VA) หรือวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering; VE) หรือการจัดการคุณค่า (Value Management; VM) หรือการจัดระเบียบคุณค่า (Value Methodology; VM) นั้นอาจเรียกต่างกัน แต่มีหลักพื้นฐานเดียวกันคือ เทคนิคที่มีระบบเพื่อจัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นออกไป โดยที่คงหน้าที่การทำงานและรักษาไว้ซึ่งคุณภาพตลอดจนความน่าเชื่อถือผลิตภัณฑ์

2.2.2 คำจำกัดความของวิศวกรรมคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่า คือความพยายามอย่างมีระบบซึ่งทุ่มเทให้กับการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือบริการ (ในงานวิจัยนี้คือพลังงาน) เพื่อให้ได้มาอย่างจริงจังซึ่งประโยชน์การใช้งานที่จำเป็นด้วยต้นทุนต่ำที่สุดและคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้ [62]

2.2.3 หลักการเบื้องต้นของวิศวกรรมคุณค่า

ในวิศวกรรมคุณค่ามีกฎเบื้องต้น 5 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 การคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ

การคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ หรือคิดในฐานะของผู้ใช้ในอุดมคติ ผู้ซึ่งเป็นผู้ทำการผลิตสินค้าหรืองานบริการอยู่ตลอดเวลา ต้องคิดเสมอว่า ในการผลิตสินค้าหรือบริการนั้นขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ไปใช้ประโยชน์ จึงต้องผลิตสิ่งของให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า จะไม่สามารถผลิตเพียงเพื่อให้ได้กำไรมาก ๆ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ในแง่ของวิศวกรรมคุณค่า หมายความว่า การลดต้นทุนการผลิตไม่ใช่การลดคุณภาพของสินค้าลง ไม่เป็นการแทรกแซงงานที่จะทำให้ลูกค้าพึงพอใจลดลง รวมทั้งยังรักษาและขยายผลกำไรของผู้ผลิตให้เพิ่มพูนขึ้น

กฎข้อที่ 2 การใช้หน้าที่เป็นฐานในการคิด

การพิจารณาว่าสิ่งของสิ่งหนึ่ง มีหน้าที่อย่างไร นอกจากจะตอบคำถามว่าเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการหรือไม่แล้ว ยังช่วยให้ผู้ผลิต มีความคิดสร้างสรรค์กว้างไกลออกไป เพราะเมื่อรู้

วัตถุประสงค์ ทำให้สามารถเลือกวิธีการที่ดีที่สุดได้ ในเชิงวิศวกรรมคุณค่า หน้าที่สำคัญกว่าโครงสร้าง คือไม่ว่าจะกระทำการใดสิ่งของนั้นจะต้องยังคงทำหน้าที่ได้ดังเดิม

กฎข้อที่ 3 การเปลี่ยนแปลงโดยการสร้างสรรค์

การปรับปรุง คือการค้นหาวิธีที่ดีกว่าในปัจจุบัน มาใช้ดำเนินการแทน การค้นหาวิธีที่ดีกว่า อาจจะใช้การค้นหาว่าวิธีที่ผู้อื่นใช้อยู่แล้วเป็นอย่างไร แล้วเปลี่ยนไปใช้วิธีนั้น หรือ การคิดหาวิธีที่ดีกว่าด้วยตนเอง ซึ่งในข้อนี้จะต้องการใช้ความคิดสร้างสรรค์อย่างมาก และไม่สามารถทำได้โดยง่าย ดังนั้นทีมงานที่ดำเนินการตามหลักวิศวกรรมคุณค่า จะต้องพยายามใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้มากที่สุด ต้องมีความเชื่อและมีใจอยากทำ โดยมีทัศนคติว่า จะต้องมีวิธีที่ดีกว่าอยู่แน่ ๆ

กฎข้อที่ 4 การใช้ทีมออกแบบ

เลือกการทำงานเป็นทีม โดยไม่มีการแก้ปัญหาเพียงผู้เดียว เพื่อจะได้ข้อเสนอแนะปรับปรุงที่ดีที่สุดจากทุกสาขาวิชา ซึ่งจะทำให้เกิดข้อเสนอที่ดีเยี่ยม อีกทั้งบุคลากรทั้งหมดก็จะก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากวิศวกรรมคุณค่า ถูกคิดขึ้นมาเพื่อประโยชน์ในการลดต้นทุน ดังนั้นเทคนิคในการลดต้นทุนแบบต่าง ๆ จึงมีความสำคัญ เทคนิคการลดต้นทุน เป็นการคิดค้นหาประโยชน์การใช้งานที่ควรได้รับจากสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุง แล้วมุ่งลดต้นทุนโดยอาศัยข้อมูล และพลังความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง และดำเนินการปรับปรุงภายใต้การทำงานเป็นทีม

กฎข้อที่ 5 การเพิ่มคุณค่า

เป็นการรวมกฎทั้ง 4 ข้อเข้าด้วยกัน ซึ่งถือได้เป็นหลักการสำคัญของวิศวกรรมคุณค่า จริง ๆ แล้ววิศวกรรมคุณค่ามีประโยชน์มากกว่าแค่การลดต้นทุน แต่เป็นวิธีเพื่อให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่าเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพอใจ คำว่าคุณค่าในเชิงของวิศวกรรมคุณค่านั้น ก็คือ ระดับของความพึงพอใจในขณะนั้น

วิธีการเพิ่มคุณค่ามีอยู่ 5 วิธี ได้แก่

1) การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน ส่วนประโยชน์การใช้สอยเท่าเดิม

$$V \uparrow = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$$

2) การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มประโยชน์การใช้งาน โดยที่ต้นทุนคงที่

$$V \uparrow = \frac{F \uparrow}{C \rightarrow}$$

3) การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุนและเพิ่มประโยชน์การใช้งาน

$$V \uparrow = \frac{F \uparrow}{C \downarrow}$$

4) การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มต้นทุน ด้วยประโยชน์การใช้งานเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่มากกว่า

$$V \uparrow = \frac{F \uparrow}{C \uparrow}$$

5) การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งานเหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า

$$V \uparrow = \frac{F \downarrow}{C \downarrow}$$

จากวิธีการเพิ่มคุณค่า 5 วิธีดังกล่าว การเพิ่มคุณค่าด้วยวิธี 1, 3 และ 5 นั้นเป็นวิธีการที่เป็นไปได้ง่ายกว่า เพราะเป็นการปรับปรุงกันภายในองค์กร เพื่อให้ต้นทุนต่ำลง ถ้าเป็นวิธีที่ 2 ก็สามารถเป็นไปได้ เพราะไม่ได้กระทบกระเทือนราคาขาย ส่วนวิธีที่ 4 คงเป็นไปได้ยากกว่า เพราะจะต้องจ่ายเงินสูงขึ้นสำหรับประโยชน์การใช้งานที่มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ประโยชน์การใช้งานนี้ก็ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญและเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เช่น สำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยให้มีประโยชน์งานมาก แต่ต้นทุนต่ำและนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปใช้ในการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้กระบวนการผลิต ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต นอกจากนี้ ยังสามารถประยุกต์ใช้สำหรับงานทางอ้อมทุกชนิดที่เกี่ยวข้องกับงานอุตสาหกรรมรวมถึง การวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมด้วย แม้ว่าเทคนิคนี้จะสามารถนำไปใช้ได้หลายแนวทาง แต่จุดมุ่งหมาย คือ การมีจิตสำนึกเกี่ยวกับประโยชน์การใช้งานต้นทุน

2.2.4 แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (VE Job plan)

การดำเนินการตามแผนงานของวิศวกรรมคุณค่า จะทำให้ภาพของปัญหาเด่นชัดขึ้นรวมทั้งทีมจะได้รับแรงกระตุ้นสูง ทำให้สามารถนำเสนอสิ่งที่จะใช้ทดแทนที่มีความเป็นไปได้

สูง กล่าวคือ แผนงานวิศวกรรมคุณค่าเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาที่ได้ผล และต้องมีการดำเนินงานอย่างจริงจังตามขั้นตอนโดยไม่ข้ามขั้นตอนใด ๆ เลย

ขั้นตอนของแผนงานวิศวกรรมคุณค่าโดยทั่วไปมีดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นเป้าหมายวิศวกรรมคุณค่า

ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณค่านั้น จะต้องเข้าใจเนื้อหาสาระของปัญหานั้นเป็นอย่างดี โดยจะต้องทราบถึงข้อจำกัดในแต่ละด้าน เช่น ข้อจำกัดทางด้านเทคนิค ข้อจำกัดทางด้านการผลิตและจะต้องทราบว่าจะต้องทำการปรับปรุงด้านใด เพื่อให้เกิดความพึงพอใจที่สุด ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลข่าวสารจะทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ได้

2. การกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่

ในการเริ่มต้นดำเนินกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า จะต้องทราบว่าหน้าที่ และความต้องการพื้นฐานของปัญหานั้นเป็นอย่างไร ดังนั้นจะต้องทำการศึกษาหน้าที่ของสิ่งนั้นให้กระจ่าง โดยการจำกัดความของหน้าที่ที่ต้องการด้วยข้อความที่กระชับ โดยการผสมคำกริยา 1 คำ และคำนาม 1 คำ เมื่อมีความเข้าใจในหน้าที่เป็นอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามที่ต้องการได้

3. การจัดการระเบียบหน้าที่

การจัดการระเบียบหน้าที่มีความสัมพันธ์กัน แบ่งออกเป็นกลุ่ม จะทำให้การดำเนินกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่าพัฒนาไปอย่างประสิทธิภาพ ทำให้กำหนดวัตถุประสงค์ที่ต้องได้ และหาแนวทางการดำเนินการที่ดีได้

4. การวิเคราะห์ต้นทุนแยกตามหน้าที่

ขั้นตอนนี้ ทำให้ทราบในแต่ละหน้าที่ มีต้นทุนปัจจุบันเท่าไร และแต่ละกลุ่มของหน้าที่มีต้นทุนเท่าไร ซึ่งก็จะเท่ากับผลรวมของต้นทุนของหน้าที่ย่อย ๆ ในกลุ่มนั้น การวิเคราะห์ต้นทุนนี้วิเคราะห์ได้จากค่าใช้จ่ายที่ใช้เพื่อให้บรรลุหน้าที่นั้น

5. การประเมินหน้าที่

นอกจากจะต้องทราบต้นทุนของแต่ละหน้าที่แล้ว จะต้องทราบด้วยว่าต้นทุนที่ควรจะเป็นนั้นเท่าไร จึงต้องมีการประเมินต้นทุนที่เป็นของแต่ละหน้าที่ ซึ่งมีการประเมินได้ใกล้เคียงนั้นจะต้องมีข้อมูลข่าวสารจำนวนมาก

6. การคัดเลือกสาขาที่เป็นเป้าหมาย

เพื่อให้ผลดำเนินสูงสุด การเลือกว่าเอาหน้าที่ใดมาทำการปรับปรุงก่อนหลัง จะต้องพิจารณาต้นทุนทั้งสองส่วนจะทำให้ลำดับความสำคัญของปัญหาได้ และจะได้เป้าหมายที่แน่นอนในการดำเนินกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า

7. การออกแบบความคิด

ความคิดสร้างสรรค์ จะทำให้เกิดงานที่มีคุณค่า แต่การที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้ดีได้นั้นจะต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ในอดีต รวมทั้งยังต้องแสดงออกซึ่งความสามารถทางการวิเคราะห์และสังเคราะห์ ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญในการทำกิจกรรมคุณค่า เป็นการคิดโดยไม่ยึดติด

8. การประเมินโดยสังเขป

เป็นการนำความคิดจากการออกความคิดเห็น มาประเมินทั้งทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ความคิดเห็นเหล่านี้ เพื่อให้ได้ความคิดที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด

9. การจัดให้เป็นนามธรรม

คือสังเคราะห์ความคิดที่เป็นนามธรรมโดยสังเขป เพื่อที่จะคิดถึงผลของการดำเนินการ ว่าจะต้องใช้วิธีการได้ หรือต้องเพิ่มเติมสิ่งใด จำนวนมีข้อดีข้อเสียอย่างไร และจะป้องกันข้อเสียที่จะเกิดขึ้นได้อย่างไร ก่อนกำหนดเป็นมาตรการเพื่อดำเนินการ

10. การประเมินโดยละเอียด

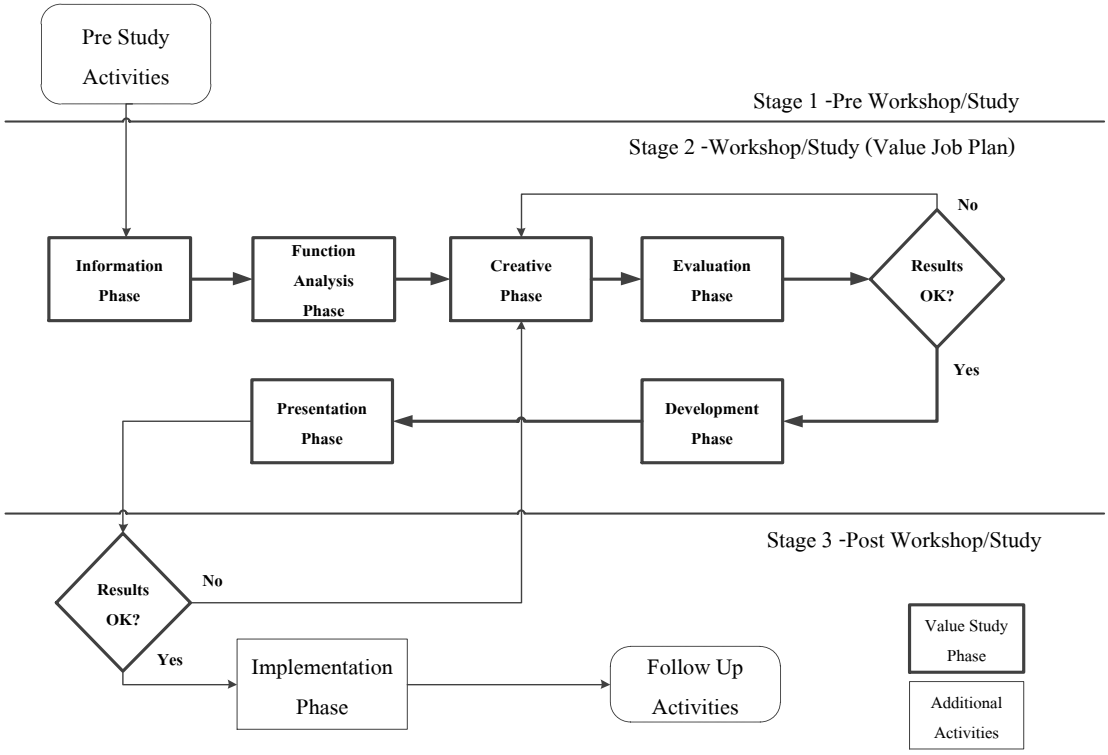
เป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยจะพิจารณามาตรการที่กำหนดไว้โดยละเอียด ทั้งความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค และทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อคัดเอาข้อเสนอที่ให้ดีที่สุด ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจจะต้องมีการทดสอบ หรือทำแบบจำลองขึ้นมาเพื่อทดสอบด้วย รวมทั้งยังต้องประเมินต้นทุนอย่างละเอียด

จะเห็นได้ว่าแผนงานวิศวกรรมคุณค่า เป็นแผนงานที่รัดกุม มีการพิจารณาเป็นขั้นตอนอย่างพิถีพิถันซึ่งครอบคลุมกระบวนการทั้งหมด และนำไปใช้ได้กับทุกสายงาน

2.2.5 วิศวกรรมคุณค่าของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา

ระยะเวลาการศึกษาคุณค่าโดยทั่วไปครอบคลุม 3 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.2 แผนภาพ Value study process flow

1. ก่อน-ประชุมเชิงปฏิบัติการ (เตรียม)
2. ประชุมเชิงปฏิบัติการ (ดำเนินการแผนงาน 6 ขั้นตอน)
3. หลัง-ประชุมเชิงปฏิบัติการ (เอกสารและการดำเนินการ)



ภาพที่ 2.2 แผนภาพ Value study process flow

ที่มา: SAVE International [27]

แผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า (VE Job plan) 6 ขั้นตอน

1. ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน
3. ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด
4. ขั้นตอนการประเมินผล
5. ขั้นตอนการพัฒนาความคิด
6. ขั้นตอนการนำเสนอ

2.2.6 การสร้างทีมงานวิศวกรรมคุณค่า

ในการสร้างทีมงานจะต้องเข้าใจองค์ประกอบสามส่วน ได้แก่ ความสำคัญของทีมงาน การพัฒนาทีมงาน และการสร้างจิตสำนึกของทีมงาน

1. ความสำคัญของทีมงาน

จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนทัศนคติของบุคคลกระทำได้ยาก แต่ถ้าใช้ทัศนคติของกลุ่มเป็นกลไก ทำให้ทัศนคติของสมาชิกในกลุ่มเปลี่ยนไปตามที่เราต้องการสามารถกระทำได้ง่ายกว่า ดังนั้น จะเห็นได้ว่าในการยกระดับหรือพัฒนาองค์กร จำเป็นต้องได้รับความเห็นชอบและความร่วมมือของกลุ่มซึ่งถ้าได้รับความเห็นชอบการยกระดับหรือพัฒนาองค์กร จำเป็นต้องได้รับความเห็นชอบและความร่วมมือของกลุ่มซึ่งถ้าได้รับความเห็นชอบจากผู้นำกลุ่ม ซึ่งเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับจากสมาชิกในกลุ่มแล้ว จะยิ่งทำให้เกิดความสำเร็จในการพัฒนาสูง

ความหมายของทีมงานในเชิงวิศวกรรมคุณค่าสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นกลุ่มประเภทหนึ่งในองค์กรที่ถูกก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ โดยมีวัตถุประสงค์และแนวทางการดำเนินงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานร่วมกัน ประกอบด้วยสมาชิกที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนงาน

2. การพัฒนาของทีมงาน

การพัฒนาของทีมงานสามารถแบ่งได้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

- การเริ่มก่อตัวเป็นรูปร่าง
- การเกาะกลุ่มกันอย่าหลวม
- การยึดเกาะอย่างเหนียวแน่น
- การทำงานของกลุ่มตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- การทำงานอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้อง

การพัฒนาของทีมงานจะมีผลต่อความสำเร็จตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ทีมงานที่เรียกได้ว่าประสบความสำเร็จจะต้องมีการพัฒนาจนถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งนอกจากทีมงานจะสามารถดำเนินการอนุรักษ์พลังงานจนบรรลุเป้าหมายแล้วยังทำประโยชน์อื่น ๆ อีก เช่น การเผยแพร่ความรู้ สมาชิกของทีมงานจะมีความเชี่ยวชาญแตกต่างกันและเป็นทรัพยากรที่สำคัญขององค์กร

3. การสร้างจิตสำนึกของทีมงาน

พนักงานมีจิตสำนึกที่ดีไม่ปล่อยให้ปัญหาผ่านไป แม้ว่าจะเป็นปัญหาเล็ก ๆ น้อย ๆ ก็ตามการที่ทำให้พนักงานมีจิตสำนึกที่ดีนั้นจำเป็นต้องให้องค์ความรู้แก่พนักงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าองค์กรใดที่การให้โอกาสในการสร้างองค์ความรู้อยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นจากการสอนหน้างาน การประชุม การสัมมนา เป็นต้น จะทำให้พนักงานมีจิตสำนึกที่ดีควบคู่ไปกับการพัฒนาขององค์กร แต่อย่างไรก็ตาม ผู้บริหารจะต้องให้การสนับสนุนอย่างจริงจังด้วย เช่นเดียวกันกับการที่สร้างจิตสำนึกที่ในเรื่องการประหยัดพลังงาน คงต้องให้ความรู้แก่ทีมงานและเมื่อได้มีการลงมือปฏิบัติและเห็นผลแล้วทีมงานนั้นย่อมเกิดจิตสำนึกที่ดีเพื่อการประหยัดพลังงาน มีการขยายผลแนวคิดนี้ไปยังกลุ่มอื่น ๆ และการพัฒนาขององค์กรย่อมเกิดขึ้น

2.2.7 การฝึกอบรมทีมงาน

ในการประหยัดพลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่านั้น ทีมงานของโรงงานต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานและวิศวกรรมคุณค่า เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการสำรวจการใช้พลังงาน การทำแผนงานอนุรักษ์พลังงาน การปรับปรุง และการติดตามผลการปรับปรุง เพื่อการประหยัดพลังงานต่อไป โดยระยะเวลาการฝึกอบรมโดยทั่วไปประมาณ 3 วัน ในห้องเรียน ทั้งนี้อาจมีการปรับระยะเวลาและเนื้อหาตามความเหมาะสมได้ ส่วนการฝึกงานภาคสนามให้ทำจริงในหน่วยงานที่ผู้เข้าอบรมปฏิบัติงานอยู่

1. วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม
    - เพื่อให้ทีมงาน VE เข้าใจและปลูกฝังแนวความคิด VE และขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ
    - เพื่อถ่ายทอดประสบการณ์ประหยัดพลังงานจริงให้แก่ผู้เข้าร่วมการอบรม
    - เพื่อให้ผู้ร่วมเข้าอบรมได้มีโอกาสทดลองและประยุกต์ใช้ความรู้ด้าน VE ในการทำกรณีศึกษา
    - เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้เกิดการเรียนรู้ด้านการระดมสมอง เพื่อให้เกิดทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม
2. ขั้นตอนการฝึกอบรม

ในขั้นตอนการฝึกอบรมนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การฝึกอบรมในห้องเรียนกับการฝึกภาคปฏิบัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การฝึกอบรมในห้องเรียน เป็นการถ่ายทอดความรู้และหลักการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่าและการประยุกต์ใช้ในการประหยัดพลังงาน โดยมีระยะเวลาประมาณ 1 วัน ทั้งนี้อาจประยุกต์ให้มากกว่านี้ได้ตามความเหมาะสม รายละเอียดเนื้อหาการอบรมมีดังนี้

แนวคิดของการประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการจัดการ
- ความสำคัญของการประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการจัดการ
- การประหยัดพลังงานโดยใช้แนวคิดของวิศวกรรมคุณค่าและความรู้พื้นฐานของวิศวกรรมคุณค่า
- ความรู้พื้นฐานของเทคนิคการวิเคราะห์ประโยชน์ใช้งาน
- การวิเคราะห์คุณค่าและหลักการ
- จิตสำนึกเรื่องประโยชน์การใช้งาน ต้นทุนและคุณค่า

ขั้นตอนการดำเนินการประหยัดพลังงานโดยใช้แนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า

- การคัดเลือกหัวข้อเรื่องเป้าหมายเป็นตัวกำหนดที่สำคัญ
- ขั้นตอนเชิงปฏิบัติการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
- ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ทำกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่าประสบความสำเร็จ
- ตัวอย่างการประหยัดพลังงานในโรงงานต่าง ๆ

ปฏิบัติเป็นกลุ่มย่อยมีการสร้างทีมงานทำปฏิบัติการกลุ่มย่อย โดยเนื้อหาที่อบรมประกอบด้วย

- ตั้งกรณีศึกษาขึ้นมาเป็นหัวข้อเป้าหมาย เพื่อฝึกปฏิบัติ
- การกำหนดคำจำกัดความของประโยชน์การใช้งาน
- การสร้างผังของอนุกรมประโยชน์การใช้งาน ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และด้านเทคนิค
- การจัดการข้อเสนอสิ่งที่จะใช้ทดแทน
- การออกความคิดและขัดเกลาความคิด
- การจัดทำความคิดให้เป็นรูปธรรม

การลงมือปฏิบัติจริง เป็นการดำเนินการนำหลักการที่เรียนรู้ไปใช้งานจริง โดยการสำรวจการใช้พลังงานในโรงงานอย่างละเอียด ณ สถานที่ทำงานจริง โดยมีการสำรวจประมาณ 3 ครั้ง พร้อมกับมีการติดตามความก้าวหน้าเป็นระยะ ในช่วงเวลาที่ทำการสำรวจในแต่ละครั้งจำเป็นต้องทำการประชุมระดมสมองเพื่อค้นหาปัญหา จนกระทั่งได้ข้อยุติสำหรับข้อเสนอ

2.3 ระบบผลิตไฟฟ้า

2.3.1 กระแสไฟฟ้า

ไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50 เฮิรตซ์ มีทั้งระบบ 1 เฟส แรงดัน 220 V ซึ่งใช้ในบ้านอยู่อาศัย และระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 V ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และแรงดันขนาด 11 kV 22 kV 33 kV 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV สำหรับการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

ความถี่ 50 เฮิรตซ์ คือใน 1 วินาทีขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ จะหมุนครบรอบตัดผ่านขดลวดตัวนำบนสเตเตอร์ครบ 50 ครั้ง ในกรณีที่โรเตอร์มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว ความเร็วรอบของโรเตอร์จะหมุน 3,000 รอบต่อนาที แต่ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว ความเร็วรอบจะลดลงเหลือ 1,500 รอบต่อนาที โดยมีความถี่คงที่

ไฟฟ้าไม่ใช่แหล่งพลังงาน แต่เป็นเพียงพลังงานแปรรูปที่สะอาด และใช้ได้สะดวกรูปหนึ่งเท่านั้น สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานอื่น ๆ ได้ง่าย เช่น แสงสว่าง เสียง ความร้อน พลังงานกล

เป็นต้น ทั้งยังสามารถส่งไปยังระยะทางไกลได้อย่างรวดเร็ว กล่าวคือ ไฟฟ้ามีความเร็วใกล้เคียงกับแสงในระยะทาง 100 กิโลเมตร ใช้เวลาเพียง 1 ใน 3,000 วินาที ดังนั้นจึงส่งไปถึงผู้ใช้งานได้ตลอดเวลา

สำหรับแหล่งพลังงานไฟฟ้า ที่แท้จริงก็คือ พลังที่นำมาใช้ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนตลอดเวลาหากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หยุดหมุน การผลิตไฟฟ้าจะหยุดไปด้วย

2.3.2 ระบบพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ปลอดภัยต่อการใช้งานสะดวกที่การส่งจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งและสามารถผลิตได้หลายวิธี พลังงานไฟฟ้านับเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาประเทศ เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าบ่งบอกถึงอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศได้ เนื่องจากประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะพัฒนาอย่างต่อเนื่องจึงมีความเป็นไปได้สูงที่อัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระบบพลังงานไฟฟ้าต่อการพัฒนาประเทศไทย การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้นั้นเริ่มต้นจากการสร้างระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือโรงไฟฟ้า จากนั้นจึงส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงไปยังระบบจำหน่ายเพื่อขายให้ผู้ใช้ไฟฟ้า รายละเอียดของระบบต่าง ๆ มีดังนี้

ระบบผลิต (Power generation system) หมายถึงระบบที่แปลงพลังงานที่อยู่ในรูปอื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าปริมาณมากสามารถผลิตได้โดยใช้พลังงานกลขับเคลื่อนเครื่องกังหันที่มีแกนหมุนร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานกลได้จากการแปลงพลังงานรูปอื่นเช่นพลังงานความร้อน พลังงานน้ำและพลังงานนิวเคลียร์ เป็นต้น

ระบบส่ง (Power transmission system) หมายถึงระบบเสาส่งและสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ถ้าระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเปรียบเสมือนหัวใจ ระบบส่งพลังงานไฟฟ้าก็เปรียบเสมือนเส้นเลือดที่นำเลือดไปหล่อเลี้ยงร่างกาย ระบบส่งพลังงานไฟฟ้าจะนำพลังงานไฟฟ้าไปสู่สถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้การไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและจำหน่ายให้ผู้ใช้รายใหญ่โดยตรงต่อไป การใช้สายส่งไฟฟ้าแรงสูงก็เพื่อให้สามารถส่งพลังงานไฟฟ้าได้ไกลโดยมีความสูญเสียน้อย ถึงแม้ว่าในทางทฤษฎีแรงดันไฟฟ้ายิ่งมากพลังไฟฟ้าสูญเสียจะยิ่งน้อยแต่ในทางปฏิบัติมีปัจจัยอื่นที่จำกัดค่าแรงดันไฟฟ้าไม่ให้สูงเกินไป โดยทั่วไประดับแรงดันของระบบสายส่งมีขนาด 69 kV 115 kV 230 kV และ 500 kV แรงดันในสายส่งจะลดลงตามระยะทางจากโรงไฟฟ้าจนถึงระดับที่จ่ายให้ผู้ใช้ไฟฟ้า โดยทำการลดในสถานีไฟฟ้าย่อยซึ่งมักตั้งอยู่ใกล้แหล่งใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งอาจเป็นเมืองหรือนิคมอุตสาหกรรม

ระบบจำหน่าย (Power distribution system) หมายถึงระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งพลังงานไฟฟ้าเพื่อขายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่กระจายอยู่ในบริเวณต่าง ๆ โดยทั่วไประดับแรงดันในระบบจำหน่ายจะไม่สูงเท่าในระบบส่ง ทั้งนี้เพราะระยะทางจากสถานีไฟฟ้าย่อยไปสู่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระดับแรงดันสูงซึ่งมีราคาวัสดุและอุปกรณ์สูง โดยทั่วไปแรงดันของระบบจำหน่ายมีหลายระดับ เช่น 11 kV 12 kV 22 kV 24 kV และ 33 kV เมื่อเดินสายส่งมาถึงบริเวณที่มีผู้ใช้ไฟฟ้ามาก ๆ ก็ลดระดับแรงดันของระบบจำหน่ายให้ต่ำลงอยู่ในระดับที่ใช้งานกันคือ 380/220 V อุปกรณ์ที่ใช้คือหม้อแปลงไฟฟ้า

สำหรับประเทศไทยหน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบเรื่องการผลิต การส่งและการจำหน่ายไฟฟ้า ประกอบด้วย 3 หน่วยงานคือ

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รับผิดชอบงานเกี่ยวกับการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศซึ่งรวมถึงการสร้างโรงไฟฟ้าและการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า การรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ และการส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านระบบสายส่งแรงสูงไปสู่แหล่งผู้ใช้ไฟฟ้าและสถานีย่อยต่าง ๆ
2. การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) รับผิดชอบงานเกี่ยวกับการรับพลังงานไฟฟ้าจาก กฟผ. เพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรีและสมุทรปราการ
3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) รับผิดชอบงานเกี่ยวกับการรับพลังงานไฟฟ้าจาก กฟผ. เพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในจังหวัดอื่นทั่วประเทศ นอกจากนี้ กฟภ. ยังมีโรงไฟฟ้าขนาดเล็กของตัวเองในบริเวณที่สายส่งแรงสูงของ กฟผ. ไปไม่ถึง

2.3.3 ประเภทของโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงพลังงานรูปต่าง ๆ เช่น พลังงานศักย์ของน้ำ พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานนิวเคลียร์ในเชื้อเพลิงนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าของประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [63] คือ

1. ประเภทไม่ใช้เชื้อเพลิง
   - โรงไฟฟ้าพลังน้ำจากน้ำในอ่างเก็บน้ำ หรือจากลำห้วยที่อยู่ในระดับสูง ๆ
   - โรงไฟฟ้าพลังงานธรรมชาติจากต้นพลังงานที่ไม่หมดสิ้น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม ความร้อนใต้พิภพ
2. ประเภทใช้เชื้อเพลิง
   - โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ ใช้ก๊าซธรรมชาติ ถ่านลิกไนต์ หรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่น้ำจนเดือดเป็นไอน้ำ นำแรงดันจากไอน้ำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อน ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดีเซลมาสันดาป ทำให้เกิดพลังงานกลต่อไป โรงไฟฟ้าประเภทนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดีเซล โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ใช้ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาและโรงไฟฟ้าดีเซล ใช้น้ำมันดีเซล

2.3.4 หลักการทำงานเบื้องต้นของโรงไฟฟ้า

1. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal power plant)

เผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือเชื้อเพลิงชีวมวลในการทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงเพื่อใช้เดินเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าประเภทนี้ใช้เวลาก่อสร้างนาน มีค่าก่อสร้างสูง แต่มีค่าเชื้อเพลิงค่อนข้างต่ำ เป็นการแปรสภาพพลังงานเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ไอน้ำเป็นตัวกลาง ปัจจุบัน ประเทศไทยใช้น้ำมันเตา ถ่านลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีการทำงานดังนี้

- เผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเผาไหม้ทางเคมีได้พลังงานความร้อน
- นำความร้อนที่ได้ไปต้มน้ำ เพื่อให้กลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิและความดันที่ต้องการ
- ส่งไอน้ำเข้าไปหมุนเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งมีเพลาต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้โรเตอร์หมุนเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้พลังงานไฟฟ้าออกมาใช้งาน

สำหรับในต่างประเทศนั้นการใช้เชื้อเพลิง นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการใช้เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ถ่านหินคุณภาพดี เช่น แอนทราไซต์และบิทูมินัส เป็นต้น

2. โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas turbine power plant)

เผาไหม้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตก๊าซเสียที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงเพื่อใช้เดินเครื่องกังหันก๊าซและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าประเภทนี้ใช้เวลาก่อสร้างสั้น มีค่าก่อสร้างต่ำ แต่มีค่าเชื้อเพลิงสูงเครื่องกังหันแก๊สเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน เปลี่ยนสภาพพลังงานเชื้อเพลิงเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- อัดอากาศให้มีความดันสูง 8-10 เท่า
- ส่งอากาศนี้เข้าห้องเผาไหม้ โดยมีเชื้อเพลิงทำการเผาไหม้
- อากาศในห้องเผาไหม้เกิดการขยายตัว ทำให้มีแรงดันและอุณหภูมิสูง
- ส่งอากาศนี้ไปหมุนเครื่องกังหันแก๊ส

- เพลาของเครื่องกังหันแก๊สจะต่อผ่านชุดเกียร์ เพื่อทดรอบก่อนต่อเข้ากับเพลาของเครื่องกังหันไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อให้ความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนในพิกัดที่กำหนด เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนจึงเกิดการเหนี่ยวนำ ผลิตแรงดันและกระแสไฟฟ้าออกมาใช้งาน

3. โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined-cycle power plant)

เผาไหม้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตก๊าซเสียที่ได้มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ ก๊าซเสียที่ได้ใช้เดินเครื่องกังหันก๊าซ ก๊าซเสียที่ออกจากเครื่องกังหันก๊าซยังคงมีอุณหภูมิสูง จึงใช้เดินเครื่องกังหันไอน้ำได้ด้วย โรงไฟฟ้าประเภทนี้มีค่าก่อสร้างต่ำกว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแต่ค่าเชื้อเพลิงสูงกว่า เป็นโรงไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโรงไฟฟ้า 2 ระบบร่วมกัน คือ โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สและโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ โดยนำความร้อนจากไอเสียที่ออกจากเครื่องกังหันแก๊สซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง ประมาณ 550 °C มาใช้แทนเชื้อเพลิงในการต้มน้ำของโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำเพื่อใช้ไอเสียให้เกิดประโยชน์ โดยมีหลักการทำงานดังนี้

- นำไอเสียจากเครื่องกังหันแก๊สหลายๆ เครื่องมาใช้ต้มน้ำในโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ
- ไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำส่งไปดันกังหันไอน้ำของเครื่องกังหันไอน้ำ ซึ่งใช้เพลาอันเดียวกัน ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน ผลิตไฟฟ้าออกมาได้เช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมทั่วไป
- กำลังผลิตที่ได้จากโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ จะเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังผลิตรวมของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สที่เดินเครื่องอยู่

การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าระบบความร้อนร่วมนี้จะทำการผลิตร่วมกันหากเกิดเหตุขัดข้องที่โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำก็ยังคงเดินเครื่องกังหันแก๊สได้ตามปกติ โดยการเปิดให้ไอเสียออกสู่อากาศโดยตรง แต่หากเกิดเหตุขัดข้องกับเครื่องกังหันแก๊สเครื่องใดเครื่องหนึ่ง กำลังผลิตที่ได้ก็จะลดลงตามส่วนและถ้าเครื่องกังหันแก๊สทุกตัวหยุดเดินเครื่องโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำที่ใช้ร่วมกันก็จะต้องหยุดเดินเครื่องด้วย

4. โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear power plant)

ใช้ปฏิกิริยานิวเคลียร์ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงเพื่อใช้เดินเครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าประเภทนี้มีค่าก่อสร้างสูงแต่มีค่าเชื้อเพลิงต่ำเนื่องจากใช้เชื้อเพลิงในปริมาณน้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าในปริมาณมากได้

5. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric power plant)

แปลงความพลังงานศักย์จากน้ำในเขื่อนเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกังหันน้ำ โรงไฟฟ้าประเภทนี้จึงต้องตั้งอยู่ใกล้เขื่อนและขนาดของโรงไฟฟ้าขึ้นกับขนาดของเขื่อน โรงไฟฟ้าประเภทนี้มีค่าก่อสร้างสูงและไม่มีค่าเชื้อเพลิงแต่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็น

การนำทรัพยากรน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยความเร็ว และแรงดันสูงมาหมุนกังหันน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

- น้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ในระดับสูงกว่าโรงไฟฟ้าทำให้มีแรงดันน้ำสูง
- ปล่อยน้ำในปริมาณที่ต้องการเข้ามาตามท่อส่งน้ำ เพื่อส่งไปยังอาคารโรงไฟฟ้าที่อยู่ต่ำกว่า
- น้ำในอ่างเก็บน้ำอยู่ในระดับสูงกว่าโรงไฟฟ้าทำให้มีแรงดันน้ำสูง
- เพลาของเครื่องกังหันน้ำต่อกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้โรเตอร์หมุนเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ได้พลังงานไฟฟ้าออกมา

6. โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel power plant)

ประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โรงไฟฟ้าประเภทนี้ใช้เวลาก่อสร้างสั้น มีค่าก่อสร้างต่ำ แต่มีค่าเชื้อเพลิงสูงมาก โรงไฟฟ้าประเภทนี้มักมีขนาดเล็กและเดินเครื่องเท่าที่จำเป็น เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง มีหลักการทำงานเหมือนกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ทั่วไป โดยอาศัยหลักการสันดาปของน้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ถูกอัดอากาศจนมีอุณหภูมิสูง ซึ่งเราเรียกว่าจังหวะอัด ในขณะเดียวกัน น้ำมันดีเซลที่ถูกฉีดเข้าไปจะเกิดการสันดาปกับความร้อนและเกิดระเบิด ดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยงซึ่งต่อกับเพลาของเครื่องยนต์ ทำให้เพลาของเครื่องยนต์หมุน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเชื่อมต่อกับเพลาเครื่องยนต์ก็จะหมุนตาม

7. โรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable energy)

ผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ถึงแม้ว่าพลังงานเหล่านี้จะไม่มีค่าใช้จ่ายและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก แต่โรงไฟฟ้าประเภทนี้มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าโรงไฟฟ้าประเภทอื่นมากและมีขนาดเล็กมาก จึงยังไม่ที่นิยมมากนักในปัจจุบัน

2.3.5 ผู้ผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

โรงไฟฟ้าแบ่งตามหน่วยงานที่ดูแลหรือเป็นเจ้าของอันได้แก่

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Electricity Generating Authority of Thailand; EGAT) หรือ กฟผ.

เป็นรัฐวิสาหกิจที่มีโรงไฟฟ้าในความรับผิดชอบหลายโรง ส่วนใหญ่จะเป็นโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งต้องการการลงทุนสูง โรงไฟฟ้าพลังน้ำทั้งหมดอยู่ในความดูแลของ กฟผ. แต่โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเชื้อเพลิงชีวมวลบางส่วนอยู่ในความดูแลของภาคเอกชนซึ่งก็คือ IPP และ SPP

2. ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระรายใหญ่ (Independent Power Producer) หรือ IPP

เอกชนที่สร้างโรงไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าเอง กำลังผลิตมากกว่า 90 MW โดย กฟผ. จะกำหนดปริมาณไฟฟ้าที่รับซื้อเพื่อควบคุมจำนวนของ IPP เงื่อนไขของการรับซื้อไฟฟ้าคือ (1) โรงไฟฟ้าจะต้องใช้เชื้อเพลิงที่สะอาดเป็นที่ยอมรับของประชาชน (2) โรงไฟฟ้าจะต้องตั้งอยู่ในบริเวณที่ กฟผ. กำหนด (3) กฟผ. จะเป็นผู้สั่งให้เดินเครื่องโรงไฟฟ้า และจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้า และ (4) โรงไฟฟ้าต้องปฏิบัติตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อมที่ทางราชการกำหนด

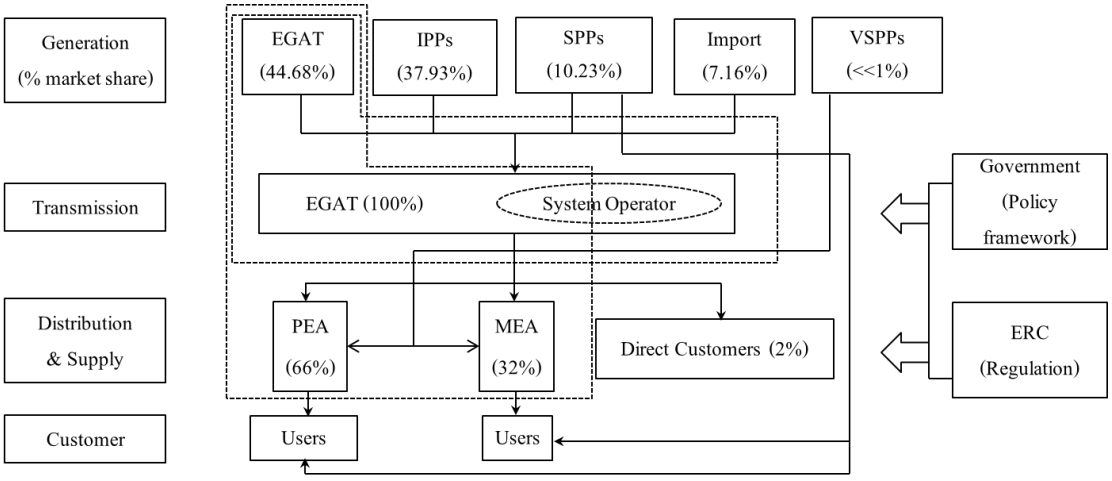
3. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer) หรือ SPP

เอกชนที่สร้างโรงไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าในปริมาณน้อย กำลังผลิตไม่เกิน 90 MW แต่อาจขายไฟฟ้าให้ผู้บริโภคที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ SPP ผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานทดแทนเช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ ขยะ หรือพลังงานลม แต่ถ้าใช้เชื้อเพลิงอื่นเช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน หรือถ่านหิน การผลิตไฟฟ้าจะต้องเป็นระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานความร้อน (Cogeneration) ซึ่งหมายถึงระบบที่พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จะไม่ปล่อยทิ้งแต่จะนำไปใช้ประโยชน์ พลังงานความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์จะต้องมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 10% ของพลังงานที่ผลิตได้ทั้งหมด นอกจากนี้ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้าจะต้องไม่ต่ำกว่า 45%

4. ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก (Very Small Power Producers) หรือ VSPP

เอกชนที่สร้างโรงไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าในปริมาณที่น้อยมาก กำลังผลิตไม่เกิน 10 MW ส่วนใหญ่จะขายไฟฟ้าให้ กฟภ. และ กฟน. โดยตรง

อุตสาหกรรมไฟฟ้าในประเทศไทยปัจจุบันมีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ซึ่งเดิมส่วนของการผลิตไฟฟ้าหน่วยงานภาครัฐเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด แต่เนื่องจากรัฐบาลได้มีนโยบายเพิ่มบทบาทของภาคเอกชนในการผลิตไฟฟ้าและเพื่อเปิดโอกาสให้ กฟผ. สามารถร่วมลงทุนกับภาคเอกชนดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวเนื่องกับ กฟผ. ได้ เริ่มต้นในปี 2535 ได้มีการจัดตั้งบริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) และกระจายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งได้ซื้อโรงไฟฟ้าระยองและโรงไฟฟ้าขนอม ไปจาก กฟผ. และถือได้ว่าเป็นโรงไฟฟ้าเอกชนโรงแรกของประเทศไทย ในปี 2543 ได้มีการจัดตั้งบริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรี โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้ซื้อโรงไฟฟ้าราชบุรีไปจาก กฟผ. และหลังจากนั้นเป็นต้นมามีการสร้างโรงไฟฟ้าที่เป็นของภาคเอกชนเพิ่มขึ้นมาอีกหลายแห่ง ปัจจุบันบทบาทของภาคเอกชนในส่วนของการผลิตไฟฟ้ากลายเป็นผู้ผลิตที่มีส่วนสำคัญในระบบเช่นกัน และนอกจากนี้ยังมีการนำเข้ากระแสไฟฟ้าจากต่างประเทศในบางส่วน โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมไฟฟ้ามีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.3



Remarks

EGAT= Electricity Generating Authority of Thailand	IPPs= Independent Power Producers (Cap. sold to EGAT > 90 MW)
MEA= Metropolitan Electricity Authority	SPPs=Small Power Producers (Cap. sold to EGAT < 90 MW)
PEA= Provincial Electricity Authority	VSPPs=Very Small Power Producers (Cap. sold to MEA/PEA < 10 MW)
SO = System Operator	ERC: Energy Regulatory Commission

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างอุตสาหกรรมไฟฟ้า
ที่มา: ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า กฟผ. [64]

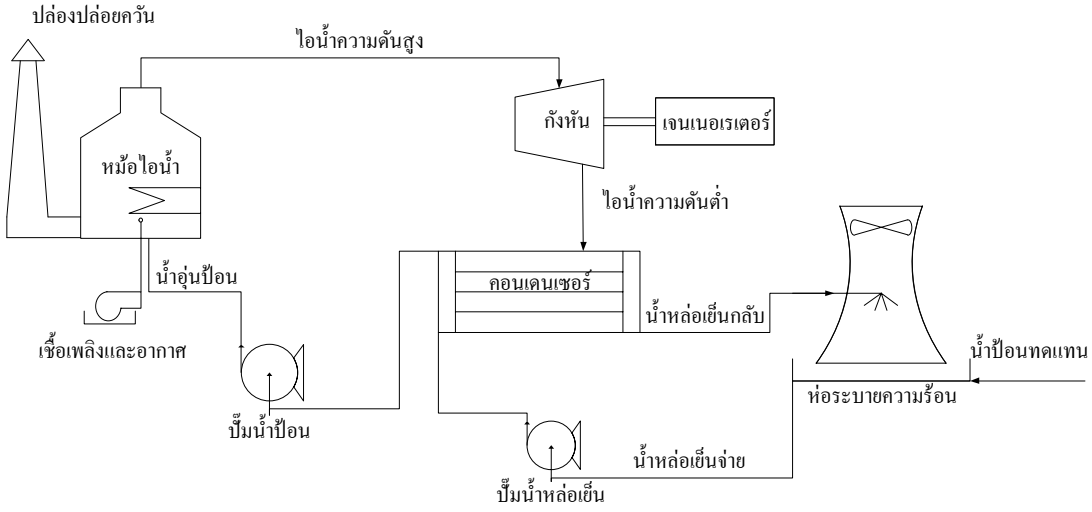
2.4 โรงไฟฟ้าพลังความร้อน

โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal power plant) เป็นโรงไฟฟ้าที่ผลิตไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) เพื่อให้เกิดการสันดาป ได้ความร้อนจากเชื้อเพลิงขับต้นกำลังไปหมุนกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ผลิตพลังงานไฟฟ้า เข้าสู่ระบบส่งไฟฟ้า (Transmission line) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ดำเนินการผลิตในประเทศไทยใช้เชื้อเพลิง ลิกไนต์ (Lignite), น้ำมันเตา (Oil), ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas) โรงไฟฟ้าชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า แต่มีความหลากหลาย (Flexible) ของการใช้เชื้อเพลิงทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงก๊าซ ทำให้ยังมีการผลิตการงานไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าชนิดนี้อยู่

การบริหารจัดการประสิทธิภาพพลังงาน ของโรงงานไฟฟ้าความร้อนนี้ การปรับแต่งควบคุมปัจจัยตัวแปรโดยการเดินเครื่องให้เหมาะสมจะส่งผลด้านประสิทธิภาพสูงกว่าบำรุงรักษา (Effect from operator activities on higher than maintenance activities) ตามควบคุมตัวแปรการผลิตโดยใช้เครื่องมือ STEP Factor ในการติดตาม ควบคุมตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการใช้ความร้อน มีตัวแปรโดยสังเขป ดังนี้

- Main Steam Temperature/ Pressure/ Flow
- Superheat Steam Temperature/ Pressure
- Reheat Steam Temperature/ Pressure
- Reheat Sprays flow
- Steam Atomizing
- Boiler Blowdown
- Condenser Pressure
- Cooling water temperature
- Soot Blower for Air Heater, Economizer, Superheater, Reheater, Wall Tube, etc.
- Final Feed Water Temperature
- Stack Temperature
- Carbon-dioxide (CO_2) at eco. Outlet
- Makeup water consumption
- Electricity user (on load work/Off load work)

โรงไฟฟ้าพลังความร้อน มีอุปกรณ์หลักที่สำคัญ ประกอบไปด้วย เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) และอุปกรณ์ส่วนสนับสนุนการผลิต (Balanced of Plant) ส่วนที่แสดงในภาพที่ 2.4 เป็นพื้นฐานไดอะแกรมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน



ภาพที่ 2.4 พื้นฐานไดอะแกรมของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน
ที่มา: ดัดแปลงจาก สมเกียรติ บุญณสะ [65]

1. เครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

เครื่องกำเนิดไอน้ำหรือหม้อไอน้ำ (Boiler) เป็นระบบอุปกรณ์ที่เผาไหม้เชื้อเพลิงให้เกิดความร้อนเพื่อเปลี่ยนรูปน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ เชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนใหญ่ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน หรือก๊าซ พัฒนาการของเครื่องกำเนิดไอน้ำในประเทศไทยได้มีมาตั้งแต่ พ.ศ. 2500 ในช่วงแรกของการใช้งานที่ยังเป็นยุคอนาล็อก (Analog) ยังเป็นการควบคุมตัวแปรให้อยู่ในย่านของการใช้งาน โดยใช้คนเดินเครื่อง (Operator) เป็นผู้ปรับแต่งเป็นหลัก เมื่อพัฒนาเข้าสู่ยุคดิจิตอล (Digital) ได้มีพัฒนาการทั้งตัวเครื่องจักร (Equipment) อุปกรณ์การวัด (Instrumentation) และชุดควบคุม (Controller) รวมถึงได้เกิดพัฒนาการด้านตรวจจับ (Sensor) ทำให้การตรวจวัดปรับแต่งมีความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น แต่ก็ยังต้องใช้คนในการควบคุมการปรับแต่งอยู่ ทำให้ลดจำนวนคนควบคุมการเดินเครื่องและการปรับแต่งมีความเที่ยงตรงขึ้น ต่อมาได้มีพัฒนาการการปรับแต่งล่วงหน้า (Feed forward control) รองรับการเปลี่ยนแปลงช่วยการปรับแต่งได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพัฒนาอุปกรณ์ช่วยในการปรับแต่งเช่น ระบบควบคุมการทำความสะอาดหม้อไอน้ำ (Smart soot blower) ช่วยปรับจำนวนและระยะเวลาของการเป่าทำความสะอาดหม้อไอน้ำให้เหมาะสมปัจจัยหลักของการสูญเสียความร้อนในหม้อไอน้ำประกอบไปด้วยซีล (Seal) ป้องกันการรั่วไหลด้านด้านพลังงาน สามารถปรับปรุงโดย การประยุกต์ใช้งานซีลที่ได้รับการพัฒนาด้านเทคโนโลยี และเมื่อใช้งานไปซีลจะมีการสึกกร่อนมีการรั่วไหลสูงการจัดการทำโปรแกรมการบำรุงรักษาให้เหมาะสม ช่วยลดความสูญเสียด้านความร้อนลงได้ การปรับปรุงชุดอุ่นอากาศ (Air heater) ที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนจากกรดกำมะถัน และมีการรั่วไหลต่ำ สามารถลดความสูญเสียความร้อนจากการรั่วไหล แล้วยังสามารถไปลดอุณหภูมิของชุดอุ่นอากาศด้าน Cold-end ลงไปได้ ทำให้ประสิทธิภาพของไอน้ำสูงขึ้น หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งการกำหนดระยะเวลาของการ ปรับแต่งโม่ให้สามารถบดเชื้อเพลิงให้ได้ขนาดที่เหมาะสม รวมถึงการปรับแต่งลม ช่วยรักษาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

2. เครื่องกังหันไอน้ำ

เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) เป็นเครื่องจักรที่ใช้แปรสภาพพลังงานจากพลังงานความร้อนให้กลายเป็นพลังงานกลนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานความร้อนที่ใช้เปลี่ยนรูปมาจากไอน้ำแรงดันสูงจากหม้อไอน้ำ

ตัวเครื่องกังหันไอน้ำได้มีพัฒนาการ ในเรื่องของการออกแบบ (Design) และการผลิตที่มีการควบคุมแบบสามมิติ และการกัดด้วยไฟฟ้าทำให้ใบพัดทั้งส่วนหมุนและส่วนที่อยู่กับที่ (Rotating blade/ Stationary vane) สามารถโค้งงอรับกับการไหลของไอน้ำ ตัวอย่างของพัฒนาการเครื่องกังหันไอน้ำ เช่นชุดของ Low pressure steam turbine (LP Turbine) ที่มีลักษณะยาวและการโค้งงอ ได้มีพัฒนาการทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของตัวกังหันไอน้ำ ได้ค่อนข้างสูง

พัฒนาการเครื่องกังหันไอน้ำ เรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพเป็นการนำความร้อน (Recover heat) กลับเข้ามาสู่ระบบใหม่ (Regenerative system) เช่นการเพิ่มชุด Intermediate pressure steam turbine ใช้ไอน้ำที่ผ่านการขับชุด High pressure steam turbine ไปแล้วกลับไปอุ่นในหม้อไอน้ำใหม่ และพัฒนาการมี Feed water heater ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกังหันไอน้ำ วิธีการบำรุงรักษาให้ประสิทธิภาพอยู่ในสภาพที่ดี เป็นการดูแลท่อในชุด Water heater ไม่ให้รั่ว และจำนวนท่อที่ถูกเปลี่ยนการใช้งานเนื่องจากการรั่วไม่สูง

พัฒนาการของชุดคอนเดนเซอร์ (Condenser) มีพัฒนาการในหลายด้าน เช่น การพัฒนาคัดเลือกโลหะให้มีความเหมาะสมทั้งการแลกเปลี่ยนความร้อน และการทนทานต่อการกัดกร่อนได้สูง ในเรื่องของการดูแลท่อในชุดคอนเดนเซอร์ ให้มีความสะอาด ได้มีพัฒนาการระบบทำความสะอาดท่อ (Tube cleaning device) ขึ้น การดูแลให้ระบบทำความสะอาดท่อทำงานได้อย่างต่อเนื่องช่วยในการรักษาประสิทธิภาพ การใช้สารเคมีในการล้างคอนเดนเซอร์ อาจเป็นผลให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การใช้งาน Mechanical cleaning device จึงเป็นทางเลือกอีกอย่างในการรักษาประสิทธิภาพของเครื่องกังหันไอน้ำ

3. อุปกรณ์ส่วนสนับสนุนการผลิต

การเดินเครื่องโรงไฟฟ้า ยังต้องใช้อุปกรณ์ที่สนับสนุนการเดินเครื่องอีกจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไป เรียกว่า Balance of Plant (BOP) หรือ Auxiliary equipment เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบอยู่ในกระบวนการผลิตนอกเหนือจากอุปกรณ์หลัก (Primary equipment) อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ ชุดปั๊มน้ำหล่อเย็น (Cooling water pump) หอระบายความร้อน (Cooling tower) อาคารปรับคุณภาพน้ำ (Water treatment plant) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil system) และระบบขนถ่าน (Coal handling) เป็นต้น กลุ่มอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต เหล่านี้มีความสำคัญในการผลิตไม่ยิ่งหย่อนกว่าอุปกรณ์หลัก พัฒนาด้านเทคโนโลยีของอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต มีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่แล้วนำมาใช้เพื่อให้มีผลต่อประสิทธิภาพของโรงงานไฟฟ้าโดยรวมค่อนข้างต่ำ บางอุปกรณ์จากลักษณะทางกายภาพ พบว่ายิ่งใช้งานยิ่งใช้พลังงานน้อยลงตัวอย่างเช่น ปั๊ม (Pump) เมื่อใช้ไปมีการสึกของชุดหมุนทำให้ใช้พลังงานในการหมุนลดลง แต่ในระบบปั๊มที่ใช้ในระบบน้ำหล่อเย็น (Cooling water pump) จะต่างออกไปเนื่องจากอัตราการไหลของน้ำส่งผลต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าค่อนข้างสูง ดังนั้นโดยรวมแล้วอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต เป็นการเปลี่ยนตามอายุการใช้งานเป็นหลัก มากกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพ พัฒนาการของผู้จำหน่ายอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต จะเปลี่ยนจากผู้ขายอุปกรณ์ไปเป็นผู้ให้บริการทั้งหมด ซึ่งจะส่งผลดีต่อผู้ใช้งาน ในเรื่องของความจำเป็นที่จะมีอะไหล่ไว้ใช้ลดลง ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวม (Total owner cost) ลดลง

หอระบายความร้อน (Cooling tower) เป็นอุปกรณ์ใช้ระบายความร้อนของน้ำที่ใช้ในคอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าอย่างมาก การ

กำหนดอายุการใช้งานของตัวชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพในหอระบายความร้อนให้เหมาะสม ตัวชุดกระจายน้ำ ได้แก่ Filled pack, Splash bar, Nozzle, Drift eliminator ที่เสื่อมสภาพจากการอุดตันหรือจากวัสดุที่ใช้ การกำหนดอายุการใช้งานที่เหมาะสม เช่น ประมาณ 5-6 ปี ทำการถอดเปลี่ยนซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งในช่วงการหยุดเครื่องเพื่อบำรุงรักษา หรือในช่วงที่โรงไฟฟ้ายังทำการผลิตขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ตัวชุดขับลม พัดลม มอเตอร์ และชุดเกียร์ทด มีตัวใบพัด (Blade) ของพัดลม ควรกำหนดระยะเวลาการเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน การบำรุงรักษาหอหล่อเย็น ให้สามารถสมรรถนะได้ มีส่วนทำให้สามารถรักษาประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าอย่างเป็นนัยยะสำคัญ

ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Cooling water pump) เป็นอุปกรณ์ใช้ในการป้อนน้ำหล่อเย็น เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งความสามารถในการป้อนน้ำลดลง ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า การกำหนดอายุการใช้งานให้เหมาะสมตัวอย่างเช่น กำหนดให้มีการเปลี่ยนตามอายุการใช้งานของปั๊มน้ำหล่อเย็นประมาณสิบสองปี ซึ่งตรงกับงานบำรุงรักษาใหญ่ ก่อนกำหนดการเปลี่ยนก็ไม่จำเป็นต้องเข้าไปดำเนินการตรวจสอบกับตัวอุปกรณ์ให้เกิดงานหยุดเครื่องเพื่อบำรุงรักษา ส่งผลต่อการลดกิจกรรม งานบำรุงรักษาลงไปได้ และสามารถรักษาค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าได้อีกด้วย

อาคารปรับคุณภาพน้ำ (Water treatment plant) สำหรับน้ำที่ใช้ในหม้อน้ำ และกังหันไอน้ำ (Boiler/Steam turbine) ควรกำหนดอายุการปรับปรุงตามอายุการใช้งาน เช่นประมาณครึ่งอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าเป็นต้น ผลจากการเสื่อมสภาพของระบบปรับคุณภาพน้ำ การ Blow-down ของน้ำในระบบเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าลดลง นอกจากนี้การใช้น้ำ และสารเคมีที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย การปรับปรุงระบบปรับคุณภาพน้ำ นั้นควรที่จะพิจารณาวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีในโรงไฟฟ้า ซึ่งลดเรื่องของค่าใช้จ่ายเรื่องสารเคมี และการปล่อยสารเคมีที่ระบบกวนสิ่งแวดล้อม

วาล์วระบาย (Vent/Drain valve) ถึงแม้ผลจากการระบายน้ำ/ ไอน้ำ จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้ามากนัก แต่ก็ควรที่จะมีการกำหนดระยะเวลาการเปลี่ยนตามอายุการใช้งาน มากกว่าการพยายามทำการซ่อมแซมไว้ใช้งาน ซึ่งประสิทธิผลของการซ่อมแซมไม่สูงมากนัก

เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ (Flue gas desulfurization; FGD) เป็นอุปกรณ์ดึงก๊าซซัลเฟอร์ (SO_x) ออกจากไอเสียที่ปล่อยออกจากหม้อไอน้ำ ก่อนออกสู่บรรยากาศ พัฒนาเทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพของ Gas gas heater (GGH) ช่วยลดความร้อนที่ใช้ใน GGH ลง สามารถนำพลังงานส่วนที่ลดได้ไปผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากนี้การใช้พลังงานของ FGD ส่วนใหญ่ถูกใช้ในระบบ เช่น ปั๊มน้ำ-ปั๊มน้ำปูน เป็นต้น การบำรุงรักษาตัวปั๊มให้เหมาะสมช่วยลดการใช้พลังงานได้ ในส่วนของควบคุมการเดินเครื่องเพิ่มประสิทธิภาพโดยลดการทำรีเจนเนอร์เรชั่นลง (Regeneration) และควบคุมการทำความสะอาดของตัว GGH ให้เหมาะสม ทั้งช่วงเวลา และระยะเวลา (Interval/ Duration)

2.5 แนวคิดการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม

2.5.1 การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศช่วยทำให้คนรู้สึกสบายขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น อัตราการทำปฏิกิริยาเคมีในร่างกายซึ่งจะทำให้ร่างกายมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปกติร่างกายจะมีอุณหภูมิ 37.5 °C เมื่อนั่งทำงานจะให้พลังงานความร้อนในรูปความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงประมาณ 176 W หรือ 600 Btu/h ถ้าพลังงานนี้ไม่สามารถถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อมอากาศรอบตัวเรา เราก็จะรู้สึกไม่สบาย โดยทั่วไปคนไทยที่สวมเครื่องแต่งกายปกติ จะรู้สึกสบายเมื่ออยู่ในอากาศที่มีอุณหภูมิ 24-25 °C และความสัมพันธ์ 55% และความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที แต่ในบรรยากาศภายนอกมีสภาวะแปรเปลี่ยนตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องอยู่ในห้องที่สามารถปรับสภาวะอากาศได้ ในห้องปรับสภาวะแปรเปลี่ยนตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องอยู่ในห้องที่สามารถปรับสภาวะอากาศได้ในห้องปรับสภาวะอากาศหรือเรียกสั้น ๆ ว่า ห้องปรับอากาศหรือห้องแอร์ นอกจากจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้ตามที่ต้องการแล้วยังช่วยป้องกันเสียงรบกวน และฝุ่นละอองต่าง ๆ ได้อีกด้วย ในระบบทำความเย็นหรือระบบปรับอากาศ จะใช้สารทำความเย็นช่วยในการดูดความร้อนจากภายในห้องไปทิ้งที่ภายนอกห้อง โดยใช้คอมเพรสเซอร์ในการขับเคลื่อนสารทำความเย็น ซึ่งทำให้ห้องมีอุณหภูมิเย็นกว่าภายนอกห้อง

2.5.2 การประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศ

ระบบอัดอากาศที่ใช้กันอย่างมาในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ไม่มีการตรวจสอบหาการรั่วไหลของอากาศซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอย่างมากมายในแต่ละปี โดยทั่วไปแล้วระบบอัดอากาศใช้พลังงานประมาณ 10% ของการใช้พลังงานอุตสาหกรรม การรั่วของอากาศจากระบบจะสังเกตได้ค่อนข้างยาก อากาศรั่วที่เกิดขึ้นเมื่อรวม ๆ กันแล้วอาจจะมากถึง 40% (สำหรับโรงงานที่มีการใช้งานมานาน ๆ) ของปริมาณอากาศที่อัด กรณีเครื่องอัดอากาศ ขนาด 10 kW การทำงาน 6,000 ชั่วโมงต่อปี การสูญเสียอาจจะมาถึง 480,555 บาท/ปี ที่ อัตราค่าไฟฟ้า 2.5 B/kWh

ในระบบอัดอากาศที่ดี ควรจะมีการรั่วไหลของอากาศไม่เกิน 5% ของการใช้อากาศ การจะป้องกันการรั่วไหลให้เหลือน้อยกว่านี้อาจไม่คุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ สำหรับพิจารณาปัญหาที่เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบสามารถแบ่งเป็น การผลิตอากาศอัด การส่งจ่ายอากาศอัดและการใช้อากาศ

2.5.3 การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการภายในประเทศใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงมากถึงวันละหลายล้านลิตร ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้สำหรับหม้อไอน้ำใช้ในการอบ ต้ม นึ่ง ในกระบวนการผลิต การใช้น้ำมันเตา ซึ่งประเทศไทยจะต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยเสียสมดุลทางด้านการค้าปีละหลายล้านบาทและทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ส่งผลต่อสภาวะเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นการใช้พลังงานเชื้อเพลิงทุกชนิดจะต้องใช้พลังงานอย่างประหยัดให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

การที่จะแก้ปัญหาพลังงานดังกล่าว คือ การตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพ แนวทางหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดการใช้น้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมได้คือการใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.4 การนำความร้อนที่เหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์

พลังงานที่เหลือจากการใช้งานแล้วหรือความร้อนเหลือทิ้ง (Waste heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอากาศ แก๊ส น้ำ หรือของเหลวอื่นที่ปล่อยทิ้งจากกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรืออุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งแต่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์อีกกระบวนการหนึ่งได้

ตัวอย่างความร้อนเหลือทิ้งที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ คือ ไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาอบตามปกติยังมีอุณหภูมิสูงสามารถใช้ประโยชน์อีกได้ เช่น ใช้อุ่นอากาศที่ใช้ในการสันดาปหรืออุ่นวัสดุที่จะป้อนเข้าเตา ใช้ผลิตไอน้ำเพื่อขับกังหันไอน้ำหรือใช้ผลิตไอน้ำป้อนให้แก่ระบบทำน้ำเย็นแบบดูดซึม (Absorption) เป็นต้น อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่ไอเสียจากหม้อไอน้ำสามารถใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) ความร้อนเหลือทิ้งอีกกลุ่มหนึ่งเป็นพลังงานที่มีอยู่น้ำร้อนเช่น คอนเดนเสตจากตู้อบแห้งหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอื่น ๆ ตามปกติจะยังคงมีความร้อนเหลือพอที่จะใช้ประโยชน์ได้เช่น ใช้ทำไอน้ำแฟลช เพื่อป้อนให้แก่กระบวนการผลิตที่ต้องการไอน้ำความดันต่ำส่วนที่เป็นของเหลวใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำโดยตรง (ในกรณีที่เป็นคอนเดนเสตสะอาด) หรือใช้ในการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (ในกรณีที่เป็นคอนเดนเสตที่ปนเปื้อน) เป็นต้น น้ำโบว์ดาวน์ (Blowdown) จากหม้อไอน้ำเป็นความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงจึงควรพิจารณานำมาใช้ประโยชน์โดยการส่งเข้าถังแฟลชหรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบสัมผัส (ไม่ผสม) ในบางกรณีน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นหรืออากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนแก่คอมเพรสเซอร์ก็สามารถใช้ประโยชน์ได้

การจำแนกความร้อนเหลือทิ้ง ความร้อนเหลือทิ้งมักจำแนกตามระดับอุณหภูมิของความร้อนเหลือทิ้งนั้น ๆ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัววัดระดับคุณภาพหรือคุณค่าของความร้อนเหลือทิ้ง

โดยตรง ความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงจะมีคุณภาพสูงกว่าความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิต่ำ การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ จึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับคุณภาพของความร้อนเหลือทิ้ง ตามปกติจะแบ่งความร้อนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอุณหภูมิสูง กลุ่มอุณหภูมิปานกลางและกลุ่มอุณหภูมิต่ำ

กลุ่มอุณหภูมิสูง

ระดับอุณหภูมิของความร้อนเหลือทิ้งอุณหภูมิสูง ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 600 °C ถึง 1,600 °C ความร้อนเหลือทิ้งเหล่านี้ถือว่า มีคุณภาพหรือคุณค่าสูงในแง่ที่ว่า มีความเป็นไปได้ที่จะใช้ประโยชน์ความร้อนเหลือทิ้งเหล่านี้ในการผลิตกำลังงานเช่น ใช้ความร้อนเหลือทิ้งนี้ในการผลิตไอน้ำความดันสูงเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ ซึ่งใช้เป็นแหล่งกำลังงานทางกลได้ ในกรณีนี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะใช้ระบบผลิตพลังงานร่วมเพื่อผลิตกำลังงาน (ไฟฟ้า) ร่วมกับการผลิตความร้อนสำหรับกระบวนการผลิต

กลุ่มอุณหภูมิปานกลาง

ความร้อนเหลือทิ้งในช่วงอุณหภูมิ 200 °C ถึง 600 °C จัดเป็นความร้อนเหลือทิ้งอุณหภูมิปานกลาง ให้ตัวอย่างอุปกรณ์หรือกระบวนการที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงนี้ ความร้อนเหลือทิ้งเหล่านี้มีความเป็นไปได้เช่นกันที่จะใช้ในการผลิตกำลังงานโดยการผลิตไอน้ำความดันปานกลางเพื่อใช้ขับกังหันไอน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้อุณหภูมิระดับนี้นับว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแหล่งความร้อนในกระบวนการผลิตโดยตรงหรือใช้ความร้อนที่เหลือทิ้งจากการขับกังหันไอน้ำก็ได้

กลุ่มอุณหภูมิต่ำ

ความร้อนเหลือทิ้งอุณหภูมิต่ำคือความร้อนเหลือทิ้งที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 35 °C ถึง 200 °C ความร้อนเหลือทิ้งกลุ่มนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตกำลังงานหรือการผลิตไอน้ำ เนื่องจากจะได้ไอน้ำความดันต่ำมาก ส่วนใหญ่จึงมุ่งไปที่การใช้ประโยชน์ทางด้านความร้อนโดยตรงเพื่อการให้ความร้อนเบื้องต้นเช่น การอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำและการอุ่นของเหลว (เช่น น้ำเชื่อม) ในกระบวนการผลิต เป็นต้น

2.5.5 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านกำลังไฟฟ้าของสถานประกอบการ และยังเป็นการช่วยส่วนรวมและประเทศชาติในการอนุรักษ์พลังงาน แต่การที่จะตัดสินใจประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีใดนั้นผู้ประกอบการที่ได้เปิดดำเนินการอยู่แล้วควรทำการศึกษาถึงความเป็นได้ในการเนินการ ผลตอบแทนของค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้เทียบกับเงินลงทุนและค่าบำรุงรักษา รวมทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตในขณะที่กำลังดำเนินการปรับปรุงระบบไฟฟ้าสำหรับสถานประกอบการที่ได้เปิดดำเนินการอยู่แล้วและ

ต้องการขยายกำลังการผลิต รวมไปถึงสถานประกอบการที่กำลังจะวางแผนเริ่มการผลิตใหม่ แนวทางดังต่อไปนี้จะสามารถช่วยให้การลงทุนเป็นไปอย่างคุ้มค่าทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1. การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมากต้องเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ใด ๆ ซึ่งหน่วยงานของรัฐรวมทั้งการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่งและสื่อมวลชนต่าง ๆ ได้ร่วมกันรณรงค์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลที่ได้จะประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงไรนั้น ขึ้นอยู่กับจิตสำนึกของประชาชนในชาติและสถานประกอบการเป็นสำคัญ นอกเหนือจากการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิธีสร้างจิตสำนึกในเรื่องการประหยัดพลังงานแล้ว การลดค่าไฟฟ้าในภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมจากค่าดีมานด์ (Demand) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าลงได้มาก โดยที่ไม่ต้องมีการลงทุนหรือปรับปรุงระบบแต่ประการใด

2. การลดค่าใช้จ่ายด้วยการลงทุนปรับปรุงระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

2.1 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

2.2 การเลือกใช้หม้อแปลงของระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

2.3 การใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำประสิทธิภาพสูง

2.4 การเลือกชนิดของหลอดไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าสว่าง

2.5.6 การประหยัดพลังงานสำหรับเตา

การเผาไหม้หรือการสันดาปเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ธาตุหลักในเชื้อเพลิง เกิดการรวมตัวกับออกซิเจน พร้อมกับปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป ค่าความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาต่อหน่วยมวลของเชื้อเพลิงเรียกว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงมีจุดสำคัญที่จะต้องพิจารณา คือ การควบคุมให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบรูณ์เพื่อให้พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงเปลี่ยนไปเป็นความร้อนจนหมดสิ้นและการนำความร้อนที่ได้ไปใช้อย่างเต็มที่ เพื่อให้เหลือปล่อยทิ้งไปในบรรยากาศให้น้อยที่สุดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เกิดขึ้นเมื่อ

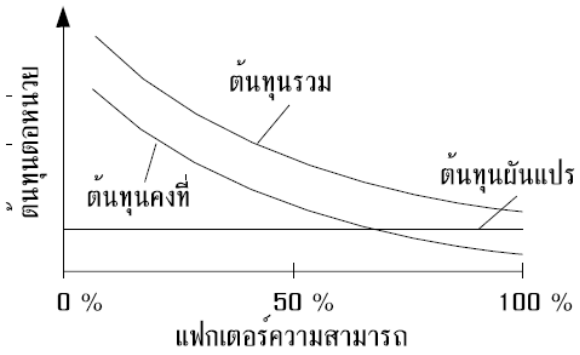
1. คาร์บอนรวมตัวกับออกซิเจน เป็นคาร์บอนไดออกไซด์จนหมดสิ้น
2. ไฮโดรเจนรวมตัวกับออกซิเจน เป็นน้ำจนหมดสิ้น
3. ซัลเฟอร์รวมตัวกับออกซิเจน เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จนหมดสิ้น

4. โดยทั่วไปเราจะสมมติว่า ไนโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อยและไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการปฏิกิริยาเผา

ดังนั้นจะต้องมีการป้อนอากาศเพื่อการเผาไหม้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ต้องมีปริมาณมากพอ และให้มีการผสมกับเชื้อเพลิงอย่างดี เพื่อให้ออกซิเจนสามารถทำปฏิกิริยากับธาตุหลักดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด

2.6 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

ไฟฟ้าก็เหมือนกับสินค้าทั่วไปที่ต้องมีต้นทุนการผลิต ต้นทุนของค่าไฟฟ้ามาจากค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ต้นทุนที่แปรผันตามพลังงานไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าผลิตได้เรียกว่าต้นทุนผันแปร (Variable cost) ส่วนต้นทุนที่ไม่ขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เรียกว่าต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ต้นทุนคงที่ต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตโดยโรงไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้ามากขึ้น ในทางตรงข้ามต้นทุนผันแปรต่อหน่วยไฟฟ้าจะมีค่าคงที่เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยโรงไฟฟ้าแปรผันตามแฟกเตอร์ความสามารถ ดังนั้นกราฟระหว่างต้นทุนคงที่ต่อหน่วยไฟฟ้าและต้นทุนผันแปรต่อหน่วยไฟฟ้ากับแฟกเตอร์ความสามารถจึงมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้ากับแฟกเตอร์ความสามารถของโรงไฟฟ้า จะสังเกตได้ว่าต้นทุนรวมต่อหน่วยไฟฟ้าซึ่งเป็นผลรวมของต้นทุนไม่ผันแปรต่อหน่วยไฟฟ้าและต้นทุนผันแปรต่อหน่วยไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อแฟกเตอร์ภาระเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้ากับแฟกเตอร์ความสามารถของโรงไฟฟ้า
ที่มา: สมชาติ ฉันทศิริวรรณ [63]

กราฟระหว่างต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้ากับแฟกเตอร์ความสามารถของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทแตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกัน โครงสร้างของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแบ่งเป็น ค่าเชื้อเพลิง (Fuel cost) ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (Operation and maintenance cost) และค่าก่อสร้าง (Construction cost)

2.6.1 ค่าเชื้อเพลิง

ค่าเชื้อเพลิงจัดเป็นค่าใช้จ่ายผันแปร ค่าเชื้อเพลิงเป็นค่าใช้จ่ายหลักของโรงไฟฟ้าดีเซล โรงไฟฟ้าพลังความร้อนและโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซเนื่องจากเชื้อเพลิงฟอสซิลของโรงไฟฟ้ามีราคาแพง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีค่าเชื้อเพลิงที่ถูกกว่า โรงไฟฟ้าพลังน้ำไม่มีค่าเชื้อเพลิงเลยเพราะน้ำจากเขื่อนเป็นของฟรี

2.6.2 ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา

ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาประกอบด้วยค่าแรงงานในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า ค่าแรงงานส่วนใหญ่เป็นค่าจ้างบุคลากรของโรงไฟฟ้าซึ่งได้แก่ ช่างเทคนิควิศวกร เจ้าหน้าที่สำนักงาน ผู้บริหาร เป็นต้น นอกจากนี้ค่าดำเนินการและบำรุงรักษายังรวมถึงค่าอะไหล่ ค่าวัสดุซ่อมบำรุง ค่าน้ำ ค่าวัสดุในสำนักงานและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ค่าดำเนินการและบำรุงรักษามีบางส่วนเป็นค่าใช้จ่ายคงที่และบางส่วนเป็นค่าใช้จ่ายผันแปรโรงไฟฟ้าพลังความร้อนมักมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาสูงเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำและโรงไฟฟ้าดีเซล

2.6.3 ค่าก่อสร้าง

ค่าก่อสร้างหมายถึง ค่าใช้จ่ายในการออกแบบและวางแผน ค่าที่ดิน ค่าปรับปรุงที่ดินเพื่อก่อสร้าง ค่าสิ่งปลูกสร้าง ค่าเครื่องจักร ค่าทดสอบเดินเครื่องโรงไฟฟ้าหลังสร้างเสร็จใหม่ ๆ และค่าควบคุมงานก่อสร้าง ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ค่าก่อสร้างประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) ค่าดอกเบี้ยในการกู้ยืมเงินเพื่อก่อสร้างโรงไฟฟ้า ค่าภาษี และค่าประกันภัย ค่าเสื่อมราคาหมายถึงค่าใช้จ่ายที่สูญเสียไปในแต่ละปีกับการเสื่อมสภาพของโรงไฟฟ้า เมื่อครบอายุการใช้งานของโรงไฟฟ้าซึ่งอาจกินเวลา 30-40 ปี โรงไฟฟ้าจะมีราคาน้อยกว่าเมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ ราคาที่เหลืออยู่ของโรงไฟฟ้าเรียกว่า มูลค่าซาก (Salvage value) ซึ่งมักระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของมูลค่าเริ่มต้นของโรงไฟฟ้า ผลต่างระหว่างมูลค่าเริ่มต้น (A) และมูลค่าซาก (G) เป็นค่าเสื่อมราคารวมของโรงไฟฟ้า ค่าเสื่อมราคา (D) หมายถึงเงินที่ต้องเก็บออมไว้ในแต่ละปีเพื่อชดเชยมูลค่าที่สูญเสียไปของโรงไฟฟ้า ถ้าโรงไฟฟ้ามีอายุการใช้งาน N ปี การคำนวณค่าเสื่อมราคามีสองวิธีจากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 [63] คือ

1. วิธีเส้นตรง (Staight-line method) กำหนดให้คำนวณค่าเสื่อมราคาดังนี้

$$D = \frac{A-G}{N} \quad (1)$$

ค่าเสื่อมราคาในวิธีเส้นตรงเป็นเงินทุนที่เก็บออมทุกปีแต่ไม่มีการนำเงินทุนนี้ไปลงทุนเพื่อหาดอกผล

2. วิธีกองทุนจม (Sinking-fund method)

$$D = \frac{(A-G)i}{(1-i)^N-1} \quad (2)$$

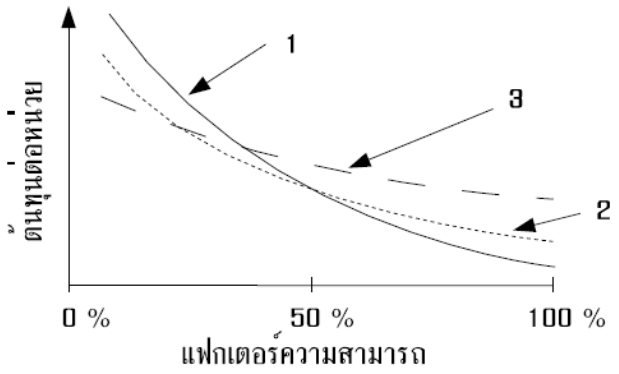
โดยที่ i คือ อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ย ค่าเสื่อมราคาในวิธีกองทุนจมเป็นเงินทุนที่เก็บออมทุกปีและมีการนำเงินทุนนี้ไปลงทุนเพื่อหาดอกผล

ในแต่ละปีค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ย ค่าภาษี และค่าประกันภัยมักระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าเรียกว่า อัตราค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed-charge rate) ซึ่งอาจจะเท่ากันหรือแตกต่างกันในแต่ละปีก็ได้

โรงไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีค่าก่อสร้างไม่เท่ากัน กล่าวคือ โรงฟ้านิวเคลียร์และโรงไฟฟ้าพลังน้ำมักมีค่าก่อสร้างสูง โรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีค่าก่อสร้างน้อยกว่า ในขณะที่โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้าดีเซลมีค่าก่อสร้างต่ำ ดังนั้นในแง่ของการลงทุน โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่คุ้มค่ากว่าโรงไฟฟ้าขนาดเล็กถ้าสามารถใช้งานโรงไฟฟ้าได้เต็มที่

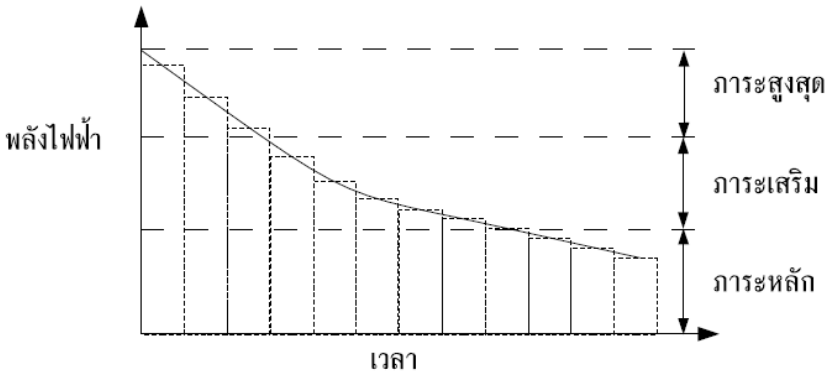
2.6.4 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าแต่ละประเภทมีโครงสร้างต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกันภาพที่ 2.6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าสามประเภท เส้นกราฟแต่ละเส้นแทนต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย โรงไฟฟ้าประเภทที่ 1 มีต้นทุนคงที่สูงแต่ตันทุนผันแปรต่ำ ตัวอย่างคือ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โรงไฟฟ้าพลังความร้อน และโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้าประเภทที่ 2 มีต้นทุนคงที่และตันทุนผันแปรต่ำปานกลาง ตัวอย่างคือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้งานมานานและได้รับการบำรุงรักษาอย่างดีแต่ก็ยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่าโรงไฟฟ้าใหม่ โรงไฟฟ้าประเภทที่ 3 มีต้นทุนคงที่ต่ำแต่ต้นทุนผันแปรสูง ตัวอย่างคือ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซและโรงไฟฟ้าดีเซล จะเห็นว่าโรงไฟฟ้าประเภทที่ 1 เหมาะกับการเดินเครื่องเต็มที่หรือตลอดเวลา (แฟกเตอร์ความสามารถสูง) โรงไฟฟ้าประเภทที่ 2 เหมาะกับการเดินเครื่องไม่เต็มที่หรือเดินเครื่องในช่วงเวลาที่ไม่นานนัก (แฟกเตอร์ความสามารถปานกลาง) และโรงไฟฟ้าประเภทที่ 3 เหมาะกับการเดินเครื่องเล็กน้อยหรือในช่วงเวลาสั้น ๆ (แฟกเตอร์ความสามารถต่ำ)



ภาพที่ 2.6 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าสามประเภท
ที่มา: สมชาติ ฉันทศิริวรรณ [63]

ดังแสดงในภาพที่ 2.7 เส้นโค้งการกระจายภาระ เส้นโค้งนี้แสดงให้เห็นว่าภาระความต้องการไฟฟ้าอาจแบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกคือ ภาระหลัก (Base load) ซึ่งมีค่าแฟกเตอร์ภาระสูงส่วนที่สองคือ ภาระเสริม (Intermediate load) ซึ่งมีค่าแฟกเตอร์ภาระปานกลาง ส่วนที่สามคือ ภาระสูงสุด (Peak load) ซึ่งมีค่าแฟกเตอร์ภาระต่ำในกรณีที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าจากตามรูปที่ 14 การเลือกใช้โรงไฟฟ้าสามประเภทผลิตไฟฟ้าร่วมกันจะส่งผลให้ต้นทุนรวมต่อหน่วยมีค่าต่ำสุด



ภาพที่ 2.7 เส้นโค้งการกระจายภาระ
ที่มา: สมชาติ ฉันทศิริวรรณ [63]

กล่าวคือ โรงไฟฟ้าประเภทที่ 1 เหมาะกับการผลิตไฟฟ้าสำหรับภาระส่วนฐานเนื่องจากภาพที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทที่ 1 มีค่าต่ำสุดเมื่อแฟกเตอร์ภาระมีค่าสูงในทำนองเดียวกันโรงไฟฟ้าประเภทที่ 2 เหมาะกับการผลิตไฟฟ้าสำหรับภาระส่วนกลางและ

โรงไฟฟ้าประเภทที่ 3 เหมาะกับการผลิตไฟฟ้าสำหรับภาระส่วนยอด โรงไฟฟ้าประเภทที่ 1, 2 และ 3 จึงเรียกว่าโรงไฟฟ้าภาระหลัก โรงไฟฟ้าภาระเสริมและโรงไฟฟ้าภาระสูงสุดตามลำดับ ซึ่งทั้งหน่วยผลิตไฟฟ้าทั้งสามหน่วยควรมีลักษณะดังนี้

โรงไฟฟ้าภาระหลักควรใช้เชื้อเพลิงราคาถูก มีค่าใช้จ่ายต่ำ และมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามค่าก่อสร้างอาจแพงและใช้เวลาก่อสร้างนาน โรงไฟฟ้าแบบนี้มักใช้พลังความร้อนที่ได้จากจากถ่านหินหรือเชื้อเพลิงนิวเคลียร์

โรงไฟฟ้าภาระเสริมควรมีขนาดเล็กกว่าโรงไฟฟ้าหลัก อาจเป็นโรงไฟฟ้าเก่าที่เคยเป็นโรงไฟฟ้าหลัก ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าภาระเสริมจะต่ำกว่าของโรงไฟฟ้าภาระหลัก นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายจะสูงกว่าเนื่องจากความต้องการการบำรุงรักษาที่มากกว่า

โรงไฟฟ้าภาระสูงสุดควรมีค่าก่อสร้างต่ำ สร้างเสร็จเร็ว แต่มักมีค่าเชื้อเพลิงและค่าใช้จ่ายสูง ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าภาระสูงสุดมักจะต่ำ แต่มันสามารถตอบสนองความต้องการไฟฟ้าได้เร็ว หน่วยผลิตไฟฟ้าแบบนี้มักทำงานด้วยกังหันก๊าซโดยใช้ก๊าซธรรมชาติ และเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้น้ำมันดีเซล เป็นที่น่าสังเกตว่าเขื่อนมีหน้าที่อื่นนอกเหนือจากผลิตไฟฟ้า จึงอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นอาจใช้เป็นโรงไฟฟ้าภาระหลัก แต่อาจเหมาะสมที่จะเป็นใช้โรงไฟฟ้าภาระสูงสุดมากกว่าซึ่งประเทศไทยก็นิยมใช้โรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นโรงไฟฟ้าภาระสูงสุด

2.6.5 อัตราค่าไฟฟ้า

ธุรกิจไฟฟ้าในประเทศไทยมีลักษณะพิเศษที่เป็นธุรกิจผูกขาด แม้ว่าการผลิตไฟฟ้าโดยภาคเอกชนมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นในปัจจุบันเมื่อเทียบกับอดีต แต่การจำหน่ายไฟฟ้ายังคงเป็นธุรกิจที่จำกัดให้รัฐวิสาหกิจสองแห่ง คือ การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การตั้งอัตราค่าไฟฟ้าโดยรัฐวิสาหกิจทั้งสองแห่งนี้มีการควบคุมโดยรัฐบาลเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

1. เพื่อให้อัตราค่าไฟฟ้าสะท้อนถึงต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด และเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าน้อยลง ในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบไฟฟ้าซึ่งจะช่วยลดการลงทุนในการผลิตและการจัดจำหน่ายไฟฟ้าได้ในระยะยาว

2. เพื่อให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีฐานะการเงินที่มั่นคง และสามารถขยายการดำเนินงานในอนาคตได้อย่างเพียงพอ

3. เพื่อให้ความเป็นธรรมแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ มากขึ้น โดยการลดการอุดหนุนค่าไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มหนึ่ง โดยผู้ใช้ไฟฟ้าอีกกลุ่ม

4. เพื่อให้การปรับอัตราค่าไฟฟ้ามีความคล่องตัว และเป็นไปโดยอัตโนมัติสอดคล้องกับราคาเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะตลาดที่มีการแข่งขันมากขึ้น

วัตถุประสงค์ทั้งสี่ประการทำให้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้ในประเทศไทยค่อนข้างซับซ้อน สามารถดูรายละเอียดได้ที่เว็บไซต์ของการไฟฟ้านครหลวง (http://www.mea.or.th) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (http://www.pea.or.th) อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจว่าโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้ามีลักษณะดังต่อไปนี้

- ผู้ใช้ไฟฟ้าถูกแบ่งเป็นเจ็ดประเภท คือ (1) บ้านอยู่อาศัย (2) กิจการขนาดเล็ก (3) กิจการขนาดกลาง (4) กิจการขนาดใหญ่ (5) กิจการเฉพาะอย่าง (หมายถึงโรงแรมและหอพัก) (6) ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร และ (7) การสูบน้ำเพื่อการเกษตร อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทอาจแตกต่างกันได้
- อัตราค่าไฟฟ้าเป็นอัตราก้าวหน้า กล่าวคือ ผู้ใช้ไฟฟ้าในปริมาณน้อยจะเสียค่าไฟฟ้าในอัตราที่ต่ำกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก
- อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งเป็นสามส่วน คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy charge) ซึ่งเป็นอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย (kWh) และค่าพลังไฟฟ้า (Demand charge) ซึ่งเป็นอัตราค่าไฟฟ้าต่อค่าภาระเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที และค่าบริการรายเดือนค่าพลังงานไฟฟ้าขึ้นกับค่าใช้จ่ายผันแปรของโรงไฟฟ้า ในขณะที่ค่าพลังไฟฟ้าจะขึ้นกับค่าใช้จ่ายคงที่
- เพื่อให้เป็นไปตามกฎของอุปสงค์และอุปทาน (Supply and demand) ค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้ามาก (Peak period) ถูกกำหนดให้สูงค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off-peak period) ช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้ามากอยู่ระหว่าง 9.00-22.00 น. ของวันจันทร์ถึงวันศุกร์
- เพื่อส่งเสริมให้ใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ได้มีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ (Time Of Use หรือ TOU) เป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้าแบบบนี้จะช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนเวลาใช้ไฟฟ้าจากช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้ามากเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าน้อยโดยไม่เปลี่ยนปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

2.7 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์สำหรับงานพลังงาน

2.7.1 ระยะเวลาคืนทุน

โครงการทุกโครงการจะต้องคำนึงระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่โครงการใช้ในการจ่ายคืนเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการ โดยระยะเวลาคืนทุนต้องน้อยกว่าอายุของโครงการหรือเครื่องจักรหลัก [66] สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (3)$$

- เงินลงทุนเริ่มต้นประกอบด้วย ค่าอุปกรณ์ ค่าติดตั้ง และค่าบริหารโครงการ เป็นต้น
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิต่อปี คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี หลังจากหักค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานและการบำรุงรักษาแล้ว

ระยะเวลาคืนทุนสำหรับโครงการประหยัดพลังงานที่ยอมรับได้ขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ ถ้ามีขนาดใหญ่และเงินลงทุนสูงระยะเวลาที่คืนทุนที่ยอมรับได้อาจจะมาก [66]

2.7.2 ผลตอบแทนการลงทุน

ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment; ROI) คือ ร้อยละของผลประหยัดสุทธิที่ได้รับตลอดอายุการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับการลงทุน สามารถคำนวณได้หลายวิธี [66] ในที่นี้ ROI คำนวณได้จากสมการที่ 4

$$\text{ROI (\%)} = \frac{\text{ผลประหยัดตลอดอายุการใช้งาน} - \text{เงินลงทุน}}{\text{เงินลงทุน}} \times 100\ \% \qquad (4)$$

วิธีนี้ลดข้อจำกัดจากการวิเคราะห์โดยใช้ระยะเวลาคืนทุน กล่าวคือ ผลตอบแทนการลงทุนจะคำนึงถึงผลประหยัดที่ได้จากคืนทุนแล้ว

2.7.3 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดพลังงานที่ได้รับแต่ละปีตลอดอายุการใช้งานของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินทุนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปี [66]

ในกรณีที่ทราบค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปีที่คงที่ (Annuity; A) เป็นเวลา n ปี แล้วต้องการแปลงเป็นมูลค่าปัจจุบันสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \tag{5}$$

ส่วนในกรณีที่ค่าใช้จ่ายต่อปีเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ (Gradient; G) เช่น ค่าบำรุงรักษา เป็นต้น เป็นเวลา n ปี สามารถแปลงให้เป็นค่าใช้จ่ายต่อปีคงที่ (Annuity; A) ได้จากสมการที่ 6 และคำนวณหาค่า NPV ได้จากสมการที่ 7

$$A = G\left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1}\right] \tag{6}$$

$$NPV = -I_o + A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \tag{7}$$

โดยที่ I_o คือ เงินลงทุนเริ่มต้น

โครงการประหยัดพลังงานที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบหรือต่ำกว่าศูนย์ จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในขณะที่โครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกยิ่งมาก ยิ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน

2.7.4 อัตราผลตอบแทนภายใน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิใช้สำหรับตัดสินใจเลือกโครงการที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ในขณะที่อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return; IRR) บอกให้ทราบผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน [66]

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราลดค่าที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์

IRR คือ i ทำให้ NPV = 0

โครงการที่มีค่า IRR มากกว่า i ที่กำหนดจะคุ้มค่าต่อการลงทุน ส่วนต่างก็คือกำไรจากการลงทุนโครงการ

อัตราผลตอบแทนภายใน สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. อัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return; EIRR) เป็นผลตอบแทนที่แท้จริงต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม คำนึงถึงต้นทุนและผลที่ได้ของทุกคนในระบบเศรษฐกิจมูลค่าของเงินลงทุน และอัตราค่าพลังงาน จะคำนวณจากมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งก็คือราคาตลาดไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม หักด้วยภาษีนำเข้าและไม่คิดอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อ ทั้งนี้เนื่องจากเงินภาษีและดอกเบี้ยเป็นเพียงเงินที่ถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยไม่มีการใช้ทรัพยากรใด ๆ จึงไม่จัดเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. อัตราผลตอบแทนภายในทางการเงิน (Fianancial Internal Rate of Return; FIRR) เป็นผลตอบแทนต่อผู้ลงทุนโครงการโดยตรง โดยมูลค่าของเงินลงทุน อัตราค่าพลังงาน จะคิดจากมูลค่าที่ผู้ลงทุนจ่ายจริง และจะคำนึงถึงอัตราดอกเบี้ย ภาษีต่าง ๆ ที่จ่ายออกไปทั้งหมด

ในงานวิจัยนี้ IRR จะหมายถึง FIRR เนื่องจากเป็นผลตอบแทนต่อผู้ลงทุนโดยตรง

2.7.5 ค่าเสื่อมราคา

ค่าเสื่อมราคา คือ ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์และเครื่องจักรตามอายุการใช้งาน ค่าเสื่อมราคาจัดว่าเป็นค่าใช้จ่ายชนิดหนึ่ง จึงนำมาลดหย่อนภาษี แต่ค่าเสื่อมราคาไม่ใช่กระแสเงินสด จึงสามารถนำกลับมารวมกับรายได้หลังหักภาษีเพื่อคำนวณกระแสเงินสดสุทธิ [66]

ในการวิจัยครั้งนี้จะคำนวณค่าเสื่อมราคาแบบวิธีเส้นตรง (Straight-line method) ซึ่งเงินลงทุนของโครงการจะกระจายในจำนวนที่เท่ากันตลอดอายุการใช้งาน ดังสมการที่ 8

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)} = \frac{I_o - S}{n} \qquad (8)$$

โดยที่ I_o คือ เงินลงทุนเริ่มต้น

S คือ มูลค่าซาก

n คือ อายุของโครงการ

ค่าเสื่อมราคาถูกกำหนดให้คงที่ จึงไม่ขึ้นตามอัตราเงินเฟ้อ ถ้ามีมูลค่าซาก มูลค่าซากจะถูกนำไปหักจากเงินลงทันเริ่มต้นก่อนจะคำนวณค่าเสื่อมราคา

2.8 การกำหนด KPI

ดร. วรภัทร์ ภู่เจริญ [67] ได้อธิบาย KPI มาจากคำว่า Key Performance Indicator คือ ตัวชี้วัด ดัชนีวัดผล เครื่องบ่งบอก และ Performance คือ สมรรถะ ขีดความสามารถ สิ่งที่แสดงออก ผลดำเนินงาน ดังนั้น Performance Indicator คือตัวชี้วัดผลดำเนินการ หรือคือ ดัชนีวัดผลงาน Performancer Indicator ในการบริหารงานนั้นถ้าเราเลือกตัวที่เด่น ๆ จำเป็น สำคัญ ๆ ออกมาก็จะเรียกว่า KPI ซึ่งเป็นการวัดผล ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมใช้ได้ในทุกองค์กร KPI แตกต่างกันไปตามประเภทของธุรกิจ กิจกรรม ยุทธศาสตร์ บางครั้งอาจใช้คำว่า KSI ซึ่งหมายถึง Key Success Indicator (ดัชนีวัดความสำเร็จที่สำคัญ) KPI มักเป็นไปตามลักษณะของผังก้างปลาหรือรากไม้ นั่นคือหัวปลา เป็น KPI ระดับหัวปลา และแตกแขนงกิ่งก้านออกไป ก็จะเป็น KPI ย่อย ๆ KPI ระดับหัวปลาจึงเป็น KPI ที่ผู้บริหารระดับสูงจะนำมาศึกษาและพิจารณา KPI ที่แตกออกไปก็จะลดหลั่นกันลงไปตามขั้น KPI เป็นตัวสะท้อนว่ากิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กร ได้เป็นไป ตามแผน ตามยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ที่วางไว้หรือไม่ การชี้วัด ของผู้บริหารจะขึ้นอยู่กับมุมมอง ความสนใจ และนโยบาย การที่ผู้บริหารมีมุมมองครบทั้ง 4 ด้าน คือ กระบวนการภายใน การเงิน ลูกค้า การเรียนรู้ซึ่งการใช้ KPI เพื่อศึกษาและพิจารณาทั้ง 4 มุมมอง ก็คือ BSC (Balanced Scorecard)

KPI แบ่งตามวัตถุประสงค์จะใช้เพื่อ ดูผลการดำเนินงาน ติดตามโครงการและเพื่อเตือนภัย

KPI แบ่งตามลักษณะการวัด เช่น เชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ เชิงความคืบหน้า และเชิงพฤติกรรม

การกำหนด KPI จะแบ่งออกเป็น 5 แนวทางดังนี้

แนวทางที่ 1 มีการกำหนดวิสัยทัศน์ และกลยุทธ์ออกมาก่อนแล้วจึงกำหนด KPI

แนวทางที่ 2 ใช้หลักการของ Balance Scorecard หรือ BSC มาเป็นตัวนำทาง

แนวทางที่ 3 ใช้หลักการของ Critical Success Factors ย่อว่า CSF คือ ปัจจัยความสำเร็จขั้นวิกฤติมาเป็นตัวนำทาง

แนวทางที่ 4 ใช้หลักการของ Key Result Areas ย่อว่า KRA มาเป็นตัวนำทาง

แนวทางที่ 5 ระดมสมองหาตัวขับดัน หรือตัว Drives ที่สำคัญ หรืออาจจะเป็นสมรรถนะที่สำคัญ หรือตัวสมรรถนะหลัก โดยการพิจารณาระบบงานในองค์กร

2.9 การกำหนดเป้าหมายในตัวชี้วัด

การกำหนดเป้าหมายในตัวชี้วัดจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1 การกำหนดเป้าหมายในรูปแบบสัมพันธ์ (Comparative target)

รูปแบบที่ 2 การกำหนดเป้าหมายในรูปแบบสัมบูรณ์ (Complete target)

การกำหนดเป้าหมายนั้นที่องค์กรต้องทราบก่อน คือ ผลการปฏิบัติงานที่สามารถปฏิบัติได้เดิม (Base line data) เพราะหากไม่รู้ว่าผลการปฏิบัติงานในปัจจุบันขององค์กรว่าเป็นอย่างไร ก็ไม่มีทางกำหนดเป้าหมายที่สมเหตุสมผลได้เลย การกำหนดเป้าหมายที่สูงเกินไปและไม่มีวิธีที่จะทำให้ผลการปฏิบัติงานบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ก็จะทำให้กำลังใจของพนักงานและบุคลากรภายในองค์กรถดถอยลง ดังนั้นการกำหนดเป้าหมายสูง ๆ ที่เป็นไปไม่ได้ไม่มีแนวทางที่ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าจะทำให้ผลการปฏิบัติงานบรรลุผลการปฏิบัติงานได้ ดังนั้นองค์กรจะมีแค่ตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงานนั้นไม่เพียงพอ แต่ต้องมีระดับเป้าหมายที่มีความท้าทายต่อการปฏิบัติงานด้วยและไม่มีควรมีเป้าหมายที่สูงเกินความสามารถ หรือต่ำเกินไปไม่ท้าทาย และก่อนที่จะกำหนดระดับเป้าหมายในตัวชี้วัดนั้น ๆ ควรจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงานในปัจจุบันก่อนแล้วจึงค่อยมากำหนดระดับเป้าหมายผลการปฏิบัติงาน สำหรับองค์กรที่เริ่มนำ BSC ไปใช้จะมีแนวทางดังนี้

การกำหนดตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงาน แล้วค่อย ๆ รวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดระดับเป้าหมายในภายหลัง หากไม่มีการเก็บข้อมูลการปฏิบัติงานได้เลย ก็ให้กำหนดตัวชี้วัดผลการปฏิบัติงานโดยไม่ต้องกำหนดระดับเป้าหมาย แต่กำหนดให้มีการบันทึกข้อมูลดิบ เพื่อประมวลผลแบบวันต่อวัน สัปดาห์ต่อสัปดาห์ หรือเดือนต่อเดือน หลังจากนั้นจึงกำหนดเป้าหมาย ติดตาม และทบทวนเป้าหมายตามความเหมาะสม

กำหนดระดับตัวชี้วัดจากงบการเงินที่คาดหวัง ตัวชี้วัดแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเหตุและผล โดยพิจารณาจากงบกำไร ขาดทุนหรือผลประกอบการ

การกำหนดระดับเป้าหมายตามแนวคิดของ BSC นั้นมีแนวทางในการกำหนดระดับเป้าหมายหลากหลายรูปแบบดังนี้

การกำหนดเป้าหมายเป็นจุดหรือระดับที่ชัดเจน จะเป็นระดับที่คาดหวังเพียงค่าเดียว การกำหนดเป้าหมายลักษณะนี้จะง่ายในการประมวลผลและแสดงผล

การกำหนดเป้าหมายแบบช่วง เป็นที่นิยมแต่การประมวลผลล่าช้า อาจจะใช้ระบบสารสนเทศและเทคโนโลยีช่วยในการแสดงผล

การกำหนดเป้าหมายแบบก้าวกระโดด เป็นการกำหนดเป้าหมายที่มีความแตกต่างจากระดับผลการปฏิบัติงานเดิมอย่างมาก มีการก้าวกระโดดของผลการปฏิบัติงาน การกำหนดเป้าหมายแบบนี้จะมีแผนในการปรับปรุง หรือแผนนวัตกรรมที่สำคัญออกมารองรับ

การกำหนดเป้าหมายตามฤดูกาล จะต้องคำนึงถึงอิทธิพลของฤดูกาล เป้าหมายที่กำหนดอาจจะแปรไปตามไตรมาส

2.10 แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573)

การอนุรักษ์พลังงานในแผนงานมีความหมาย 2 นัย คือ (1) การประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และ (2) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งหมายถึง การทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ ไม่ว่าจะเป็นการส่องสว่าง การทำน้ำร้อน การทำความเย็น การขนส่ง หรือการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิต การอนุรักษ์พลังงานมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายครัวเรือน การลดต้นทุนการผลิตและบริการ การลดการเสียดุลการค้าและการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ตลอดจนการลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น การอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นนโยบายที่สำคัญของรัฐบาลเรื่อยมา โดยเฉพาะตั้งแต่การประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2535 โดยได้มีการจัดทำแผนการใช้จ่ายเงินกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงระยะเวลา 5 ปี มาแล้ว 3 ระยะ อย่างไรก็ตามเนื่องจากรัฐบาลเล็งเห็นว่า ในอนาคตปัญหาเรื่องราคาพลังงาน การแย่งชิงทรัพยากรพลังงานระหว่างประเทศ ปัญหาสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นผลพวงของการผลิตและใช้พลังงาน จะเป็นปัญหาที่จะมีความรุนแรงยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน และความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ ผู้นำรัฐบาลได้ให้สัตยาบันต่อผู้นำกลุ่มประเทศความร่วมมือทางเศรษฐกิจภาคพื้นเอเชียแปซิฟิก (เอเปค) เมื่อปี 2550 ว่าจะร่วมกันส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้สำหรับปี 2573 (ค.ศ. 2030) กระทรวงพลังงาน จึงได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานระยะ 20 ปี (2554-2573) [68] ขึ้นทั้งนี้ เพื่อกำหนดแนวนโยบายและแนวทางการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานของประเทศในระยะยาวซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการจัดทำแผน 2 ประการ ดังนี้

(1) เพื่อกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานของประเทศในระยะสั้น 5 ปี และระยะยาว 20 ปี ทั้งในภาพรวมของประเทศ และในรายภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ ภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคอาคารธุรกิจ และภาคบ้านอยู่อาศัย

(2) เพื่อกำหนดยุทธศาสตร์และแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานที่ตั้งไว้ตามข้อ (1) รวมทั้งกำหนดมาตรการและแผนงานเพื่อเป็นกรอบในการจัดทำแผนปฏิบัติการการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สรุปสาระสำคัญของแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี

1. มีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy intensity) ลง 25% ในปี 2573 เมื่อเทียบกับปี 2548 และลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (Final energy) ลง 20% ในปี 2573 หรือประมาณ 30,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe)

2. ภาคเศรษฐกิจที่จะต้องมีการอนุรักษ์พลังงานมากที่สุดคือ ภาคขนส่ง (13,300 ktoe ในปี 2573) และภาคอุตสาหกรรม (11,300 ktoe ในปี 2573)

3. จะทำให้ค่า Energy elasticity (อัตราส่วนของอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานต่อการเติบโตของ GDP) ลดลงจากค่าเฉลี่ยเมื่อ 20 ปีที่ผ่านมาคือ 0.98 เหลือ 0.7 ใน 20 ปีข้างหน้า

4. จะก่อให้เกิดผลการประหยัดพลังงานสะสมเฉลี่ย 14,500 ktoe ต่อปี คิดเป็นมูลค่า 217,700 ล้านบาทต่อปี และหลีกเลี่ยงการปล่อย CO_2 สะสมเฉลี่ย 48 ล้านตันต่อปี

5. จะมีมาตรการทั้งภาคบังคับด้วยกฎระเบียบกับภาคการสนับสนุน และส่งเสริม โดยภาคบังคับที่สำคัญ คือ การบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2550 และการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำและฉลากประสิทธิภาพพลังงาน ส่วนภาคการสนับสนุนและส่งเสริมที่สำคัญ คือ การให้เงินอุดหนุนเพื่อชดเชยผลประหยัดพลังงานที่ตรวจพิสูจน์หรือประเมินได้ (Standard Offer Program หรือ SOP)

6. จะเน้นมาตรการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางตลาด (Market transformation) และพฤติกรรมของผู้ใช้พลังงาน โดยการบังคับให้ติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์/เครื่องใช้ อาคาร และยานยนต์ เพื่อให้ผู้บริโภคมีทางเลือก

7. จะมีการบังคับให้ธุรกิจพลังงานขนาดใหญ่ เช่น ธุรกิจไฟฟ้า น้ำมันและก๊าซ ต้องดำเนินมาตรการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้กับผู้ใช้พลังงานตามมาตรฐานขั้นต่ำ (Energy Efficiency Resource Standard หรือ EERS) แทนการดำเนินการแบบสมัครใจในอดีต

8. จะมีมาตรการช่วยเหลือทั้งด้านการเงินและเทคนิคสำหรับผู้ประกอบการรายย่อย เช่น SMEs โดยเฉพาะการให้เงินอุดหนุนผ่าน Standard Offer Program (SOP) และการให้ความช่วยเหลือทางเทคนิคผ่าน Energy Efficiency Resource Standard (EERS)

9. เนื่องจากในอนาคตการใช้ยานยนต์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แผนนี้ จึงมีมาตรการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง เช่น การบังคับติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงาน การบังคับเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ และการใช้มาตรการทางภาษี เป็นต้น

10. จะมีการกระจายภาระความรับผิดชอบด้านการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสู่ภาคส่วนต่างๆ ของสังคมมากขึ้น โดยให้ภาคเอกชนเป็นหุ้นส่วนที่สำคัญ และการเพิ่มบทบาทขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น รวมทั้งการให้หน่วยงานภาครัฐแสดงบทบาทเป็นแบบอย่างที่ดี ในการอนุรักษ์พลังงาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดการใช้พลังงานของโรงไฟฟ้ากระบี่ โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานโดยประยุกต์แผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอน ของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกา ดังภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย โดยมีเป้าหมายหลักและตัวชี้วัดผลสำเร็จการดำเนินแผนงานวิศวกรรมคุณค่า (VE Job plan) แต่ละขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 3.1 เป้าหมายหลักและตัวชี้วัดผลสำเร็จการดำเนินแผนงานวิศวกรรมคุณค่า

ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตารางที่ 3.1 เป้าหมายหลักและตัวชี้วัดผลสำเร็จการดำเนินแผนงานวิศวกรรมคุณค่า

ขั้นตอน	เป้าหมายหลัก (KRA)	ตัวชี้วัดผลสำเร็จ (KPI)
1. การรวบรวมข้อมูล	รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนแต่ละระบบ	ได้ข้อมูลการใช้พลังงานแต่ละระบบครบทุกระบบ
2. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน	วิเคราะห์การใช้พลังงาน โดยการใช้พลังงานบนพื้นฐานหน้าที่หลัก	ได้ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานบนพื้นฐานหน้าที่หลัก
3. การสร้างสรรค์ความคิด	ระดมความคิดเห็นและประเมินร่วมกับคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่า ในขั้นตอนนี้จะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อหาจุดที่จะลดการใช้พลังงาน	ได้มาตรการ การลดการใช้พลังงานที่มีความเป็นไปได้ทั้งด้านพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน
4. การประเมินผล	ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์	ได้ข้อมูลการลดการใช้พลังงานและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละมาตรการ
5. การพัฒนาความคิด	เขียน Timeline โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ ขั้นตอนการปฏิบัติ ระยะเวลา และผู้รับผิดชอบ	ได้ Timeline โดยมีรายละเอียด ขั้นตอนการปฏิบัติ ระยะเวลา และผู้รับผิดชอบ
6. การนำเสนอ	นำเสนอผู้บริหาร	ได้นำเสนอผู้บริหาร

3.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานของโรงไฟฟ้ากระบี่ การรวบรวมข้อมูลจะทำให้ทราบถึงพื้นฐานการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการ จะส่งผลกับการวิเคราะห์ รวมทั้งการออกความเห็นเพื่อการปรับปรุงกระบวนการ ข้อมูลเหล่านี้ ได้จากการวัดโดยตรงส่วนหนึ่ง และจากฐานข้อมูลการผลิตย้อนหลังส่วนหนึ่ง แบ่งเป็นข้อมูลทางด้านไฟฟ้า และข้อมูลทางด้านความร้อน

3.1.1 ข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า

ข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านไฟฟ้ามีดังนี้

- ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมย้อนหลังเพื่อนำมาพิจารณาพฤติกรรมการใช้ในอดีตที่ผ่านมาระบบผลิต รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบอัดอากาศ รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษาและข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบปรับอากาศ รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษาและข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบแสงสว่าง รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.1.2 ข้อมูลด้านพลังงานความร้อน

ข้อมูลที่ต้องการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านความร้อนมีดังนี้

- ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงย้อนหลังเพื่อนำมาพิจารณาหาแนวโน้มการใช้พลังงาน
- ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการใช้ปริมาณความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการสูญเสียความร้อนในระบบผลิต

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้ากระบี่ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Microsoft excel) ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผลตรวจวัดค่าพลังงานในระบบต่าง ๆ ทั้งทางด้านไฟฟ้า และทางด้านความร้อนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการจำแนกออกเป็นการใช้พลังงานในแต่ละระบบ และการใช้พลังงานในแต่ประเภทอุปกรณ์ ซึ่งจะทำให้เข้าใจว่าแต่ละกระบวนการ พลังงานแต่ละชนิดทำหน้าที่อย่างไร โดยรายละเอียดของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

ข้อมูลทางไฟฟ้า แบ่งออกเป็น

- ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต

- ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละประเภทอุปกรณ์ ได้แก่
    - ไฟฟ้าแสงสว่าง
    - เครื่องอัดอากาศ
    - ระบบปรับอากาศ
    - มอเตอร์

ข้อมูลทางความร้อน แบ่งออกเป็น

- ข้อมูลการใช้ความร้อนในระบบผลิต
- ข้อมูลของความร้อนสูญเสียในระบบผลิต
- ข้อมูลของความร้อนสูญเสียความร้อนของอุปกรณ์ผลิตความร้อนและใช้ความร้อน

3.3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด

การระดมความคิดเห็นและประเมินโดยร่วมกับคณะทำงานของโรงไฟฟ้า เพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงานและมาตรการ ที่คณะทำงานมีความเห็นว่าเป็นไปได้ ในขั้นตอนนี้คณะทำงานจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อหาจุดที่จะลดการใช้พลังงาน โดยนำข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้ามาพิจารณาร่วม

3.4 ขั้นตอนการประเมินผล

ศึกษามาตรการวิเคราะห์ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาผลการลดการใช้พลังงานและผลตอบแทนการลงทุน (ROI) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) กรณีที่ต้องมีการลงทุนในมาตรการนั้น

3.5 ขั้นตอนการพัฒนาความคิด

คณะทำงานจะต้องพิจารณาถึงแนวทางการปฏิบัติงานในลักษณะ Timeline โดยต้องมีรายละเอียดดังนี้คือ เวลาและขั้นตอนการปฏิบัติผู้รับผิดชอบ เพื่อเข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจน

3.6 ขั้นตอนการนำเสนอ

นำเสนอผู้บริหารเพื่อหามาตรการที่มีศักยภาพในการดำเนินการ โดยควรมีรูปแบบการนำเสนอที่เข้าใจง่ายแสดงถึงประโยชน์ที่จะได้รับ แสดงตัวเลขการประหยัดพลังงานที่ชัดเจน เพื่อประกอบการตัดสินใจว่าควรมีการลงทุนหรือไม่ ถ้ามีการลงทุนมีระยะเวลาคืนทุนเมื่อไหร่

3.7 การดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ

นำสู่การดำเนินการปฏิบัติตามแผนงานในส่วนของมาตรการที่ผ่านความเห็นชอบและได้รับการอนุมัติแล้วจากผู้บริหาร

3.8 การประเมินผลกิจกรรม

วิเคราะห์และประเมินผลการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการที่ได้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.9 การเขียนรายงาน

เป็นการนำผลจากการดำเนินงานมารวบรวมและสรุปข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ จัดรูปแบบ เขียนรายงาน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อลดการใช้พลังงานของโรงไฟฟ้ากระบี่ โดยดำเนินการจัดตั้งคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน อบรมคณะทำงานและอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้อง ก่อนการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

4.3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด

4.4 ขั้นตอนการประเมินผล

4.5 ขั้นตอนการพัฒนาความคิด

4.6 ขั้นตอนการนำเสนอ

4.7 การดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ

4.8 การประเมินผลกิจกรรม

การจัดตั้งคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานและการอบรม

คณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานสำหรับงานวิจัยนี้ จัดตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ โดยมีวัตถุประสงค์และหน้าที่รับผิดชอบ ดังนี้

1. เข้าอบรมสัมนาเชิงปฏิบัติการ (Work Shop Seminar; WSS) เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิด วิศวกรรมคุณค่ากับการลดพลังงานและขั้นตอนการดำเนินงานโครงการศึกษาวิจัย

2. สื่อสาร ถ่ายทอดความรู้แนวความคิดวิศวกรรมคุณค่ากับการลดพลังงานและขั้นตอนการดำเนินงานโครงการศึกษาวิจัย

3. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนแต่ละระบบ

4. วิเคราะห์การใช้พลังงานแต่ละระบบและการใช้พลังงานแต่ละประเภทอุปกรณ์

5. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยสังเขปร่วมกัน ซึ่งคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อหาจุดที่คาดว่าจะลดการใช้พลังงานได้

6. ศึกษามาตรการที่เป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์และจัดลำดับความสำคัญแต่ละมาตรการ

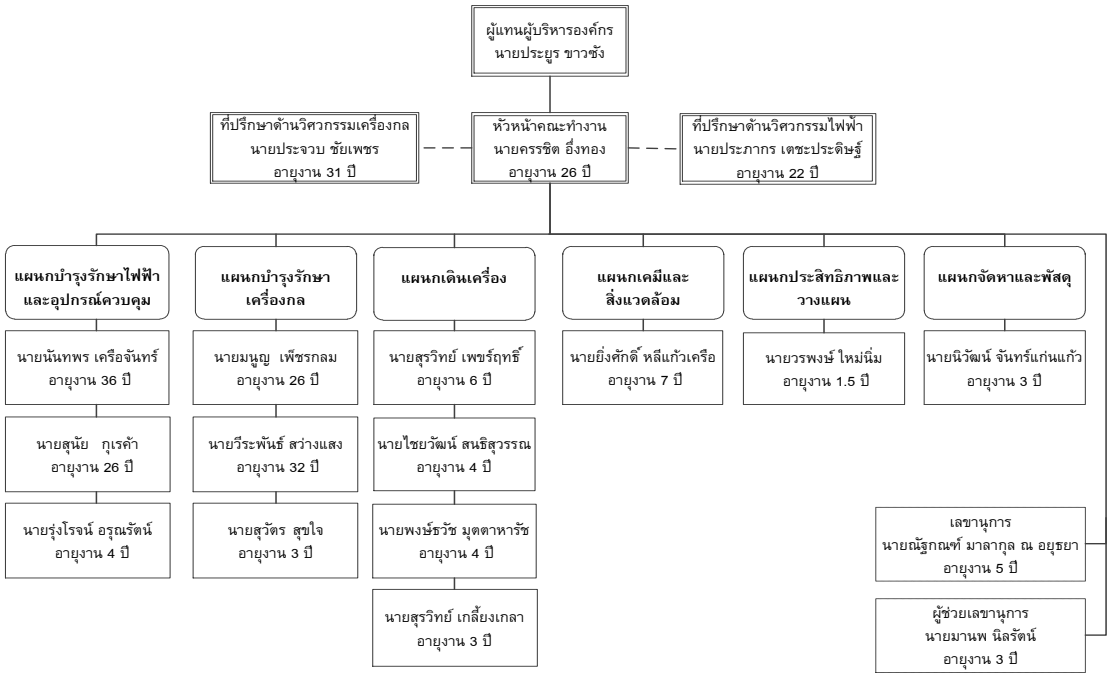
7. ร่วมพัฒนาความคิด พิจารณาถึงต้นทุนประมาณการและเขียน Timeline โดยมีรายละเอียด ขั้นตอนการปฏิบัติและผู้รับผิดชอบ

8. นำเสนอผลการดำเนินงานศึกษาวิจัยต่อผู้บริหาร เพื่ออนุมัติมาตรการที่สามารถทำได้

9. ดำเนินการมาตรการที่ได้รับอนุมัติ

10. ติดตามผล วิเคราะห์และประเมินผลการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการ

ประกอบด้วยสมาชิกจากหลายแผนก ที่ปรึกษาทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลและทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 4.1 โครงสร้างคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน

การอบรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. การอบรมสำหรับคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าโรงไฟฟ้า

อบรมโดยผู้รับผิดชอบพลังงานประจำโรงไฟฟ้า และผู้วิจัย เพื่อเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้ในการสำรวจการใช้พลังงาน การคิดมาตรการ การปรับปรุง และการติดตามผลการ

ปรับปรุง โดยกำหนดระยะการฝึกอบรม 2 วัน เป็นการอบรมภาคทฤษฎีและการกรณีตัวอย่างเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า 1 วันในห้องเรียน อีก 1 วันเป็นการลงมือปฏิบัติจริง เป็นการดำเนินการนำหลักการที่เรียนรู้ไปใช้งานจริง โดยการสำรวจการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า ณ สถานที่ทำงานจริง

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

- เพื่อให้คณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าเข้าใจและปลูกฝังแนวความคิดวิศวกรรมคุณค่า และขั้นตอนการดำเนินงานต่าง ๆ
- เพื่อถ่ายทอดประสบการณ์ประหยัดพลังงานจริงให้แก่ผู้เข้าร่วมการอบรม
- เพื่อให้ผู้ร่วมเข้าอบรมได้มีโอกาสทดลองและประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมคุณค่าในการทำกรณีศึกษา
- เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้เกิดการเรียนรู้ด้านการระดมสมอง เพื่อให้เกิดทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

2. การอบรมสำหรับพนักงานทั่วไปที่เกี่ยวข้อง

อบรมโดยผู้รับผิดชอบพลังงานประจำโรงไฟฟ้าและผู้วิจัย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า โดยจะดำเนินการอบรมพนักงานทุกแผนกที่เกี่ยวข้อง เป็นการอบรมแบบเชิงรุก โดยผู้อบรมจะไปดำเนินการอบรมยังจุดกลุ่มเป้าหมาย

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

- เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการลดการใช้พลังงาน

4.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

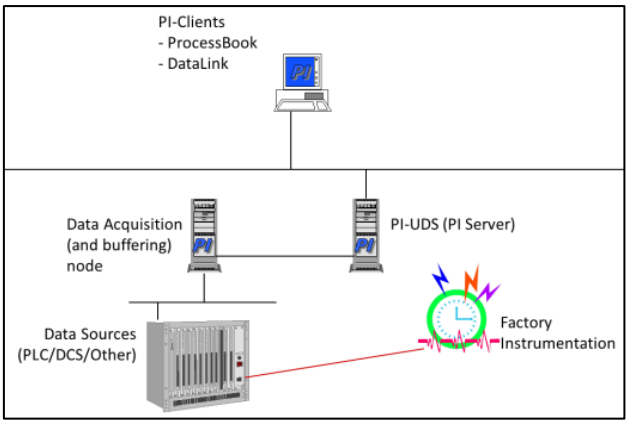
ดำเนินการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน จุดประสงค์เพื่อจะได้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงาน และข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวน ซึ่งจะได้นำข้อมูลต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในขั้นตอนต่อ ๆ ไป เพื่อการออกความเห็นนำไปสู่การเสนอมาตรการต่าง ๆ ในการปรับปรุงกระบวนการให้มีการใช้ประสิทธิภาพพลังงานให้ดียิ่งขึ้น การเก็บข้อมูลจะจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงภาระโหลด คือ 100 MW (29% กำลังผลิต) 170 MW (50% กำลังผลิต) และ 340 MW (100% กำลังผลิต) ค่าบวกลบ 0.5 ข้อมูลในตารางที่ 4.1 แสดงสัดส่วนการเดินเครื่องผลิตกรแสไฟฟ้า เนื่องจากปกติ

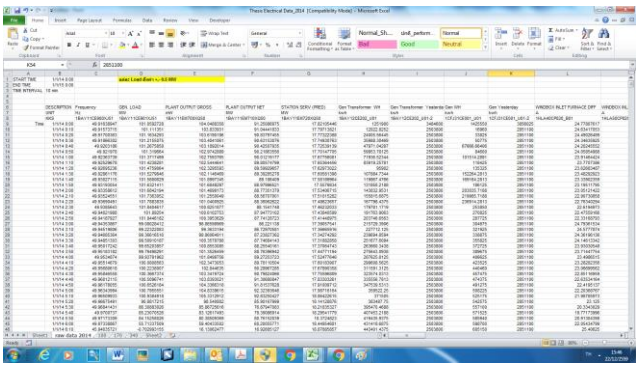
โรงไฟฟ้าถูกสั่งการให้เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าใน 3 ช่วงภาระโหลดนี้โดยศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ

การเก็บข้อมูลจะนำมาจากระบบ Plant Information และระบบฐานข้อมูลการผลิตต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 Plant Information System และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล ในภาพที่ 4.3 ฐานข้อมูลการผลิตและตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล ในภาพที่ 4.4 ระบบสารสนเทศ (E-Logsheet) และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล ระบบสารสนเทศด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ. และการวัดโดยตรงส่วนหนึ่ง โดยเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งมีการเดินเครื่องมากที่สุด

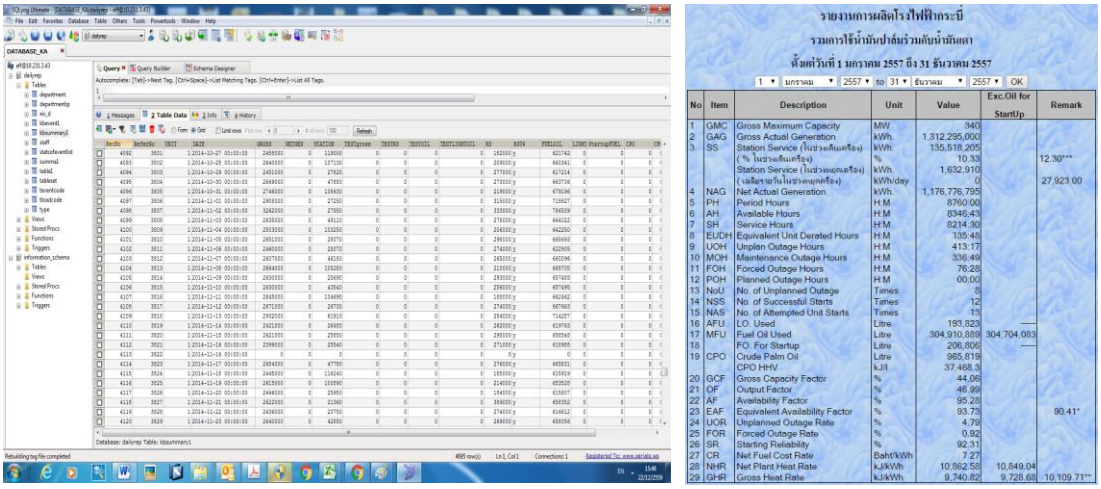
ตารางที่ 4.1 สัดส่วนการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า

กำลังผลิต (MW)	ตัวอย่างข้อมูล (10 นาที/ตัวอย่าง)	สัดส่วนเดินเครื่อง (%)
100	7,980	52
170	5,557	37
340	1,706	11





ภาพที่ 4.2 Plant Information System และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล



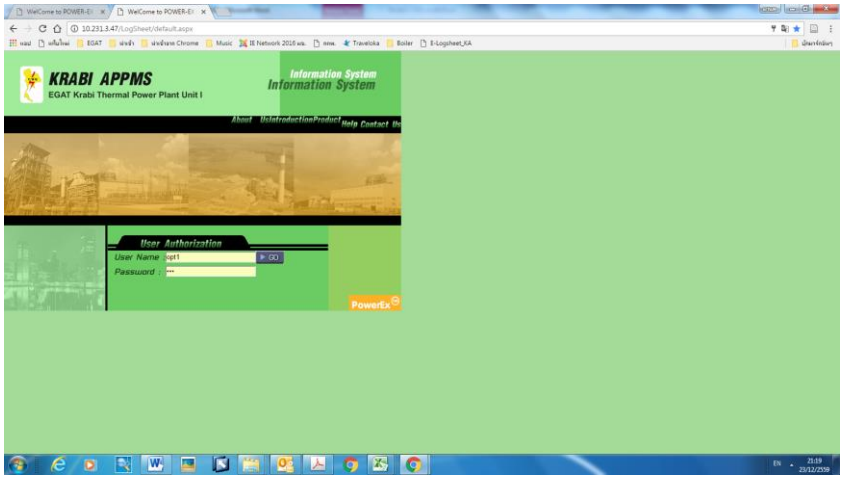
รายงานการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่

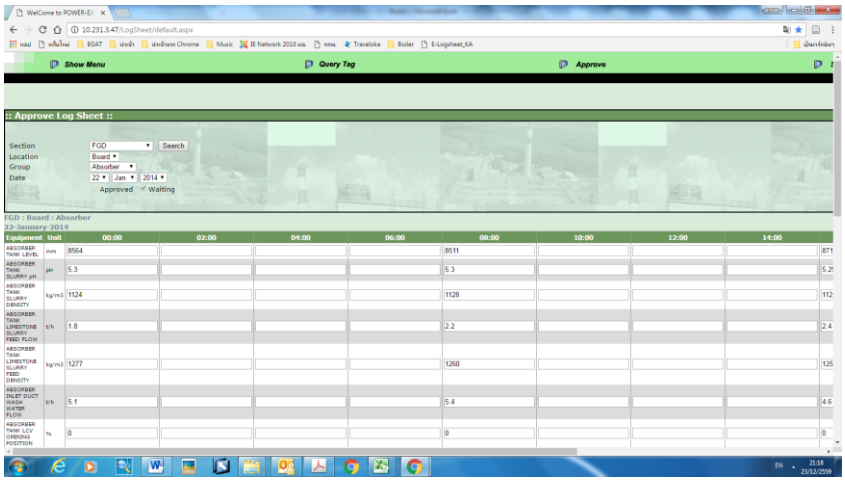
รวมการใช้น้ำมันปาล์มร่วมกับน้ำมันดา

ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2557 ถึง 31 ธันวาคม 2557

No	Item	Description	Unit	Value	Exc.Oil for StartUp	Remark
1	GMC	Gross Maximum Capacity	MW	340		
2	GAG	Gross Actual Generation	kWh	1,312,295,000		
3	SS	Station Service (ไม่ร่วมกับเครื่อง)	kWh	135,518,205		
		(% ไม่ร่วมกับเครื่อง)	%	10.33		12.30***
		Station Service (ไม่ร่วมกับเครื่อง)	kWh	1,632,910		
		(เฉลี่ยรายวันไม่ร่วมกับเครื่อง)	kWh/day	0		27,923.00
4	NAG	Net Actual Generation	kWh	1,176,776,795		
5	PH	Period Hours	H:M	8760:00		
6	AH	Available Hours	H:M	8346:43		
7	SH	Service Hours	H:M	8214:30		
8	EUDH	Equivalent Unit Derated Hours	H:M	135:48		
9	UOH	Unplan Outage Hours	H:M	413:17		
10	MOH	Maintenance Outage Hours	H:M	336:49		
11	FOH	Forced Outage Hours	H:M	76:28		
12	POH	Planned Outage Hours	H:M	00:00		
13	NoU	No. of Unplanned Outage	Times	5		
14	NSS	No. of Successful Starts	Times	12		
15	NAS	No. of Attempted Unit Starts	Times	13		
16	AFU	LO Used	Litre	193,823	----	
17	MFU	Fuel Oil Used	Litre	304,910,889	304,704,083	
18		FO For Startup	Litre	206,806	----	
19	CPO	Crude Palm Oil	Litre	965,819		
		CPO HHV	kJ/l	37,468.3		
20	GCF	Gross Capacity Factor	%	44.06		
21	OF	Output Factor	%	46.99		
22	AF	Availability Factor	%	95.28		
23	EAF	Equivalent Availability Factor	%	93.73		90.41*
24	UOR	Unplanned Outage Rate	%	4.79		
25	FOR	Forced Outage Rate	%	0.92		
26	SR	Starting Reliability	%	92.31		
27	CR	Net Fuel Cost Rate	Baht/kWh	7.27		
28	NHR	Net Plant Heat Rate	kJ/kWh	10,862.58	10,849.04	
29	GHR	Gross Heat Rate	kJ/kWh	9,740.82	9,726.68	10,109.71**

ภาพที่ 4.3 ฐานข้อมูลการผลิตและตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล





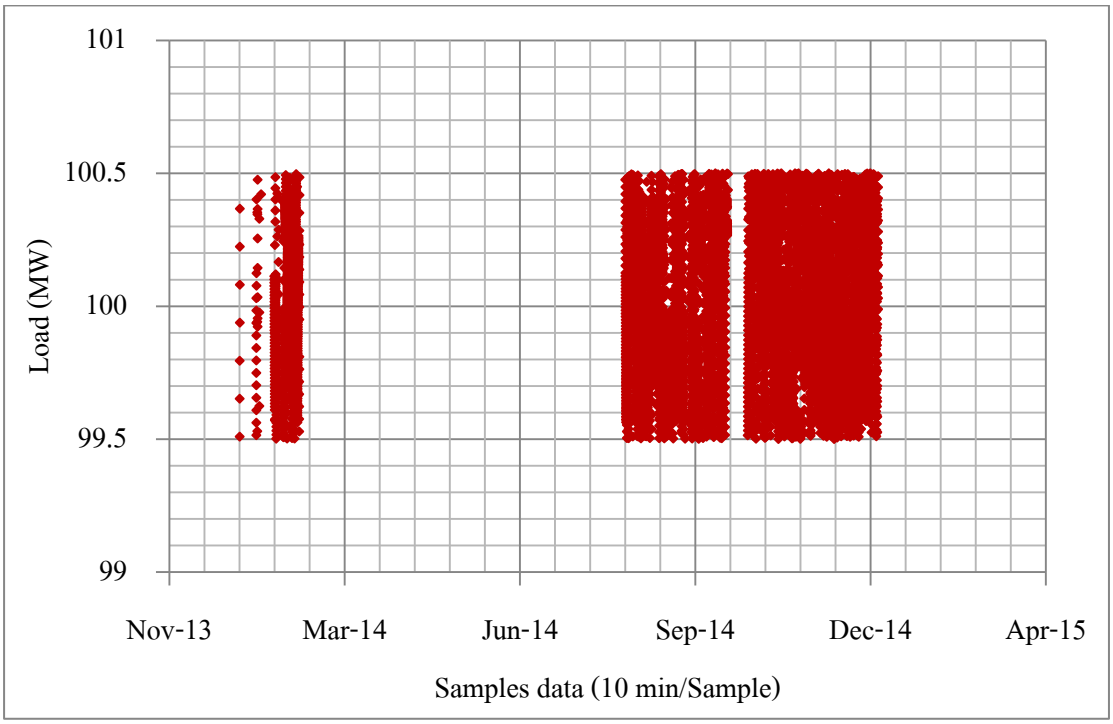
ภาพที่ 4.4 ระบบสารสนเทศ (E-Logsheet) และตัวอย่างภาพหน้าเก็บข้อมูล

จากภาพที่ 4.5 แสดงข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 100 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 7,980 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

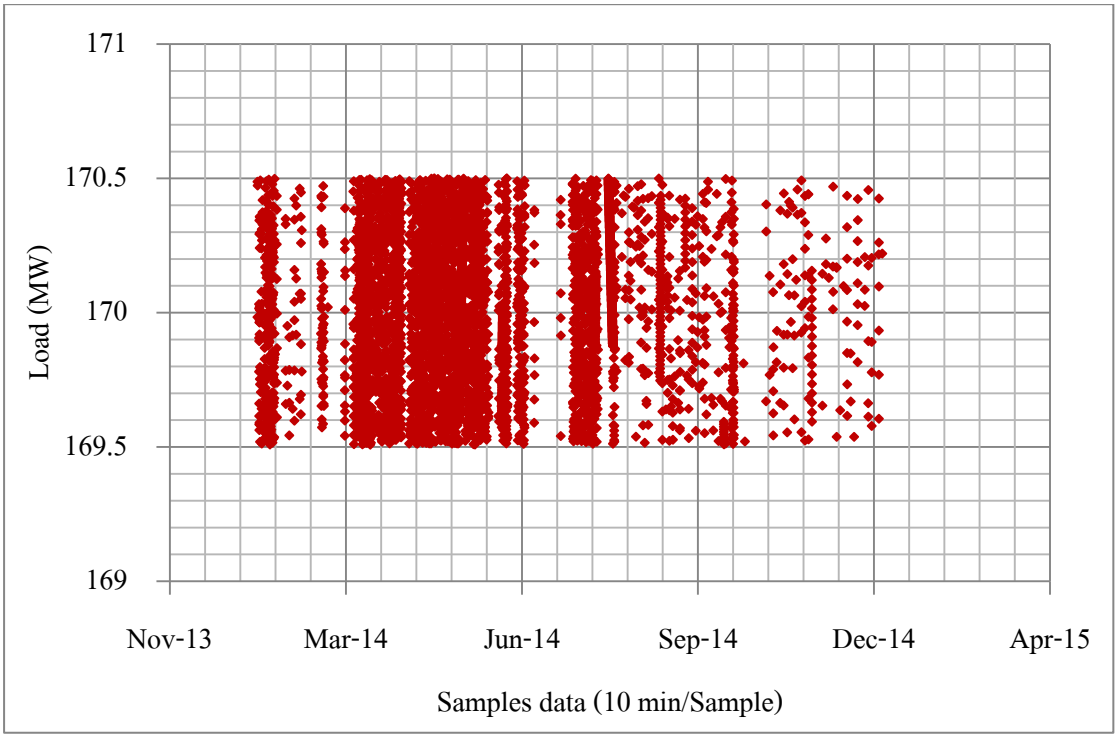
จากภาพที่ 4.6 แสดงข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 170 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 5,557 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

จากภาพที่ 4.7 แสดงข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 340 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 1,706 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

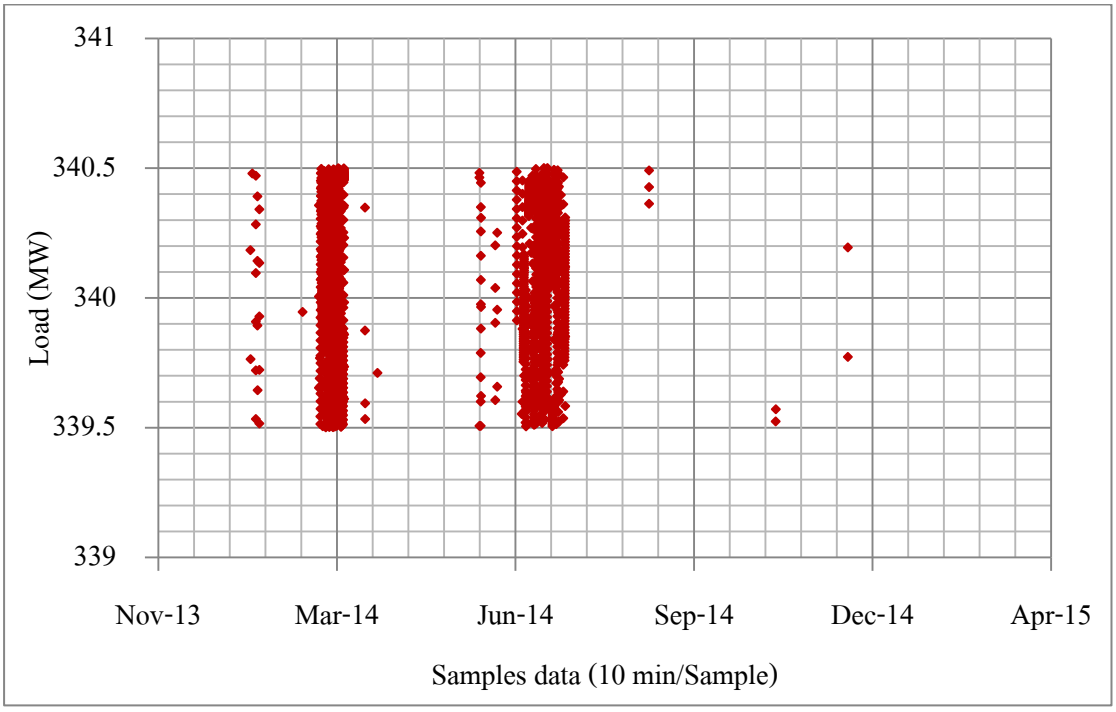
ส่วนข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากระบบฐานข้อมูลการผลิตจะแบ่งเป็นข้อมูลทางด้านไฟฟ้าและข้อมูลทางด้านความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 4.8 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงาน รวมทั้งหมดในปี 2557 ซึ่งโรงไฟฟ้าเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุดถึง 93.77% ในรอบ 1 ปี และเป็นปีที่เดินเครื่องมากที่สุดตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องเชิงพาณิชย์ (COD) มาในปี 2547



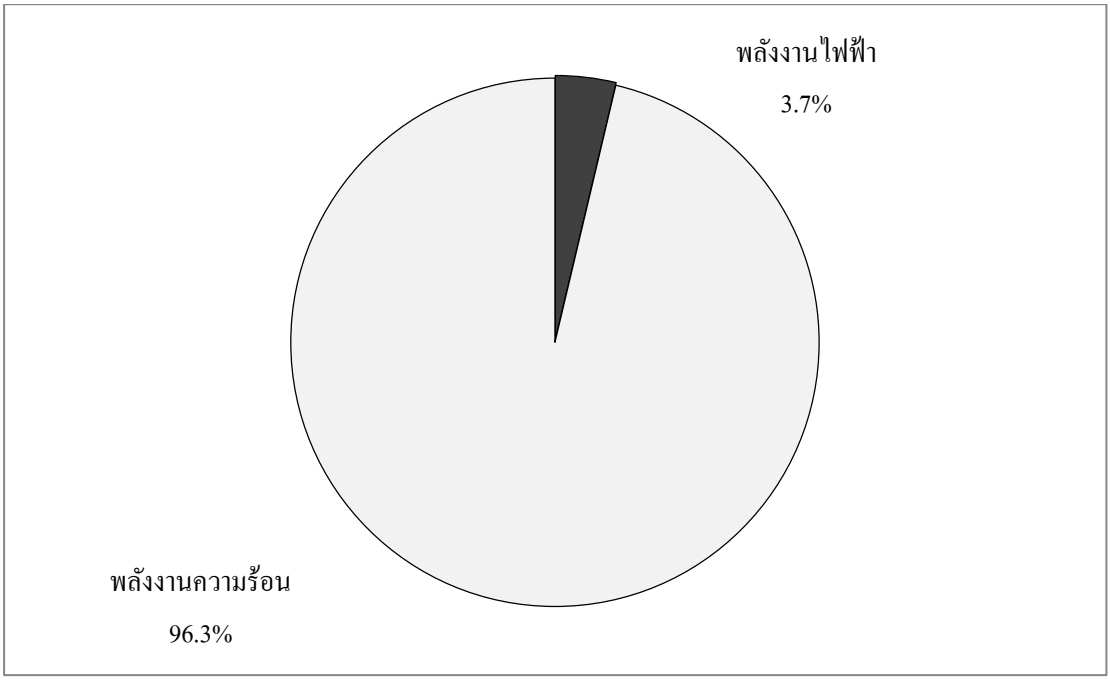
ภาพที่ 4.5 เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 100 MW 7,980 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.6 เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 170 MW 5,557 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.7 เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 340 MW 1,706 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.8 สัดส่วนการใช้พลังงาน

4.1.1 ข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า

ดำเนินการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านพลังงานไฟฟ้า มีดังนี้

- ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมย้อนหลังเพื่อนำมาพิจารณาหาแนวโน้มการใช้พลังงานและนำมาพิจารณาพฤติกรรมการใช้ในอดีตที่ผ่านมาดังตารางที่ 4.2
- ระบบผลิต รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบอัดอากาศ รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบปรับอากาศ รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ระบบแสงสว่าง รวบรวมข้อมูล จำแนกขนาดที่จะทำการศึกษา และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า ปี 2557 แสดงข้อมูลภาพรวมการใช้พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูลของกำลังผลิต Output Factor Service Hours ปริมาณผลิต (Net) ไฟฟ้าที่ใช้ผลิต (นำข้างนอกมาใช้และที่ผลิตได้เอามาใช้) ต้นทุนไฟฟ้า และดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า จะพบว่าไฟฟ้าที่ใช้ส่วนใหญ่ผลิตได้เอามาใช้ ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนไฟฟ้าสูงตามไปด้วยเนื่องจากต้นทุนผลิตใช้เองจะสูงนำไฟฟ้าข้างนอกมาใช้ ส่วนดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าค่าจะมีความสัมพันธ์กับ Output Factor และปริมาณผลิตในทิศทางตรงกันข้าม คือ Output Factor และปริมาณผลิตยิ่งมากดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะยิ่งต่ำ

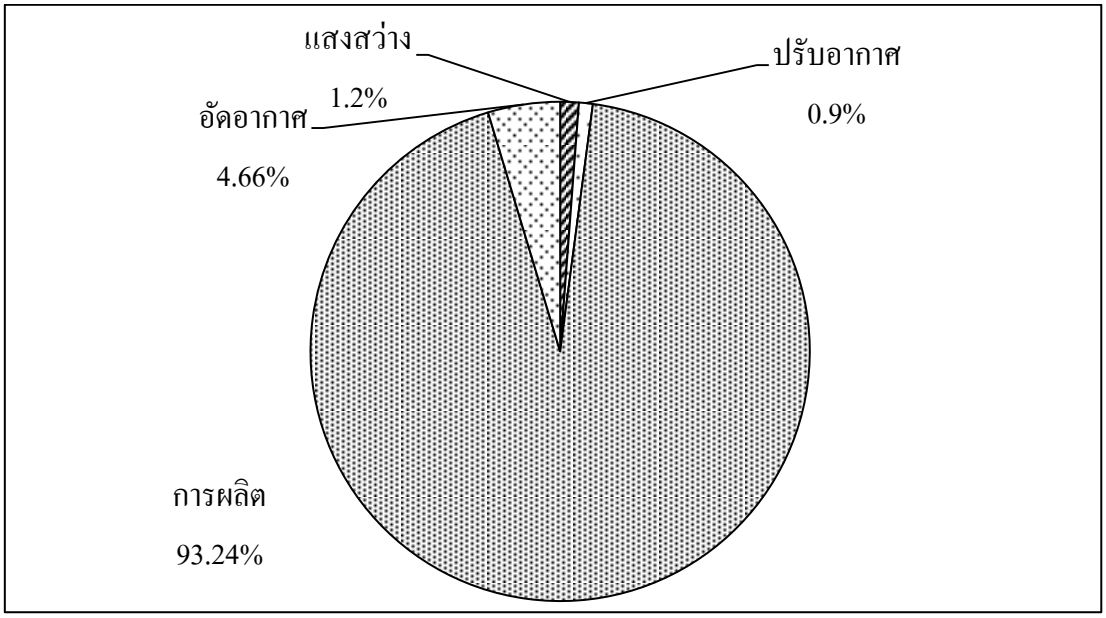
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า ปี 2557

เดือน	Output Factor (%)	Service Hours (ชั่วโมง)	ปริมาณผลิต (Net) (kWh)	ไฟฟ้าที่ใช้ผลิต (นำข้างนอกมาใช้) (kWh)	ไฟฟ้าที่ใช้ผลิต (นำที่ผลิตได้เอามาใช้) (kWh)	ต้นทุนไฟฟ้า (บาท)	ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (MJ/kWh)
ม.ค.	42.03	522.77	65,889,330	2,128,570	7,456,000	66,970,881.30	0.52
ก.พ.	63.39	628.37	122,793,070	2,428,930	10,202,000	93,202,193.70	0.37
มี.ค.	59.39	727.15	132,643,590	1,948,410	12,233,000	112,463,963.10	0.38
เม.ย.	51.60	720.00	113,598,190	3,052,810	9,654,000	87,660,317.10	0.40
พ.ค.	53.70	611.78	100,399,700	2,524,370	9,184,000	77,084,694.50	0.42
มิ.ย.	75.86	593.58	140,093,550	2,118,390	11,356,000	91,036,202.70	0.35
ก.ค.	58.00	741.78	132,183,110	858,890	13,242,000	105,795,558.80	0.38
ส.ค.	33.56	741.07	75,190,425	1,983,575	7,390,000	72,350,660.25	0.45
ก.ย.	32.37	720.00	69,719,020	1,804,980	7,720,000	73,937,441.20	0.49
ต.ค.	37.66	744.00	84,451,290	2,353,710	8,449,000	75,164,290.30	0.46
พ.ย.	31.87	720.00	68,671,720	1,478,280	7,871,000	70,024,644.80	0.49
ธ.ค.	31.96	744.00	71,143,800	1,611,200	8,102,000	65,907,488.00	0.49
รวม	-	8,214.50	1,176,776,795	24,292,115	112,859,000	994,605,438.10	-
เฉลี่ย	-	684.54	98,064,733	11,429,260		82,883,786.51	0.43

จากตารางที่ 4.3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ได้แก่ ระบบการผลิต ระบบปรับอากาศ ระบบอัดอากาศ และระบบแสงสว่าง มีข้อมูลการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบและสัดส่วนในปีที่เก็บข้อมูล ส่วนข้อมูลรูปแบบกราฟดังแสดงในภาพที่ 4.9

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ

ระบบ	การใช้พลังงานไฟฟ้า	
	ปริมาณ (kWh/ปี)	สัดส่วน (%)
การผลิต	127,879,675	93.24%
ปรับอากาศ	1,229,760	0.90%
อัดอากาศ	6,394,800	4.66%
แสงสว่าง	1,646,880	1.20%
รวม	137,151,115	100%

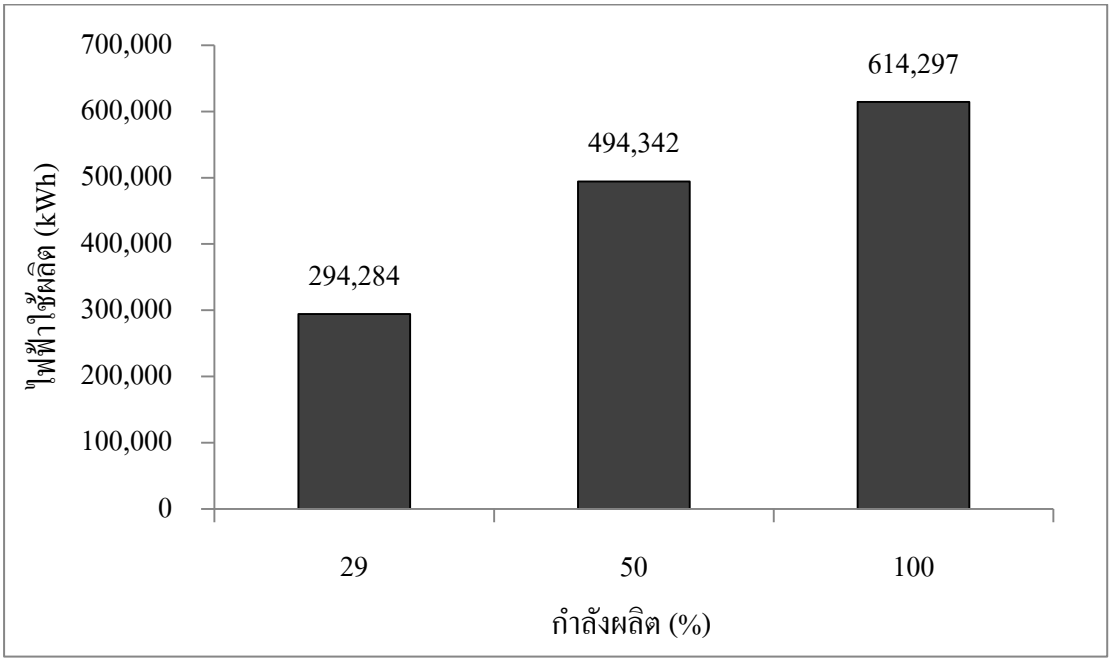


ภาพที่ 4.9 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงไฟฟ้ากระบี่แยกตามระบบ ปี 2557

จากตารางที่ 4.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าผลิต 3 ช่วงภาระโหลด ประกอบด้วยข้อมูลกำลังผลิต พลังงานไฟฟ้าภายนอกที่นำมาในกระบวนการผลิต พลังงานไฟฟ้าผลิตใช้เองในโรงไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าใช้ในกระบวนการผลิตรวม ส่วนข้อมูลรูปแบบกราฟดังแสดงในภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าผลิต 3 ช่วงภาระโหลด

กำลังผลิต (%)	ไฟฟ้าภายนอก (kWh)	ไฟฟ้าผลิตใช้ในโรงไฟฟ้า (kWh)	ไฟฟ้าใช้ผลิตรวม (kWh)
29	48,159	246,125	294,284
50	88,542	405,800	494,342
100	100,388	513,909	614,297

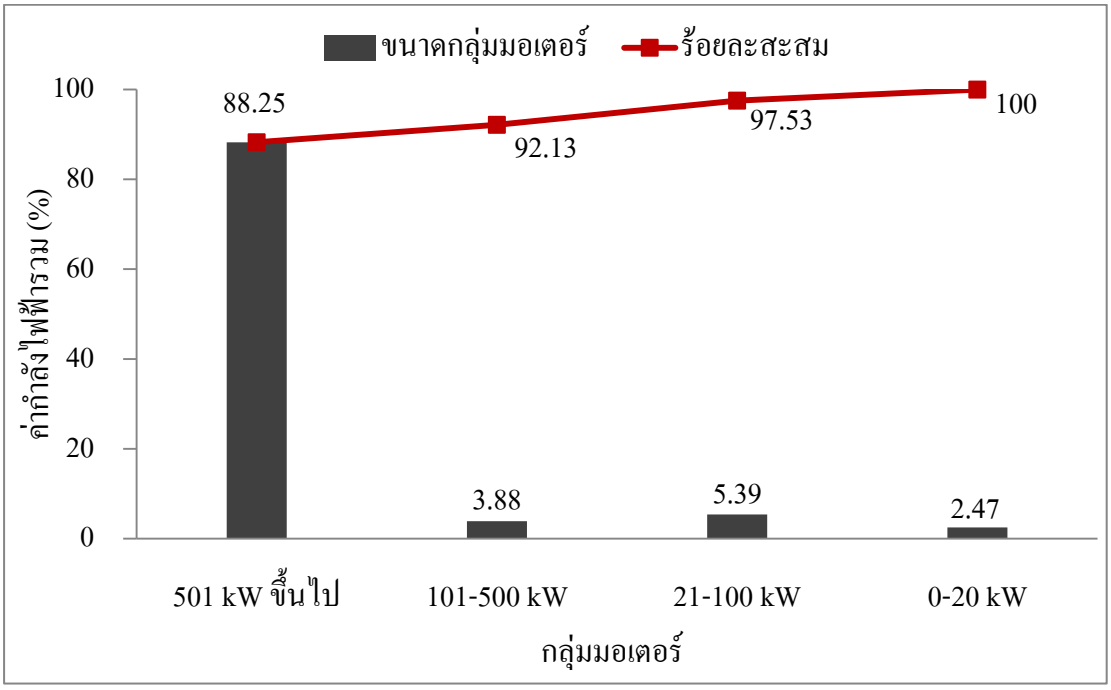


ภาพที่ 4.10 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าผลิต 3 ช่วงภาระโหลด

การคัดเลือกอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในระบบผลิตเพื่อจะนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลของแผนงานวิศวกรรมคุณค่า จะประเมินจากขนาดของมอเตอร์แต่ละระบบประกอบด้วย ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง ระบบกังหันไอน้ำ ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และระบบผลิตและบำบัดน้ำ วัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดและจำนวนที่มีนัยสำคัญต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งตามขอบเขตการวิจัยจะดำเนินการขนาดที่มากกว่า 100 kW ขึ้นไป ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 ข้อมูลประกอบไปด้วยขนาดกลุ่มมอเตอร์ จำนวน ค่ากำลังไฟฟ้ารวม ร้อยละ และร้อยละสะสม นำมาสร้างกราฟดังแสดงในภาพที่ 4.11 ภาพที่ 4.12 ภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.5 มอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

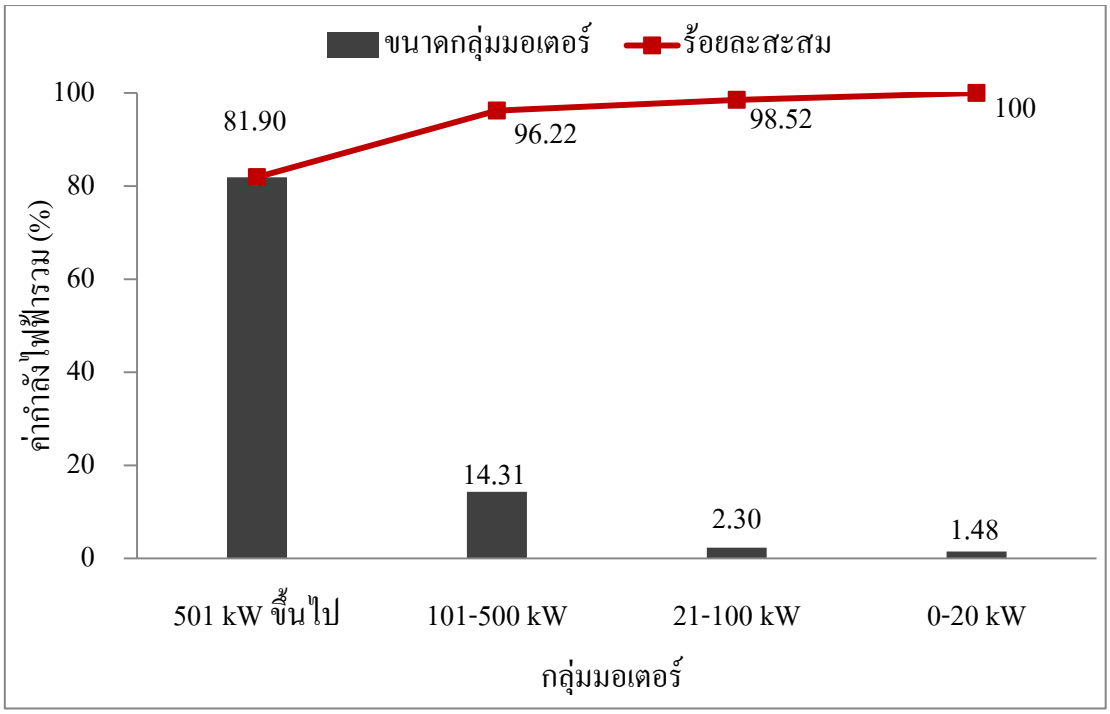
ขนาดกลุ่มมอเตอร์	จำนวน (ตัว)	ค่ากำลังไฟฟ้ารวม (kW)	ร้อยละ (%)	ร้อยละสะสม (%)
ขนาด 501 kW ขึ้นไป	6	11,370	88.25	88.25
ขนาด 101-500 kW	2	500	3.88	92.13
ขนาด 21-100 kW	14	695	5.39	97.53
ขนาด 0-20 kW	105	319	2.47	100.00
รวม	127	12,883	100	-



ภาพที่ 4.11 ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

ตารางที่ 4.6 มอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ

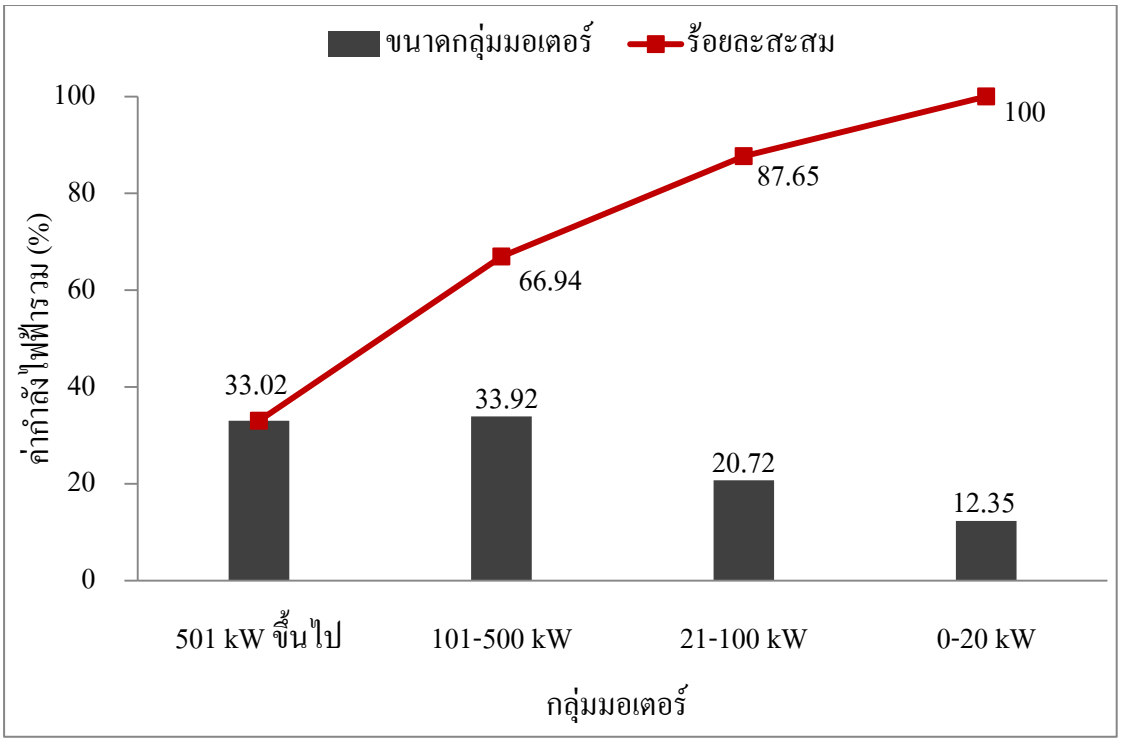
ขนาดกลุ่มมอเตอร์	จำนวน (ตัว)	ค่ากำลังไฟฟ้ารวม (kW)	ร้อยละ (%)	ร้อยละสะสม (%)
501 kW ขึ้นไป	7	17,760	81.90	81.90
101-500 kW	18	3,104	14.31	96.22
21-100 kW	10	498	2.30	98.52
0-20 kW	79	322	1.48	100.00
รวม	114	21,684	100	-



ภาพที่ 4.12 ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ

ตารางที่ 4.7 มอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

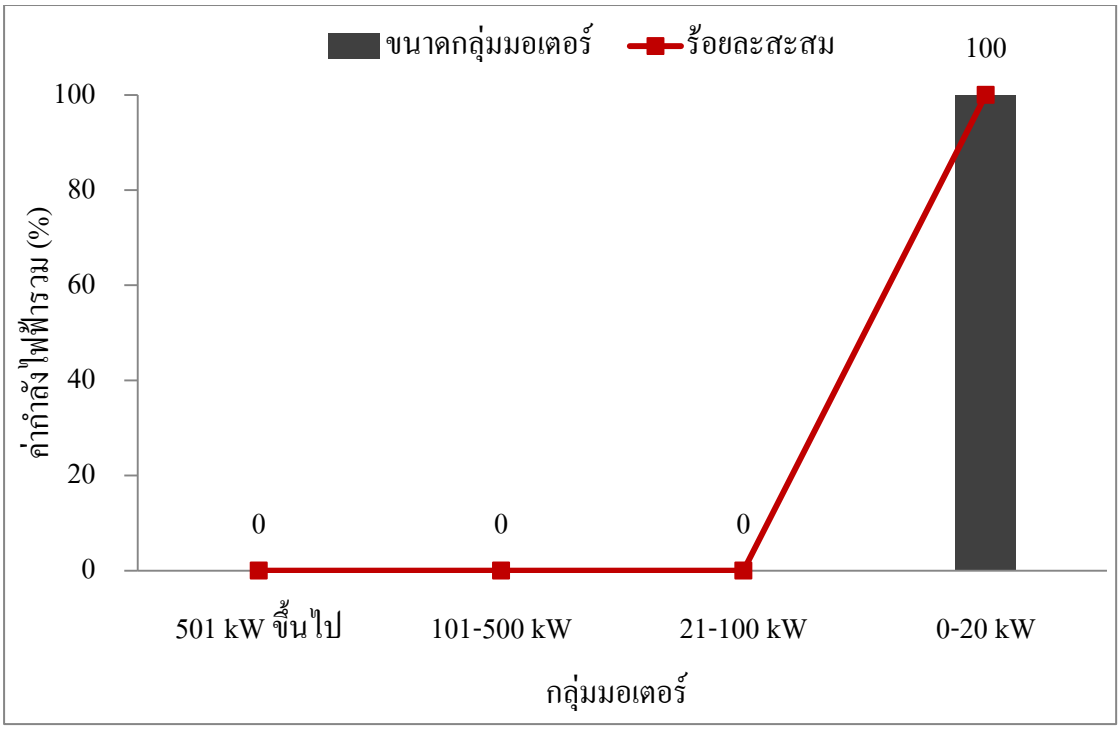
ขนาดกลุ่มมอเตอร์	จำนวน (ตัว)	ค่ากำลังไฟฟ้ารวม (kW)	ร้อยละ (%)	ร้อยละสะสม (%)
501 kW ขึ้นไป	3	1,675	33.02	33.02
101-500 kW	7	1,721	33.92	66.94
21-100 kW	31	1,051	20.72	87.65
0-20 kW	124	626	12.35	100.00
รวม	165	5,073	100.00	-



ภาพที่ 4.13 ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ 4.8 มอเตอร์ระบบผลิตและบำบัดน้ำ

ขนาดกลุ่มมอเตอร์	จำนวน (ตัว)	ค่ากำลังไฟฟ้ารวม (kW)	ร้อยละ (%)	ร้อยละสะสม (%)
501 kW ขึ้นไป	0	0	0.00	0.00
101-500 kW	0	0	0.00	0.00
21-100 kW	0	0	0.00	0.00
0-20 kW	95	477	100.00	100.00
รวม	95	477	100.00	-



ภาพที่ 4.14 ขนาดกลุ่มมอเตอร์ระบบผลิตและบำบัดน้ำ

การเก็บรวบรวมข้อมูลและจำแนกขนาดกลุ่มมอเตอร์ที่ทำการศึกษาเพื่อหาการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จำนวนและขนาดที่มากกว่า 100 kW ขึ้นไป ประกอบด้วย ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูงจำนวน 8 ตัว ระบบกังหันไอน้ำจำนวน 25 ตัว และระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำนวน 10 ตัว รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.9 ตารางที่ 4.10 ตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ของระบบอัดอากาศที่มีขนาดเกิน 100 kW ขึ้นไป จำนวน 4 ตัว ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.13 ส่วนระบบผลิตและบำบัดน้ำพบว่ามีขนาดมอเตอร์ที่น้อยกว่า 100 MW ทั้งระบบ และระบบแส่งสว่างข้อมูลแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
1	Fuel oil pump 1	TOSHIBA	250	6,900	30
2	Fuel oil pump 2	TOSHIBA	250	6,900	30
3	Gas recirculation fan 1	ABB	510	6,900	57.2
4	Gas recirculation fan 2	ABB	510	6,900	57.2
5	Forced draft fan 1	ABB	1,125	6,900	119
6	Forced draft fan 2	ABB	1,125	6,900	119
7	Induced draft fan 1	ABB	4,050	6,900	420
8	Induced draft fan 2	ABB	4,050	6,900	420

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
1	Condenser vacuum pump 1	TOSHIBA-HOUSTON	112	380	257
2	Condenser vacuum pump 2	TOSHIBA-HOUSTON	112	380	257
3	LP heater drain pump 1	BALDOR ELECTRIC	150	380	277
4	LP heater drain pump 2	BALDOR ELECTRIC	150	380	277
5	Cooling tower fan 1	SIEMENS	160	380	350
6	Cooling tower fan 2	SIEMENS	160	380	350
7	Cooling tower fan 3	SIEMENS	160	380	350

ตารางที่ 4.10 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ (ต่อ)

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
8	Cooling tower fan 4	SIEMENS	160	380	350
9	Cooling tower fan 5	SIEMENS	160	380	350
10	Cooling tower fan 6	SIEMENS	160	380	350
11	Cooling tower fan 7	SIEMENS	160	380	350
12	Cooling tower fan 8	SIEMENS	160	380	350
13	Cooling tower fan 9	SIEMENS	160	380	350
14	Cooling tower fan 10	SIEMENS	160	380	350
15	Cooling tower fan 11	SIEMENS	160	380	350
16	Cooling tower fan 12	SIEMENS	160	380	350
17	Closed cycle cooling water pump 1	HITACHI	330	6,900	35
18	Closed cycle cooling water pump 2	HITACHI	330	6,900	35
19	Condensate pump 1	HITACHI	1,080	6,900	111
20	Condensate pump 2	HITACHI	1,080	6,900	111
21	Circulating water pump 1	HITACHI	2,300	6,900	258
22	Circulating water pump 2	HITACHI	2,300	6,900	258
23	Boiler feed pump 1	HITACHI	5,500	6,900	550
24	Boiler feed pump 2	HITACHI	5500	6600	550
25	Boiler feed pump 3	HITACHI	5500	6600	550

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
1	FGD SEAL AIR FAN 1	KANSETSU	150	380	260
2	FGD SEAL AIR FAN 2	KANSETSU	150	380	260
3	UNIT 1 BALL MILL	KANSETSU	250	6,900	27
4	COMMON BALL MILL	KANSETSU	250	6,900	27
5	OXIDATION AIR BLOWER 1	KANSETSU	400	6,900	42.5
6	OXIDATION AIR BLOWER 2	KANSETSU	400	6,900	42.5

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ต่อ)

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
7	ABSORBER SPRAY PUMP 1	KANSETSU	480	6,900	51
8	ABSORBER SPRAY PUMP 2	KANSETSU	520	6,900	55
9	ABSORBER SPRAY PUMP 3	KANSETSU	555	6,900	59
10	ABSORBER SPRAY PUMP 4	KANSETSU	600	6,900	64

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดข้อมูลคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
1	Station air compressor 1	SIEMENS	212	380	480
2	Station air compressor 2	SIEMENS	212	380	480
3	Control air compressor 1	SIEMENS	102	380	215
4	Control air compressor 2	SIEMENS	102	380	215

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
1[1]	Air Chiller 1-1	CARRIER	100	380	-
2[1]	Air Chiller 1-2	CARRIER	100	380	-
3[1]	Air Chiller 2	CARRIER	100	380	-
4	CWP 1-1	SIEMENS	10	380	-
5	CWP 1-2	SIEMENS	10	380	-
6	CWP 2	SIEMENS	10	380	-
7	AHU 1-1A	SIEMENS	22	380	-
8	AHU 1-1B	SIEMENS	22	380	-
9	AHU 1-2A	SIEMENS	22	380	-
10	AHU 1-2B	SIEMENS	22	380	-
11	AHU 2-1	SIEMENS	5.5	380	-
12	AHU 2-2	SIEMENS	5.5	380	-
13	AHU 3	SIEMENS	3.7	380	-

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดข้อมูลมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ (ต่อ)

No.	Name	Manufacturer	Power (kW)	Voltage (V)	Current (A)
14	AHU 4	SIEMENS	7.5	380	-
15	AHU 5	SIEMENS	1.5	380	-
16	AHU 6	SIEMENS	1.5	380	-
17	AHU 7	SIEMENS	1.5	380	-
18	AHU 8	SIEMENS	1.5	380	-

หมายเหตุ; [1]คอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 4.14 รายละเอียดข้อมูลระบบแสงสว่าง

No.	Name	Power (kW)	Voltage (V)
1	หลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 จำนวน 5,000 หลอด (หลอด 28 W บัลลาสต์ 3 W)	155	220
2	หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium จำนวน 55 หลอด (400 W)	22	220
3	หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium จำนวน 50 หลอด (250 W)	12.5	220

การใช้พลังไฟฟ้าที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลในระบบต่าง ๆ โปรแกรมและการตรวจวัด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการจำแนกออกเป็นการใช้ในแต่ละระบบแต่ละอุปกรณ์ โดยรายละเอียดของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นส่วน ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 ตารางที่ 4.16 ตารางที่ 4.17 ตารางที่ 4.18 ตารางที่ 4.19 และตารางที่ 4.20 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
1[1]	Fuel oil pump 1	kW	150.76	151.47	156.11
2[1]	Fuel oil pump 2	kW	150.95	152.41	154.15
3	Gas recirculation fan 1	kW	150.91	144.59	163.25
4	Gas recirculation fan 2	kW	160.27	166.01	186.86

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
5	Forced draft fan 1	kW	125.86	184.11	897.53
6	Forced draft fan 2	kW	141.74	210.16	939.78
7	Induced draft fan 1	kW	494.16	690.17	1,958.91
8	Induced draft fan 2	kW	532.48	653.28	1,945.51

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์จะสลับทำงาน 15 วันครั้งหรือตามการประเมินของผู้ควบคุม

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
1[1]	Condenser vacuum pump 1	kW	94.25	96.52	98.12
2[1]	Condenser vacuum pump 2	kW	94.85	95.99	99.51
3[1]	LP heater drain pump 1	kW	141.25	144.89	145.14
4[1]	LP heater drain pump 2	kW	142.49	146.36	147.34
5	Cooling tower fan 1	kW	151.12	154.82	146.80
6	Cooling tower fan 2	kW	151.13	151.04	148.53
7	Cooling tower fan 3	kW	153.76	156.26	151.21
8	Cooling tower fan 4	kW	154.92	161.50	151.34
9	Cooling tower fan 5	kW	156.63	156.19	151.25
10	Cooling tower fan 6	kW	152.54	159.25	149.82
11	Cooling tower fan 7	kW	141.58	142.87	138.50
12	Cooling tower fan 8	kW	147.01	146.58	145.56
13	Cooling tower fan 9	kW	149.03	150.72	146.24
14	Cooling tower fan 10	kW	159.78	163.57	155.29
15	Cooling tower fan 11	kW	151.56	157.13	148.63
16	Cooling tower fan 12	kW	145.50	148.49	142.84
17[1]	Closed cycle cooling water pump 1	kW	238.17	239.74	234.04

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
18[1]	Closed cycle cooling water pump 2	kW	235.20	240.58	234.00
19[1]	Condensate pump 1	kW	564.26	648.13	829.95
20[1]	Condensate pump 2	kW	572.33	662.89	849.48
21[2]	Circulating water pump 1	kW	2,063.73	2,085.38	2,097.07
22[2]	Circulating water pump 2	kW	1,995.60	2,080.75	2,084.05
23[1,3]	Boiler feed pump 1	kW	4,011.75	3,290.36	4,815.04
24[1,3]	Boiler feed pump 2	kW	3,743.55	3,090.11	4,642.66
25[1,3]	Boiler feed pump 3	kW	3,747.72	3,204.93	4,675.56

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์จะสลับทำงาน 15 วันครั้งหรือตามการประเมินของผู้ควบคุม

[2]อุปกรณ์จะทำงาน 2 ตัวเมื่อภาระโหลด 40% ขึ้นไป

[3]อุปกรณ์จะทำงาน 2 ตัวเมื่อภาระโหลด 170 MW ขึ้นไป

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
1[1]	FGD SEAL AIR FAN 1	kW	146.18	147.24	140.02
2[1]	FGD SEAL AIR FAN 2	kW	-	-	-
3	UNIT 1 BALL MILL	kW	180.10	180.41	182.92
4	COMMON BALL MILL	kW	-	-	-
5	OXIDATION AIR BLOWER 1	kW	-	-	-
6	OXIDATION AIR BLOWER 2	kW	279.15	278.55	274.79
7[2]	ABSORBER SPRAY PUMP 1	kW	401.92	409.23	401.61
8	ABSORBER SPRAY PUMP 2	kW	-	-	-

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	100 MW (29% กำลังผลิต)	170 MW (50% กำลังผลิต)	340 MW (100% กำลังผลิต)
9[1]	ABSORBER SPRAY PUMP 3	kW	-	-	-
10[1]	ABSORBER SPRAY PUMP 4	kW	540.02	545.71	530.17

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์จะสลับทำงาน 15 วันครั้งหรือตามการประเมินของผู้ควบคุม

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ระบบอัดอากาศ

No.	อุปกรณ์	หน่วย	ผลตรวจวัด
1[1]	Station air compressor 1	kW	130.74
2[1]	Station air compressor 2	kW	131.26
3[1]	Control air compressor 1	kW	75.85
4[1]	Control air compressor 2	kW	77.57

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์จะสลับทำงานทุก 7 วันครั้งหรือตามการประเมินของผู้ควบคุม

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ

No.	อุปกรณ์	หน่วย	ผลตรวจวัด
1[1]	Air Chiller 1-1	kW	88.56
2[1]	Air Chiller 1-2	kW	89.42
3[1]	Air Chiller 2	kW	92.50
4	CWP 1-1	kW	7.58
5	CWP 1-2	kW	7.61
6	CWP 2	kW	9.15
7	AHU 1-1A	kW	18.53
8	AHU 1-1B	kW	18.88
9	AHU 1-2A	kW	18.05
10	AHU 1-2B	kW	18.26
11	AHU 2-1	kW	4.57

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	ผลตรวจวัด
12	AHU 2-2	kW	4.12
13	AHU 3	kW	3.36
14	AHU 4	kW	6.78
15	AHU 5	kW	1.35
16	AHU 6	kW	1.47
17	AHU 7	kW	1.35
18	AHU 8	kW	1.30

หมายเหตุ; [1]คอมเพรสเซอร์

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง

No.	อุปกรณ์	หน่วย	ผลตรวจวัด
1	หลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 จำนวน 5,000 หลอด (หลอด 28 W บัลลาสต์ 3 W)	kWh/y	1,317,066
2	หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium จำนวน 55 หลอด (400 W)	kWh/y	144,540
3	หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium จำนวน 50 หลอด (250 W)	kWh/y	82,125

จากตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง จะพบว่าอุปกรณ์ Fuel oil pump และ Fuel oil pump ใช้พลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันในแต่ละภาระโหลด ส่วนอุปกรณ์ Forced draft fan และ Induced draft fan ใช้พลังไฟฟ้าแตกต่างกันในแต่ละภาระโหลด

จากตารางที่ 4.16 แสดงข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ จะพบว่าอุปกรณ์ Condenser vacuum pump LP heater drain pump Cooling tower fan Closed cycle cooling water pump และ Circulating water pump ใช้พลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันในแต่ละภาระโหลด ส่วนอุปกรณ์ Condensate pump และ Boiler feed pump ใช้พลังไฟฟ้าแตกต่างกันในแต่ละภาระโหลด

จากตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะพบว่าอุปกรณ์ทุกตัวใช้พลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันในแต่ละภาระโหลด

จากตารางที่ 4.18 แสดงข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ระบบอัดอากาศ ซึ่งอุปกรณ์ Station air compressor จะทำงานตลอด ส่วน Control air compressor จะทำงานเมื่อมีการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเท่านั้น การใช้พลังไฟฟ้าจะไม่มีความเกี่ยวข้องกับภาระโหลด

จากตารางที่ 4.19 แสดงข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ระบบปรับอากาศ และตารางที่ 4.20 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง ทั้ง 2 ระบบ การใช้พลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าจะไม่มีความเกี่ยวข้องกับภาระโหลด ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการทำงานและสถานที่

4.1.2 ด้านพลังงานความร้อน

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านความร้อนมีดังนี้

- ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงย้อนหลังเพื่อนำมาพิจารณาหาแนวโน้มการใช้พลังงาน และนำมาพิจารณาพฤติกรรมการใช้ในอดีตที่ผ่านมาดังตารางที่ 4.21
- ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการใช้ปริมาณความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- ข้อมูลการสูญเสียความร้อนในระบบผลิต

จากตารางที่ 4.21 แสดงข้อมูลภาพรวมการใช้พลังงานความร้อน ประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูลของกำลังผลิต Output Factor Service Hours ปริมาณผลิต (Net) เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิต ต้นทุนเชื้อเพลิง พลังงานความร้อนที่ใช้และดัชนีการใช้พลังงานความร้อน จะพบว่าพลังความร้อนที่ใช้ส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงหลักคือน้ำมันเตา ส่วนดัชนีการใช้พลังงานความร้อน จะสังเกตได้ว่าค่าจะมีความสัมพันธ์กับ Output Factor และปริมาณผลิตในทิศทางตรงกันข้าม คือ Output Factor และปริมาณผลิตยิ่งมากดัชนีการใช้พลังงานความร้อนก็ยิ่งต่ำ

ตารางที่ 4.21 การใช้พลังงานความร้อนในโรงไฟฟ้า ปี 2557

เดือน	Output Factor (%)	Service Hours (ชั่วโมง)	ปริมาณผลผลิต (Net) (kWh)	เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตรวม (l)		ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	พลังงานความร้อนที่ใช้ (MJ/kWh)	ดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (MJ/kWh)
				Fuel Oil	Crude palm oil			
ม.ค.	42.03	522.77	65,889,330	17,703,573	-	522,322,677.08	739,666,067.46	11.23
ก.พ.	63.39	628.37	122,793,070	29,595,306	864,446	917,934,117.94	1275,492,947.54	10.39
มี.ค.	59.39	727.15	132,643,590	32,985,611	101,373	1,005,210,996.01	1,392,010,135.99	10.49
เม.ย.	51.60	720.00	113,598,190	28,750,203	-	842,762,750.60	1,194,896,363.79	10.52
พ.ค.	53.70	611.78	100,399,700	25,453,025	-	664,268,719.44	1,071,705,759.98	10.67
มิ.ย.	75.86	593.58	140,093,550	33,758,484	-	939,420,965.21	1,424,740,217.77	10.17
ก.ค.	58.00	741.78	132,183,110	33,015,499	-	934,492,143.77	1,396,278,554.47	10.56
ส.ค.	33.56	741.07	75,190,425	20,883,278	-	586,671,422.86	883,151,129.89	11.75
ก.ย.	32.37	720.00	69,719,020	19,665,941	-	536,006,824.86	830,588,439.21	11.91
ต.ค.	37.66	744.00	84,451,290	23,031,257	-	602,832,787.91	970,172,581.68	11.49
พ.ย.	31.87	720.00	68,671,720	19,505,478	-	489,765,582.81	816,934,249.27	11.90
ธ.ค.	31.96	744.00	71,143,800	20,356,428	-	451,731,529.39	844,271,236.54	11.87
รวม	-	8214.50	1,176,776,795	304,704,083	965,819.00	8,493,420,517.87	12,839,907,683.60	-
เฉลี่ย	-	684.54	98,064,732.92	25,392,0067	482,909.50	-	1,069,992,306.97	11.08

ส่วนข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บในระบบต่าง ๆ โปรแกรม และการตรวจวัด ทางด้านพลังงานความร้อนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ด้วยการจำแนกออกเป็นการใช้ในแต่ละช่วงภาระโหลด โดยรายละเอียดของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ดังแสดงในภาพที่ 4.15 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 100 MW ภาพที่ 4.16 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 170 MW ภาพที่ 4.17 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 340 MW ภาพที่ 4.18 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 100 MW ภาพที่ 4.19 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 170 MW และภาพที่ 4.20 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 340 MW ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.15 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิง ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 100 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 7,980 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

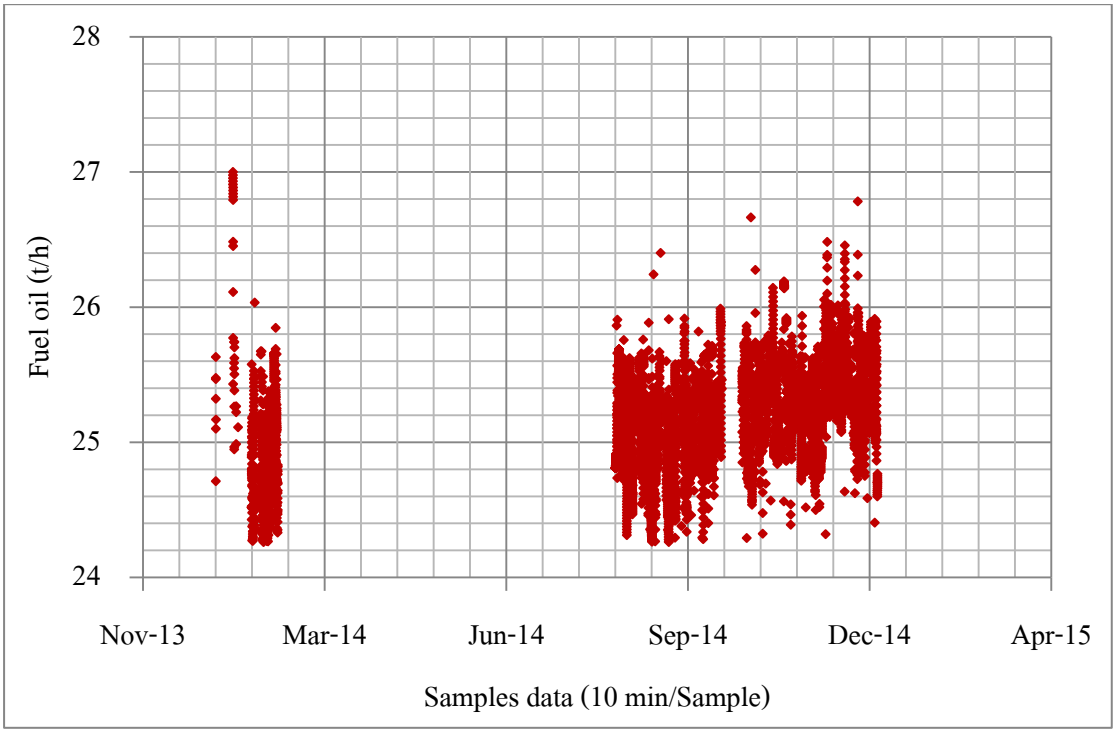
จากภาพที่ 4.16 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิง ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 170 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 5,557 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

จากภาพที่ 4.17 แสดงอัตราการใช้เชื้อเพลิง ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 340 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 1,706 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

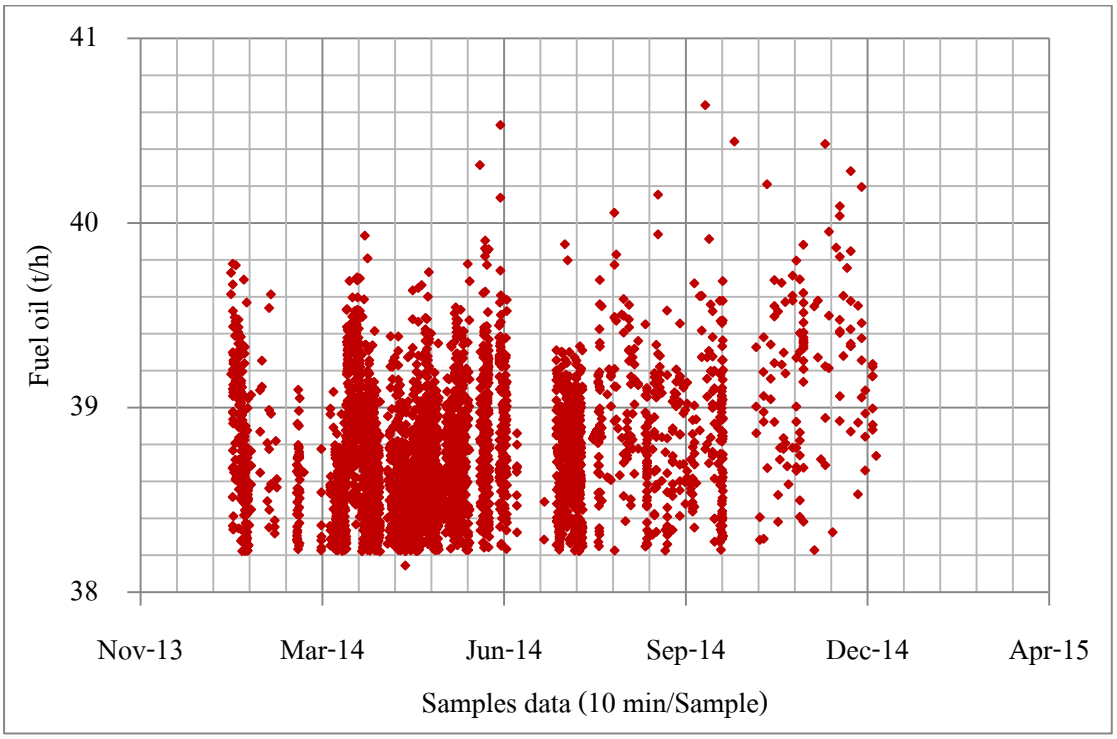
จากภาพที่ 4.18 แสดงปริมาณไอน้ำผลิต ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 100 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 7,980 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

จากภาพที่ 4.19 แสดงปริมาณไอน้ำผลิต ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 170 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 5,557 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล

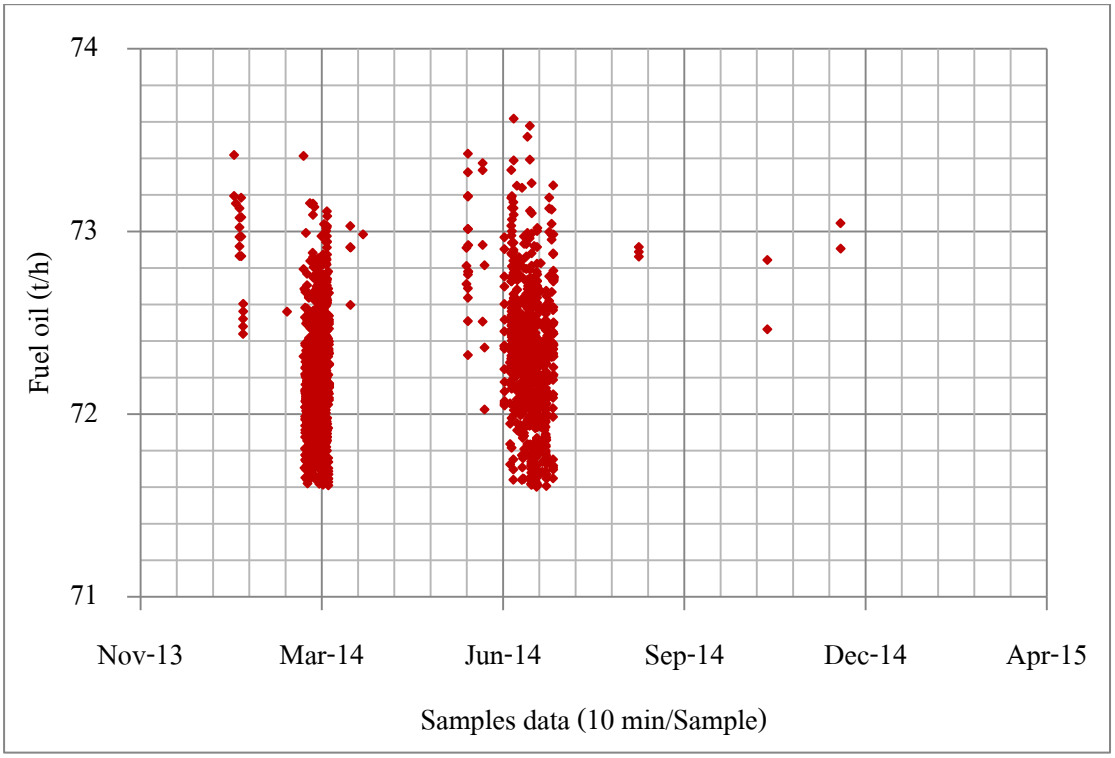
จากภาพที่ 4.20 แสดงปริมาณไอน้ำผลิต ข้อมูลจากระบบ PI ที่นำมาจำแนกการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่ภาระโหลด 340 MW โดยเก็บข้อมูลทุก 10 นาที ค่าบวกลบ 0.5 ทั้งหมด 1,706 ตัวอย่าง นำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล



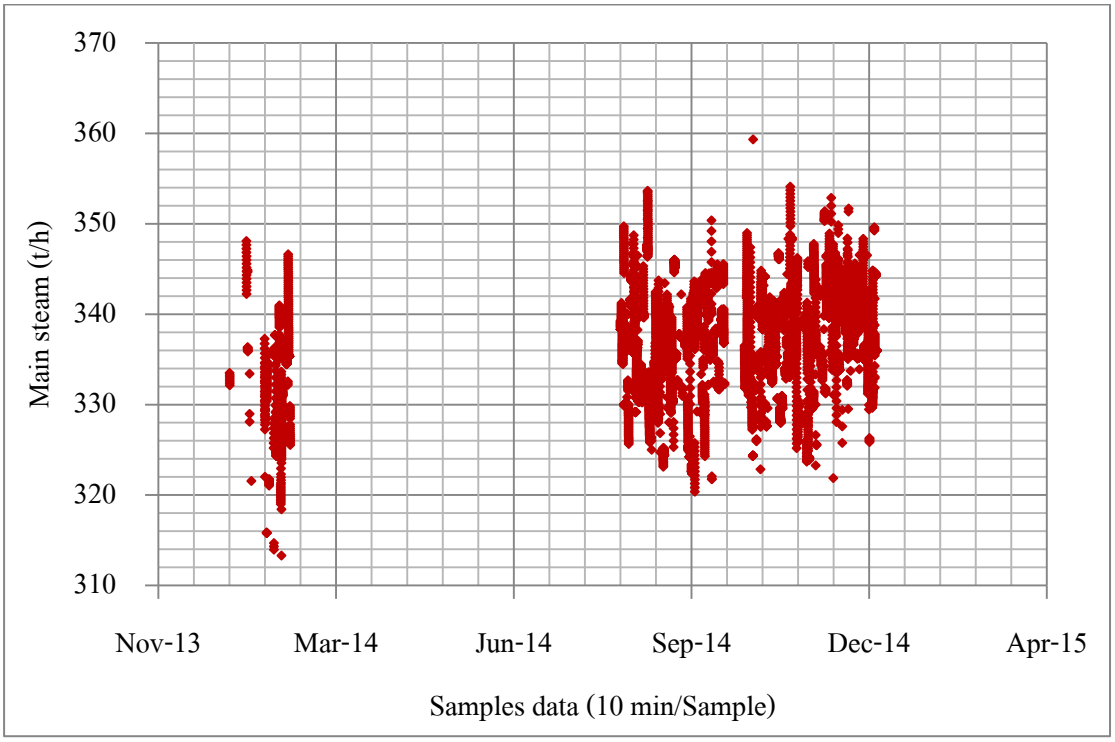
ภาพที่ 4.15 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 100 MW



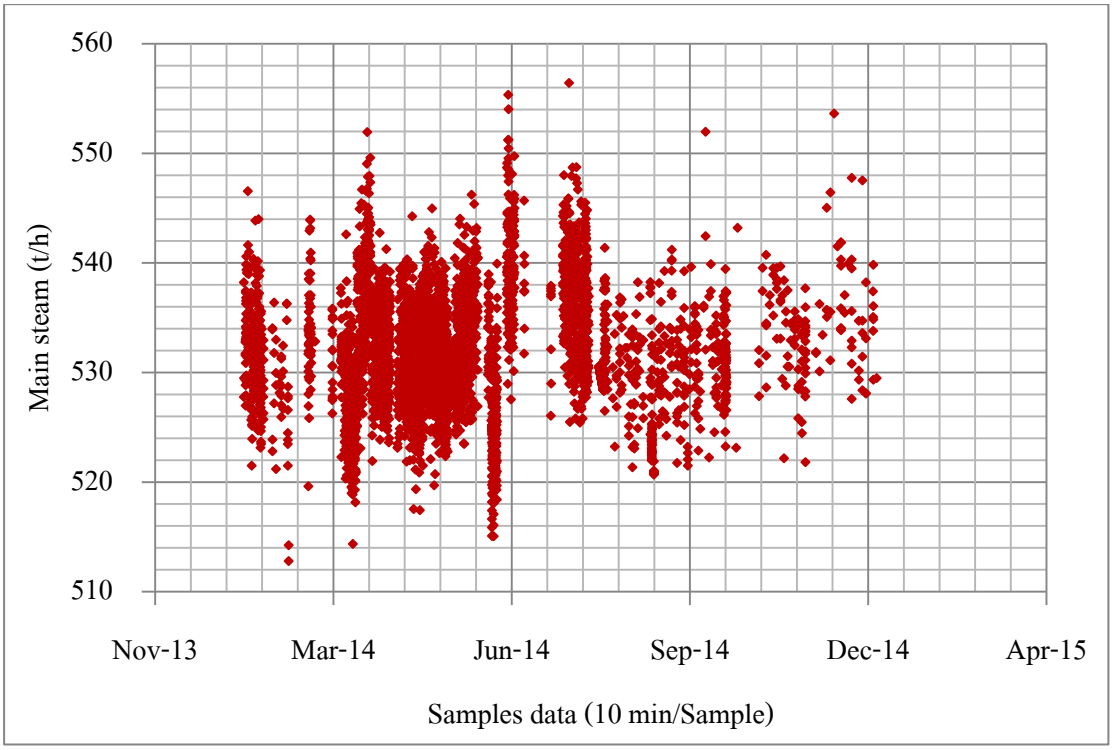
ภาพที่ 4.16 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 170 MW



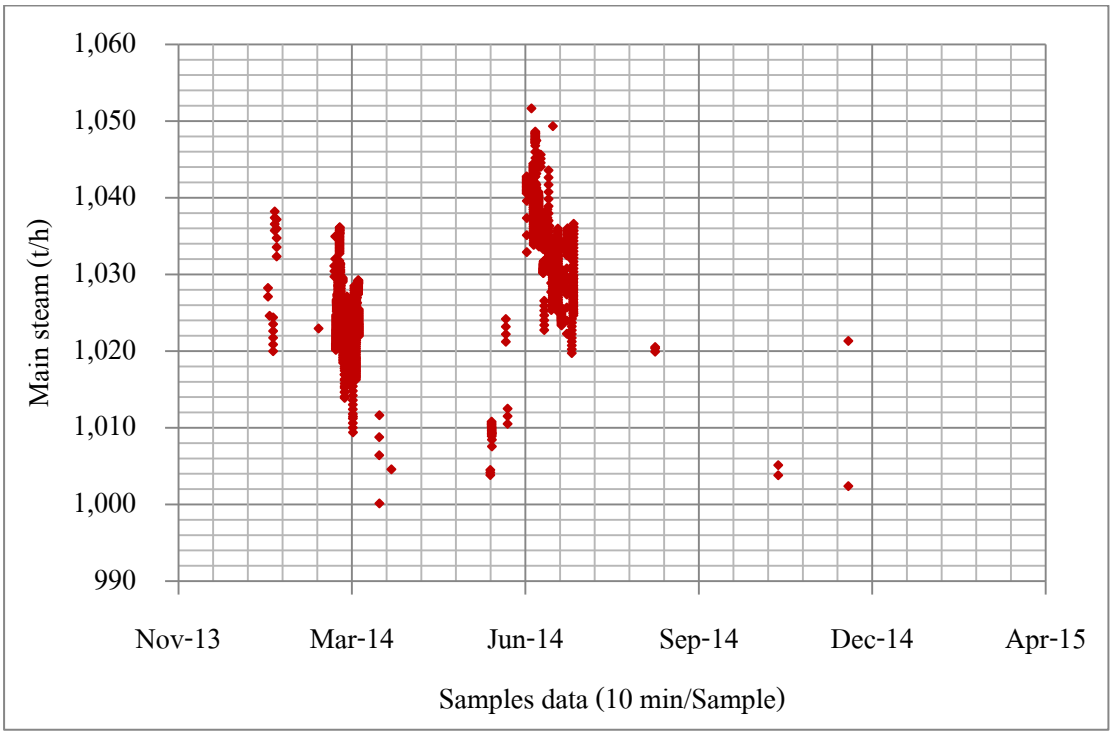
ภาพที่ 4.17 อัตราการใช้เชื้อเพลิงที่ภาระโหลด 340 MW



ภาพที่ 4.18 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 100 MW



ภาพที่ 4.19 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 170 MW

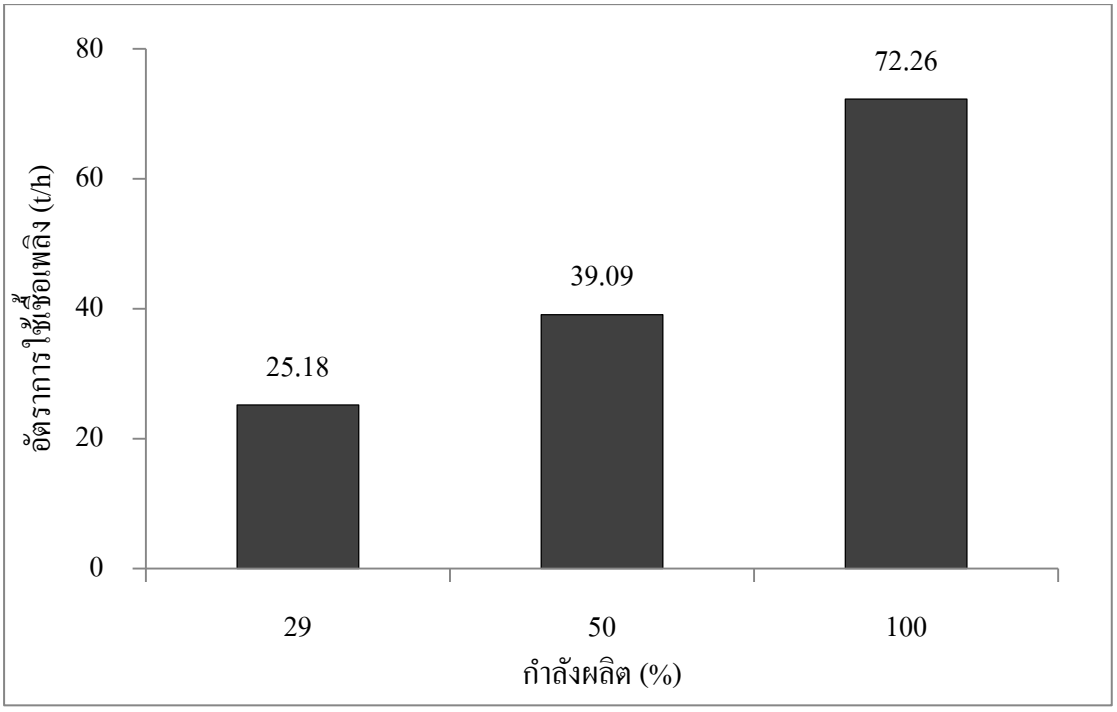


ภาพที่ 4.20 ปริมาณไอน้ำผลิตที่ภาระโหลด 340 MW

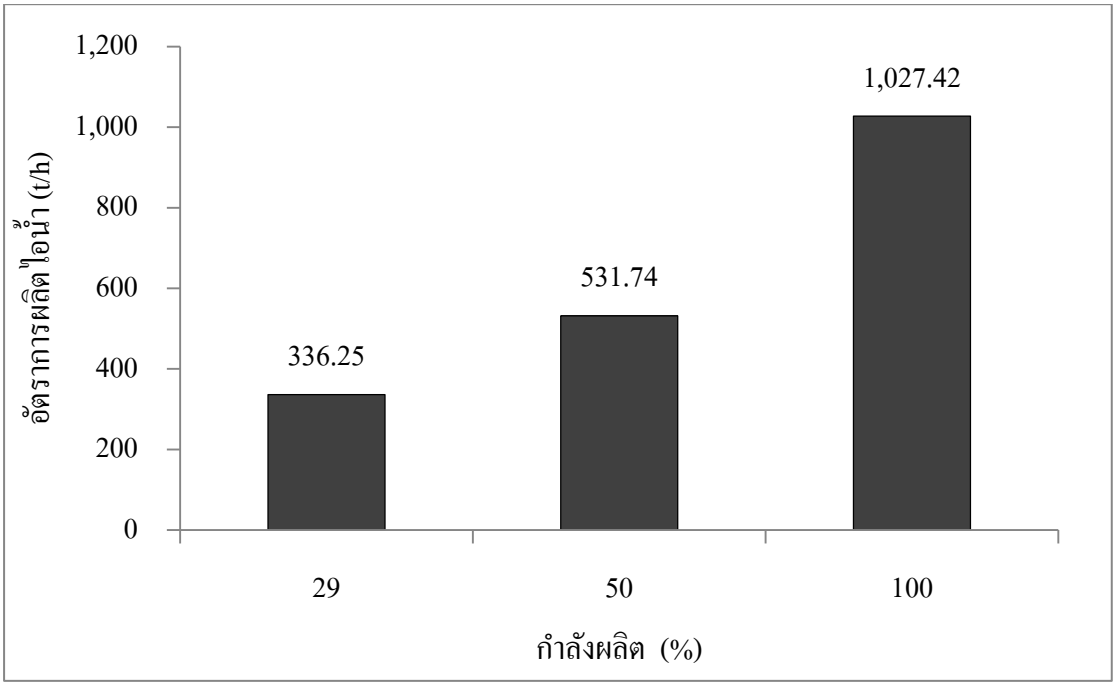
นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ภาระโหลด ดังแสดงในตารางที่ 4.22 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ ส่วนภาพที่ 4.21 อัตราการใช้เชื้อเพลิง 3 ภาระโหลด และภาพที่ 4.22 อัตราการผลิตไอน้ำ 3 ภาระโหลด

ตารางที่ 4.22 ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ

กำลังผลิต (%)	ไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MWh)	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (t/h)	อัตราการผลิตไอน้ำ (t/h)
29	100.02	25.18	336.25
50	170.00	39.09	531.74
100	340.01	72.26	1,027.42



ภาพที่ 4.21 อัตราการใช้เชื้อเพลิง 3 ภาระโหลด



ภาพที่ 4.22 อัตราการผลิตไอน้ำ 3 ภาระโหลด

เก็บข้อมูลรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.23 ข้อมูลเวลาใช้งาน ตัวประกอบการใช้งาน และค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณความร้อน ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.27 ปริมาณความร้อนที่ใช้จริงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนในตารางที่ 4.24 ตารางที่ 4.25 และตารางที่ 4.26 แสดงข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 100 MW 170 MW และ 340 MW เพื่อนำประกอบการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางความร้อน ซึ่งได้นำข้อมูลมาจากระบบ PI และการตรวจวัดหน้างานจริง

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลเวลาใช้งาน ตัวประกอบการใช้งาน และค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง

รายการข้อมูล	ข้อมูล	หน่วย
เดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า	8,215	h/y
ตัวประกอบการใช้งาน	46.99	%
ค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง[1]	42.006	MJ/L
ค่าความถ่วงจำเพาะ at 60/60^{o} F [1]	0.9808	-

หมายเหตุ: [1]ภาคผนวก ช

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 100 MW

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
1	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	V_f	25,674.66	l/h
2	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	m_s	336.25	t/h
3	ปริมาณน้ำป้อนเฉลี่ย	m_w	333	t/h
4	ปริมาณ O_2 ในไอเสียที่วัดได้	O_2	7.484	%
5	อุณหภูมิของก๊าซไอเสียออกจากเตา	T_{fg}	155.8	°C
6	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	T_o	27.5	°C
7	อุณหภูมิของน้ำป้อน	T_w	191.5	°C
8	อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า	T_f	103.9	°C
9	ความดันของไอน้ำ	P_s	161	bar_g
10	อุณหภูมิของน้ำ Blow down	T_b	330	°C

ตารางที่ 4.25 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 170 MW

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
1	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	V_f	39,753.26	l/h
2	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	m_s	531.74	t/h
3	ปริมาณน้ำป้อนเฉลี่ย	m_w	516	t/h
4	ปริมาณ O_2 ในไอเสียที่วัดได้	O_2	5.254	%
5	อุณหภูมิของก๊าซไอเสียออกจากเตา	T_{fg}	159.9	°C
6	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	T_o	27.5	°C
7	อุณหภูมิของน้ำป้อน	T_w	211.7	°C
8	อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า	T_f	104.7	°C
9	ความดันของไอน้ำ	P_s	163	bar_g
10	อุณหภูมิของน้ำ Blow down	T_b	329	°C

ตารางที่ 4.26 ข้อมูลที่ได้จากการเก็บที่ภาระโหลด 340 MW

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
1	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	V_f	72,858.89	l/h
2	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้	m_s	1,027.42	t/h
3	ปริมาณน้ำป้อนเฉลี่ย	m_w	969	t/h
4	ปริมาณ O_2 ในไอเสียที่วัดได้	O_2	3.419	%
5	อุณหภูมิของก๊าซไอเสียออกจากเตา	T_{fg}	167.7	°C
6	อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	T_o	27.5	°C
7	อุณหภูมิของน้ำป้อน	T_w	247.3	°C
8	อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า	T_f	104.4	°C
9	ความดันของไอน้ำ	P_s	169	bar_g
10	อุณหภูมิของน้ำ Blow down	T_b	334	°C

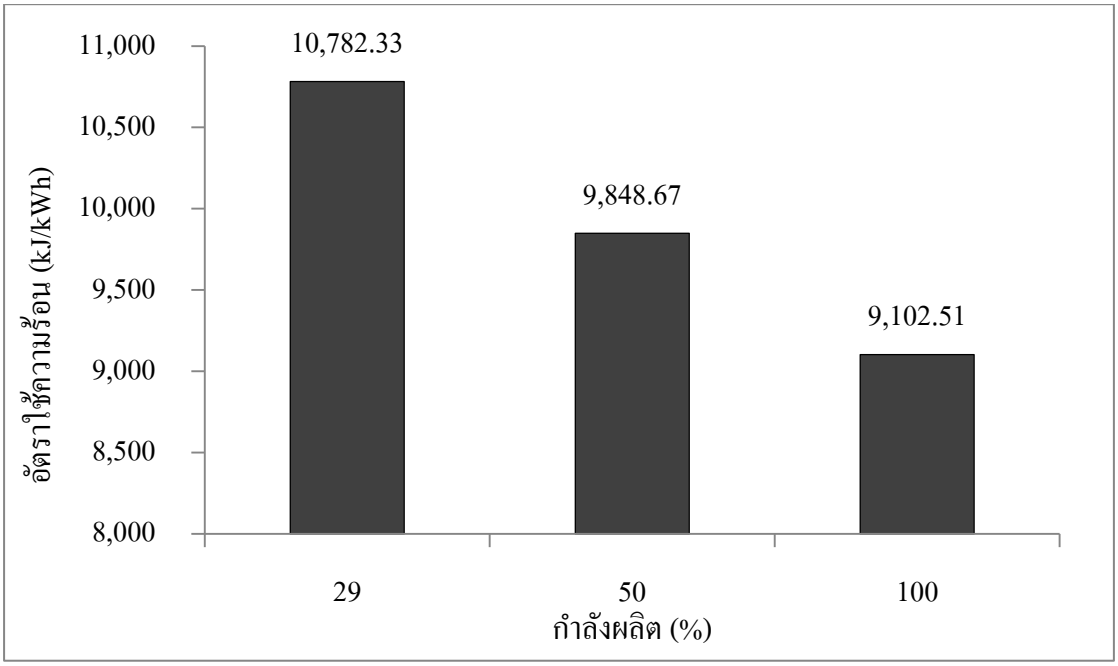
ตารางที่ 4.27 ปริมาณความร้อนที่ใช้จริงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

กำลังผลิต (%)	ปริมาณความร้อน (GJ/y)
29	408,328.33
50	633,895.96
100	1,171,796.33

กรณีคิดเป็นอัตราใช้ความร้อน (Heat Rate) ข้อมูลในตารางที่ 4.28 อัตราใช้ความร้อนผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วย ซึ่งก็คืออัตราส่วนของพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วยออกมาได้ ส่วนที่แสดงในภาพที่ 4.23 อัตราใช้ความร้อน 3 ภาระโหลด

ตารางที่ 4.28 อัตราใช้ความร้อนผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วย

กำลังผลิต (%)	อัตราใช้ความร้อน (kJ/kWh)
29	10,782.33
50	9,848.67
100	9,102.51

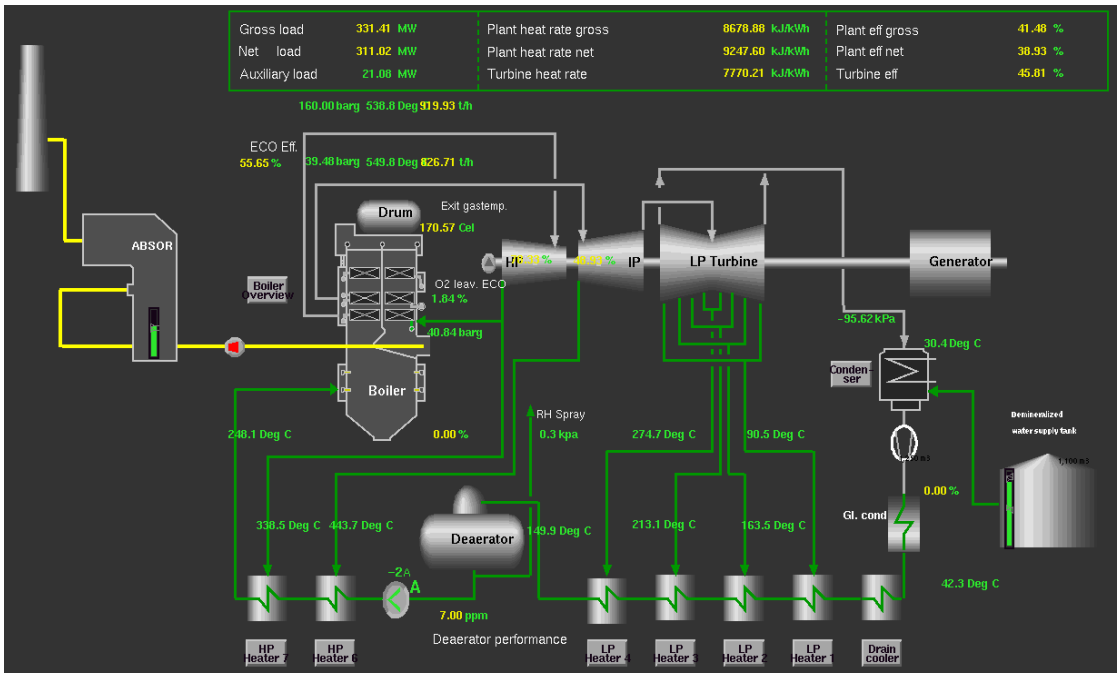


ภาพที่ 4.23 อัตราใช้ความร้อน 3 ภาระโหลด

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

โรงไฟฟ้ากระบี่มีหลักการทำงาน โดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง จะถูกปั๊มส่งน้ำมัน (Fuel oil pump) ไปยังเครื่องอุ่นน้ำมัน (Fuel oil heater) เพื่อลดความหนืดของน้ำมัน ก่อนส่งไปยังระบบฉีดน้ำมัน (Ignitor oil system) โดยในระบบฉีดน้ำมันนี้ จะมีอากาศร้อนที่มาจากพัดลมดูดอากาศ (Force draft fan) จากบรรยากาศภายนอกผ่านมายังเครื่องถ่ายเทความร้อนให้อากาศ (Air heater) แล้วไปรวมกับน้ำมันที่ระบบฉีดน้ำมันเพื่อใช้ในการสันดาปในห้องเผาไหม้ ทำให้การลุกไหม้ในนั้นเป็นไปด้วยดี ผลจากการเผาไหม้ภายในเตา จะทำให้เกิดความร้อน ความร้อนที่ได้นี้จะถ่ายเทผ่านท่อน้ำที่ประกอบกันเป็นผนังหม้อต้มน้ำ (Wall tube) ของเตาต้มน้ำ (Boiler) ทำให้น้ำบริสุทธิที่อยู่ภายในท่อ ได้รับความร้อนจนเดือดกลายเป็นไอน้ำ จากนั้นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แยกไอน้ำ (Steam drum) เพื่อแยกเอาไอน้ำที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ส่งไปเพิ่มอุณหภูมิที่แผงท่อผลิตไอน้ำความร้อนสูง (Superheater) อีกชุดหนึ่ง เพื่อให้เป็นไอดง (Superheated steam) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 541 องศาเซลเซียส และความดันประมาณ 165.9 บาร์ ที่กำลังการผลิตสูงสุด แล้วจึงถูกส่งไปขับเครื่องกังหันความดันสูง (High pressure turbine) เพื่อขับกังหันให้หมุน ส่วนไอน้ำจะมีอุณหภูมิและความดันลดลง จะถูกส่งกลับไปยังหม้อต้มน้ำเพื่อรับความร้อนที่แผงท่อผลิตไอน้ำอีกชุดหนึ่ง (Reheater) เพื่อเพิ่มความร้อนและความดันให้กับไอน้ำอีกครั้ง จนได้อุณหภูมิประมาณ 540 องศาเซลเซียส ก่อนถูกส่งไปขับเครื่องกังหันความดันปานกลาง

(Intermediate pressure turbine) และส่งต่อไปขับเครื่องกังหันความดันต่ำ (Low pressure turbine) เพลาของเครื่องกังหันทั้ง 3 ชนิด จะเชื่อมติดต่อเป็นเพลาเดียวกันกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกขับให้หมุนด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เกิดเป็นพลังงานไฟฟ้าขึ้น พลังงานไฟฟ้าที่ได้ถูกส่งไปเพิ่มแรงดันที่หม้อแปลงไฟฟ้า (Power transformer) ก่อนส่งเข้าลานไกไฟฟ้า (Sub station) แล้วส่งต่อไปยังระบบสายส่งต่อไป ส่วนที่แสดงในภาพที่ 4.24 ไดอะแกรมการทำงานของโรงไฟฟ้า



ภาพที่ 4.24 ไดอะแกรมการทำงานของโรงไฟฟ้า

คณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าร่วมกันดำเนินการกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่ของระบบดังแสดงในตารางที่ 4.29 กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานไฟฟ้า และตารางที่ 4.30 กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานความร้อน เพื่อสร้างให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในหน้าที่ของระบบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.29 กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานไฟฟ้า

ลำดับ	องค์ประกอบ	หน้าที่			ประเภท	
		คำกริยา	คำนาม	เงื่อนไขข้อจำกัด	หน้าที่หลัก	หน้าที่สนับสนุน
1	ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	ควบคุม	มอเตอร์ของวาล์วและปั๊มต่าง ๆ	ตามความต้องการของภาระงาน	/	-
2	ระบบกังหันไอน้ำ	ควบคุม	มอเตอร์ของวาล์วและปั๊มต่าง ๆ	ตามความต้องการของภาระงาน	/	-
3	ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ควบคุม	มอเตอร์ของวาล์ว ปั๊ม และใบพัดกวนต่าง ๆ	ตามความต้องการของภาระงาน	-	/
4	ระบบผลิตและบำบัดน้ำ	ควบคุม	มอเตอร์ของวาล์ว ปั๊ม และใบพัดกวนต่าง ๆ	ตามความต้องการของภาระงาน	/	/
5	ระบบอัดอากาศ	ผลิต	ลมใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และใช้ทั่วไป	ตามความต้องการของภาระงาน	/	/
6	ระบบปรับอากาศ	ผลิต	อากาศเย็นให้กับห้องตู้ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และห้องทำงานในอาคารโรงไฟฟ้า	ตามความต้องการของภาระงานห้องตู้ควบคุมและในช่วงเวลาที่มีผู้ปฏิบัติงานสำหรับห้องทำงาน	/	/
7	ระบบแสงสว่าง	ทำให้เกิด	แสงตรงจุดที่มองไม่เห็นในโรงไฟฟ้า	-	-	/

ตารางที่ 4.30 กำหนดคำจำกัดความหน้าที่ของระบบด้านพลังงานความร้อน

ลำดับ	องค์ประกอบ	หน้าที่			ประเภท	
		คำกริยา	คำนาม	เงื่อนไขข้อจำกัด	หน้าที่หลัก	หน้าที่สนับสนุน
1	ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง	เปลี่ยนผลิต	ไอน้ำสถานะไอยวดยิ่ง	ตามความต้องการของภาระงาน	/	-
2	ระบบกังหันไอน้ำ	นำ	ไอน้ำสถานะไอยวดยิ่งไปขับกังหัน	ตามความต้องการของภาระงาน	/	-

ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4.31 การเชื่อมโยงหน้าที่กับต้นทุน เริ่มต้นจากการกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่ที่จำเป็นตามความต้องการของอุปกรณ์ดังที่แสดงในตารางก่อนหน้า ซึ่งต้นทุนที่เกิดจากเป้าหมาย ก็คือทรัพยากรที่ถูกใช้ไปเพื่อให้บรรลุหน้าที่ ที่จำเป็นตามความต้องการ

ตารางที่ 4.31 การเชื่อมโยงหน้าที่กับต้นทุน

พลังงาน	ความต้องการ	หน้าที่	สิ่งของ	ต้นทุน
ไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้าและแรงดันเพื่อใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์และทำให้เกิดแสงสว่างตามภาระโหลดต่าง ๆ และตามความต้องการ	เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลและแสงสว่าง	กระแสไฟฟ้าและแรงดัน	ค่าไฟฟ้า
ความร้อน	เชื้อเพลิงเพื่อเปลี่ยนเป็นความร้อนทำให้น้ำในท่อภายในหม้อไอน้ำกลายเป็นไอดงที่มีอุณหภูมิ และความดันถึงจุดใช้งานตามภาระโหลดต่าง ๆ จากนั้นส่งไปขับกังหันไอน้ำ	เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานความร้อนแล้วส่งถ่ายความร้อนให้น้ำที่อยู่ภายในท่อ	น้ำมันเตา	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อมูลทางด้านต้นทุนกระแสไฟฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนกระแสไฟฟ้าและราคาน้ำมันเชื้อเพลิง 3 ปี รายเดือน

นำข้อมูลต้นทุนกระแสไฟฟ้าและราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ช่วงเวลา 3 ปี คือ ปี 2556-ปี 2558 มาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลพร้อมสมการเส้นฐาน (Base line equation) เพื่อหาค่า Bese energy เทียบกับค่าการใช้จริง หาค่าผลต่างและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคัดกรองข้อมูลในส่วนที่ผิดปกติออก สรุปข้อมูลที่ใช้ได้ 28 ตัวอย่าง (78% ข้อมูลตัวอย่าง) ข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ 8 ตัวอย่าง จากนั้นนำข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูล ดังในภาพที่ 4.25 แสดงการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นต้นทุนกระแสไฟฟ้า

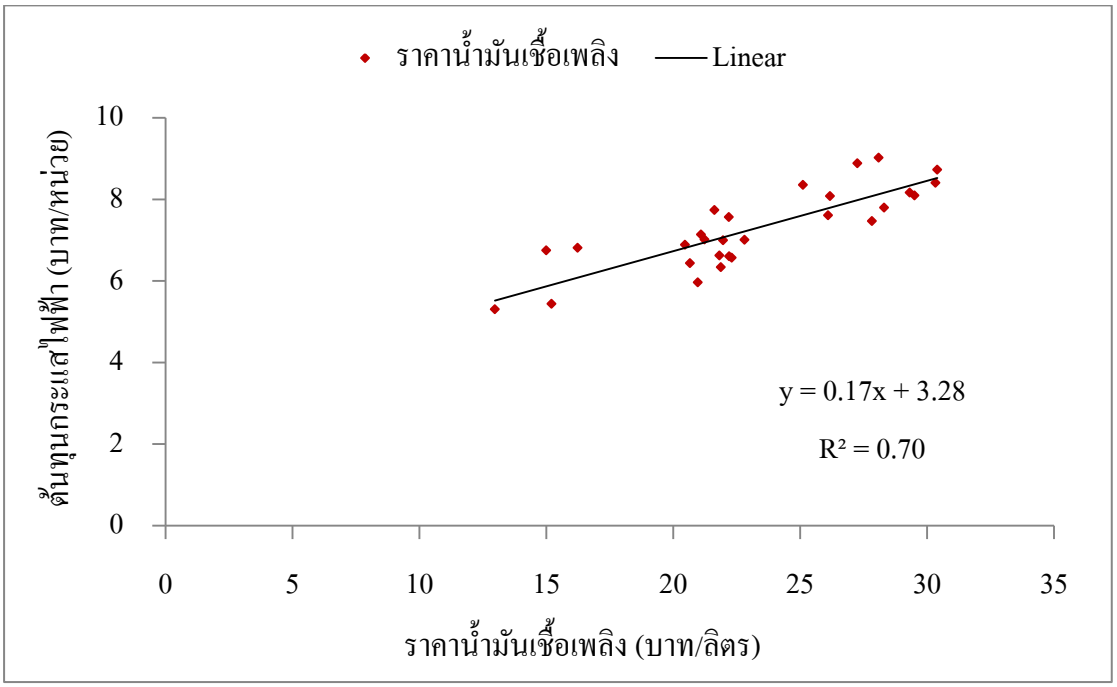
จากกราฟการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้น ซึ่งเป็นเครื่องมือในการสร้างสมการเส้นฐานที่ใช้วิเคราะห์ประเมินต้นทุนกระแสไฟฟ้า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายต้นทุนกระแสไฟฟ้าเมื่อทราบราคาน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีข้อสรุปดังนี้

สมการเส้นฐานที่ใช้วิเคราะห์ประเมินต้นทุนกระแสไฟฟ้า คือ

$$y = 0.172511x + 3.278750$$

เมื่อ y = คือ ต้นทุนกระแสไฟฟ้า (บาท/หน่วย)

x = คือ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ลิตร)

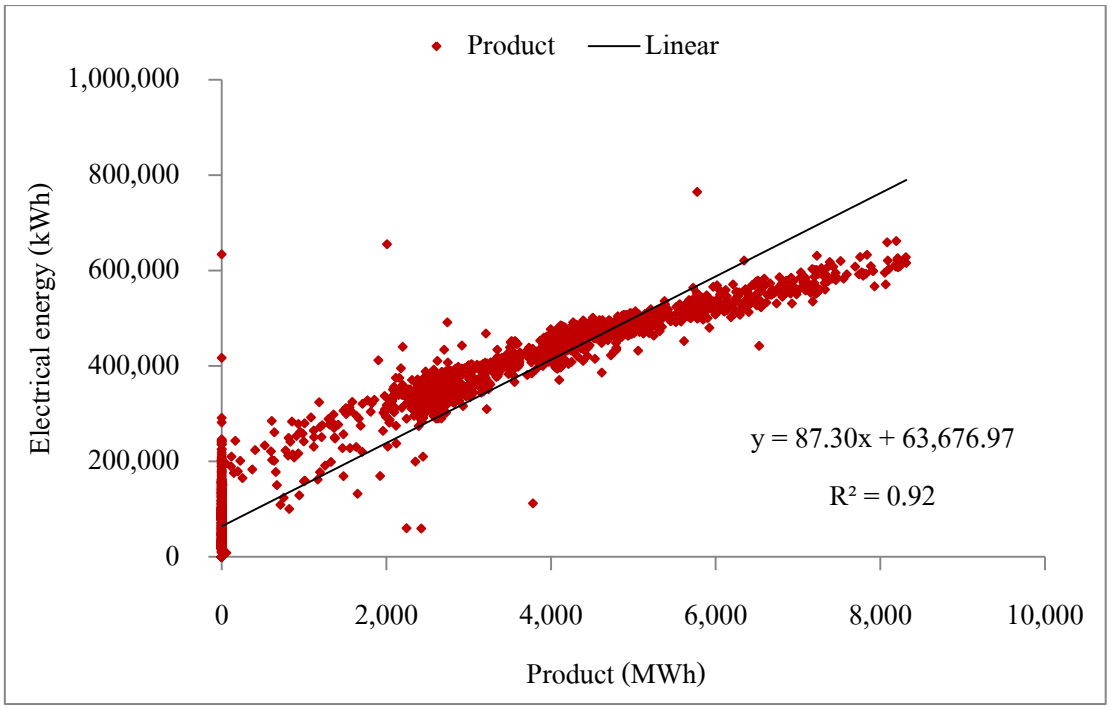


ภาพที่ 4.25 การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นต้นทุนกระแสไฟฟ้า

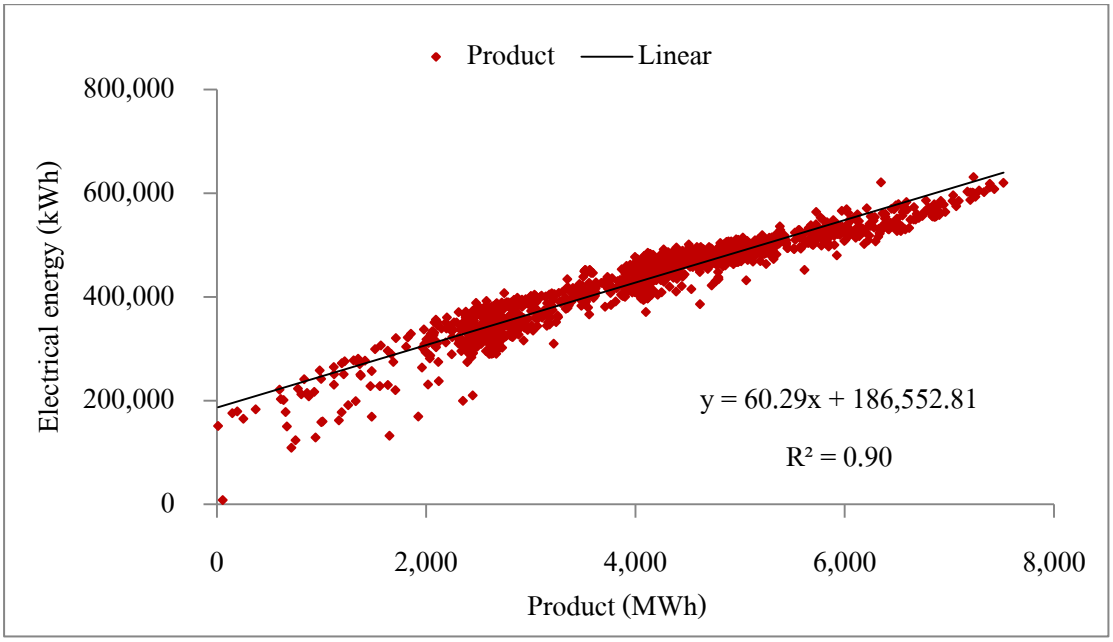
ข้อมูลทางด้านพลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์เพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า 11 ปี รายวัน

นำข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน ช่วงเวลา 11 ปี คือ ปี 2548-ปี 2558 มาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลพร้อมสมการเส้นฐาน (Base line equation) เพื่อหาค่า Bese energy เทียบกับค่าการใช้จริง หาค่าผลต่างและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคัดกรองข้อมูลในส่วนที่ผิดปกติออก สรุปข้อมูลที่ใช้ได้ 1,982 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.26 ข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ 2,009 ตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลวันที่ไม่มีการเดินเครื่องผลิต จากนั้นนำข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังในภาพที่ 4.27 แสดงการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า ส่วนในภาพที่ 4.28 แสดงค่าผลต่างและผลต่างสะสม โดยเทียบกันระหว่างค่าใช้จริงและค่า Bese energy ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นจากสมการเส้นฐาน เพื่อนำข้อมูลที่แสดงผลเป็นรูปกราฟมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา 11 ปี ที่ผ่านมา



ภาพที่ 4.26 การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลพลังงานไฟฟ้า 11 ปี



ภาพที่ 4.27 การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า 11 ปี

การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

แสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานในรอบ 11 ปี (2548-2558) โดยวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (Difference; DIFF) และกราฟค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (Cumulative sum of different; CUSUM) ดังภาพที่ 4.28 เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงาน จากเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นรูป VA ให้ความหมายว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีทั้งดีและไม่ดีสลับกันเป็นช่วง

ช่วงที่ 1 (2548) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำ

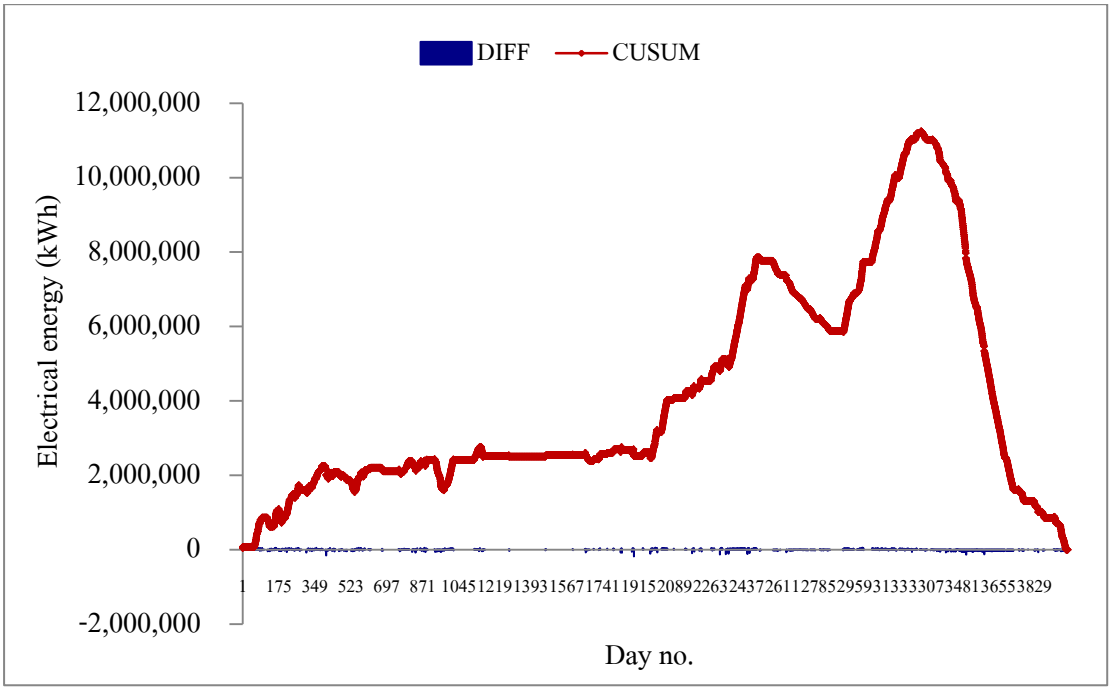
ช่วงที่ 2 (2549-2552) เส้นกราฟวางตัวอยู่ในแนวนอนมีแกว่งตัวบ้าง แต่ส่วนใหญ่ด้านต่ำ แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ

ช่วงที่ 3 (2553-2554) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำลง

ช่วงที่ 4 (2555) เส้นกราฟมีความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ช่วงที่ 5 (2556) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำลง

ช่วงสุดท้าย (2557-2558) เส้นกราฟมีความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



ภาพที่ 4.28 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า 11 ปี

การเลือกข้อมูลและการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

จากภาพที่ 4.28 เลือกช่วงที่มีข้อมูลค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง 2 ช่วง (2555 และ 2557) ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ (18% ข้อมูลตัวอย่าง) เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานอ้างอิง นำมาสร้างกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพร้อมหาสมการเส้นฐานดังในภาพที่ 4.29

จากการประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.30 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิต และศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

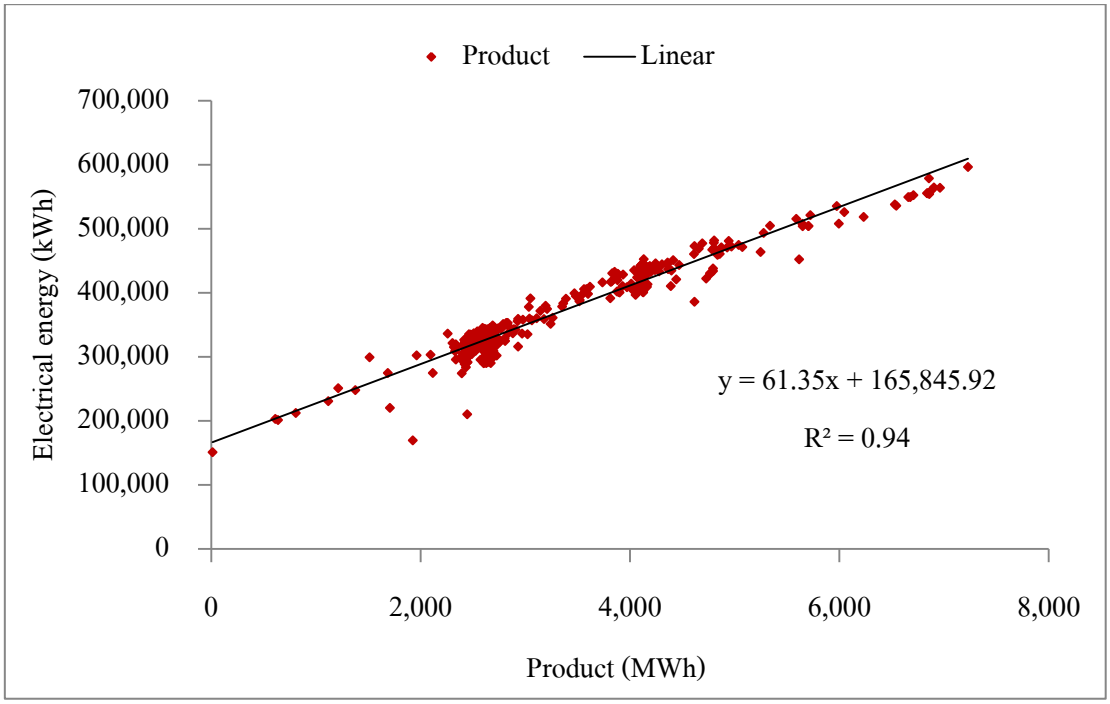
1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานของปีต่อไป คือ

$$y = 61.351520x + 165{,}845.922094$$

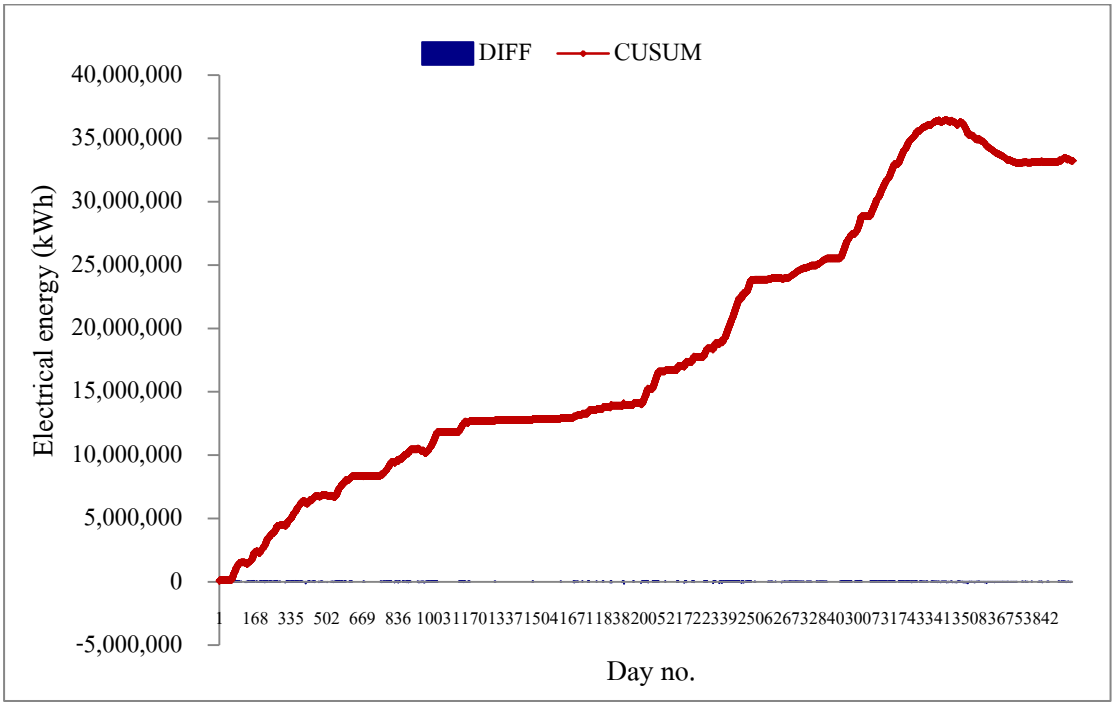
เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายวัน (kWh)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 11 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 33,233,020.42 kWh หรือคิดเป็น 4.08% (คิด 1,982 วัน)



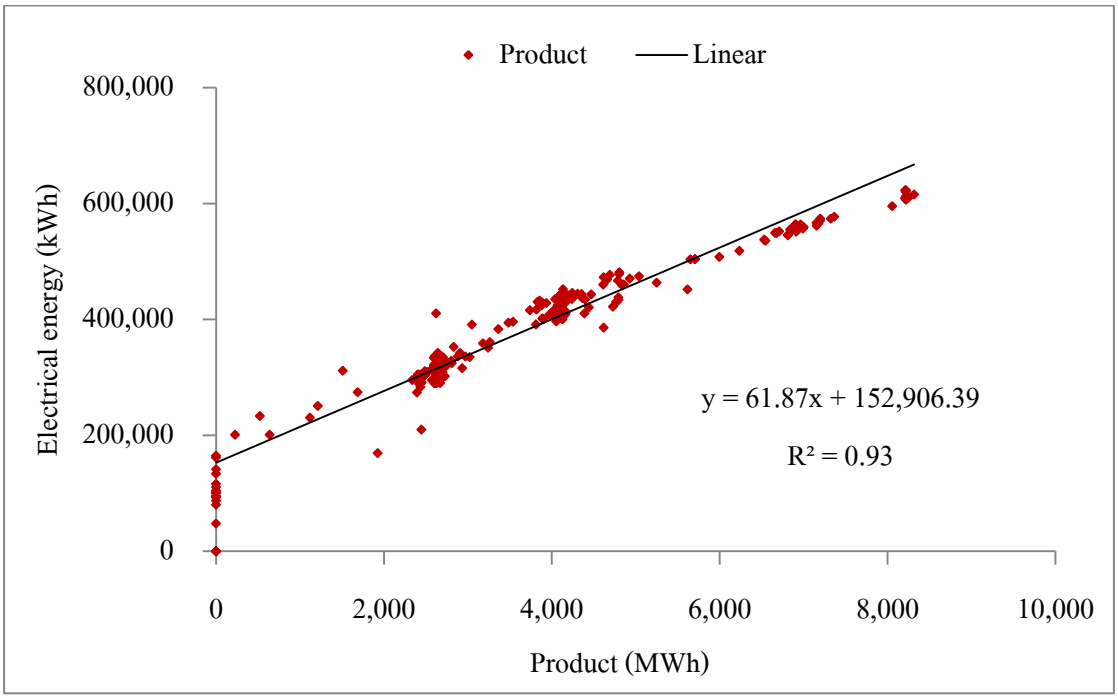
ภาพที่ 4.29 การกระจายตัวของข้อมูลที่มีค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานไฟฟ้า 11 ปี



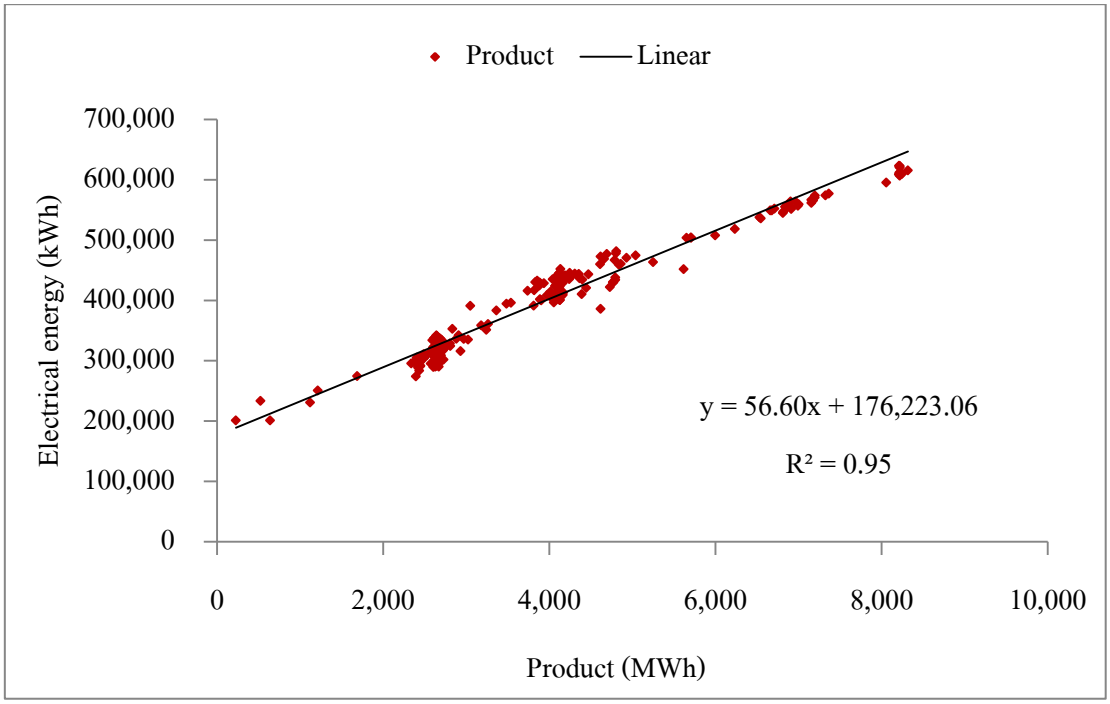
ภาพที่ 4.30 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 11 ปี

การวิเคราะห์เพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานไฟฟ้า ปี 2557

นำข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน ปี 2557 มาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลพร้อมสมการเส้นฐาน (Base line equation) เพื่อหาค่า Bese energy เทียบกับค่าการใช้จริง หาค่าผลต่างและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคัดกรองข้อมูลในส่วนที่ผิดปกติออก สรุปข้อมูลที่ใช้ได้ 344 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.31 ข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ 22 ตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลวันที่ไม่มีการเดินเครื่องผลิต จากนั้นนำข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังในภาพที่ 4.32 แสดงการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า ส่วนในภาพที่ 4.33 แสดงค่าผลต่างและผลต่างสะสม โดยเทียบกันระหว่างค่าใช้จริงและค่า Bese energy ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นจากสมการเส้นฐาน เพื่อนำข้อมูลที่แสดงผลเป็นรูปกราฟมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา 1 ปี ที่ผ่านมา



ภาพที่ 4.31 การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลพลังงานไฟฟ้า 1 ปี



ภาพที่ 4.32 การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานไฟฟ้า 1 ปี

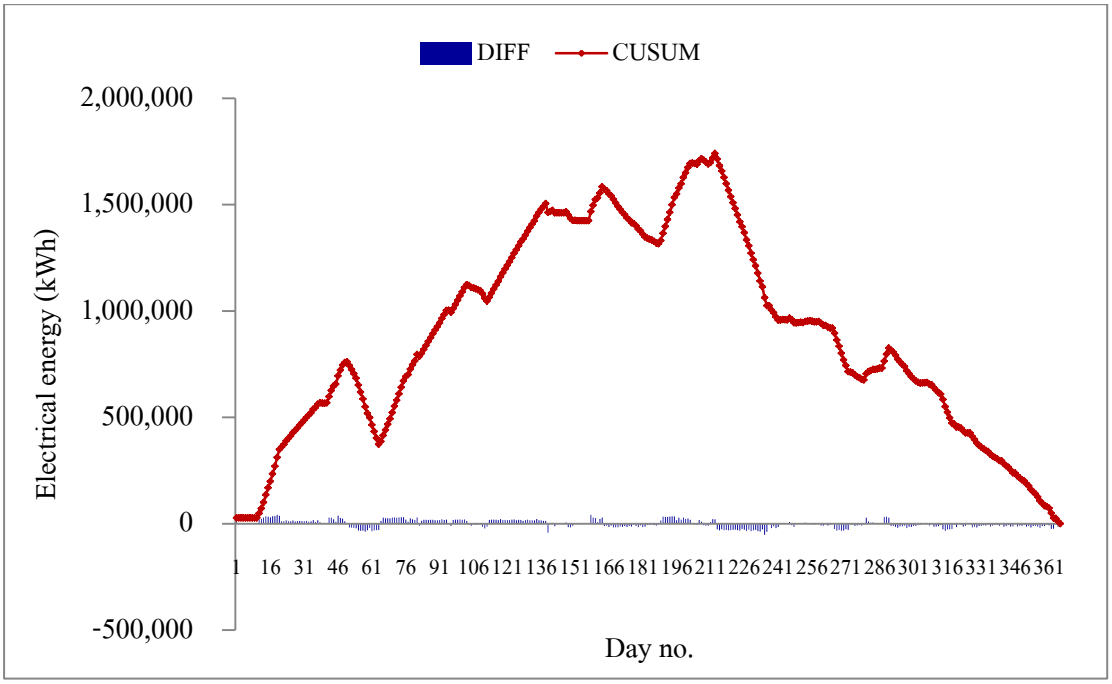
การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

แสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานในรอบ 1 ปี (2557) โดยวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (Difference; DIFF) และกราฟค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (Cumulative sum of different; CUSUM) ดังภาพที่ 4.33 เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงาน จากเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นรูป AV ให้ความหมายว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีทั้งดีและไม่ดีสลับกันเป็นช่วง

ช่วงที่ 1 (5 เดือนแรก) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกสลับกับลบบางในบางช่วงแต่ค่าบวกมีขนาดมากกว่า หมายถึงภาพรวมมีการใช้พลังงานสูงกว่าเส้นฐานหรือค่าอ้างอิง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไม่มีประสิทธิภาพ

ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 6 และ 7) เส้นกราฟมีความชันเป็นลบแล้วชันขึ้นบวกสลับกัน แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพดีและไม่ดีในช่วงนี้

ช่วงที่ 3 (5 เดือนสุดท้าย) เส้นกราฟมีความชันเป็นลบสลับกับบวกบางในบางช่วง แต่ค่าลบมีขนาดมากกว่า แสดงว่าภาพรวมพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4.33 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ปี

การเลือกข้อมูลและการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้ผลดังนี้

จากภาพที่ 4.33 เลือกช่วงที่มีข้อมูลค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง 5 ช่วง ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ (45% ข้อมูลตัวอย่าง) เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานอ้างอิง นำมาสร้างกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพร้อมหาสมการเส้นฐานดังในภาพที่ 4.34

จากการประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.35 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานไฟฟ้า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

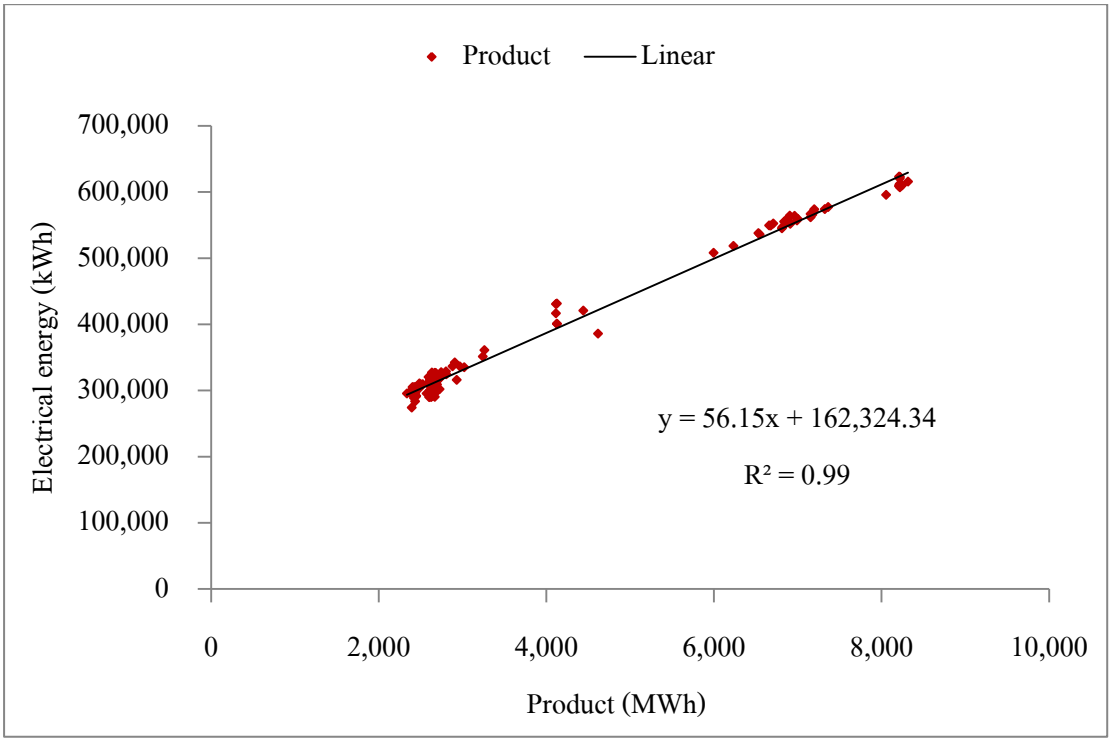
1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานของปีต่อไป คือ

$$y = 56.153361x + 162,324.343510$$

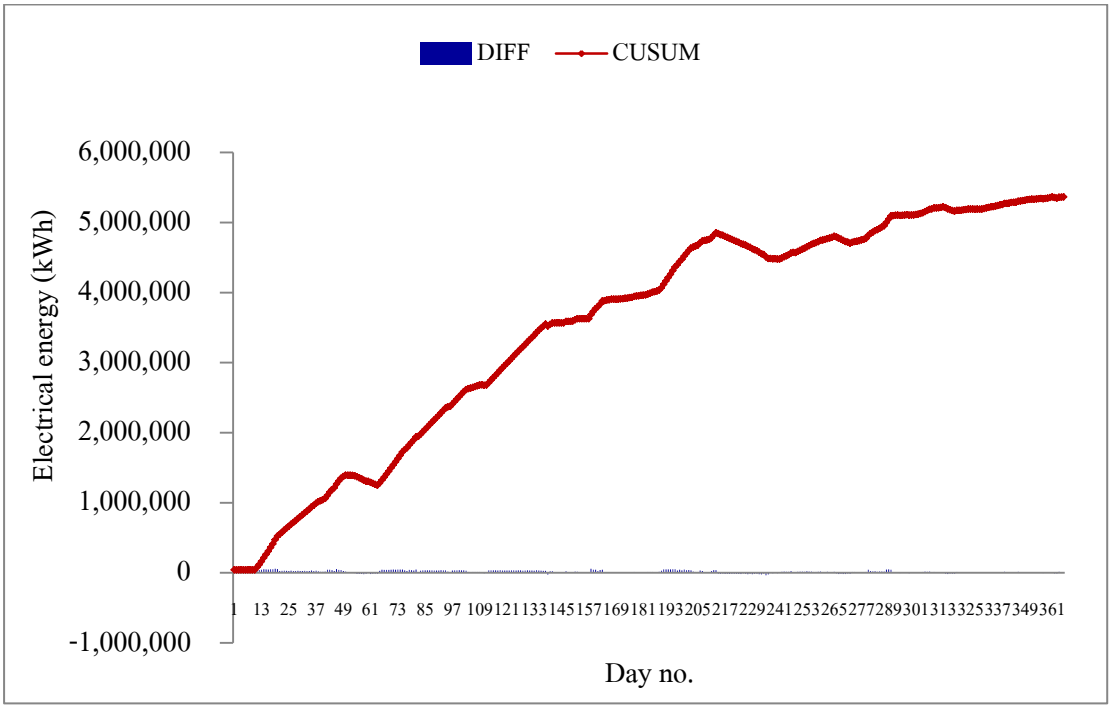
เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายวัน (kWh)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 5,365,166.83 kWh หรือคิดเป็น 3.99% (คิด 344 วัน)



ภาพที่ 4.34 การกระจายตัวของข้อมูลที่มีค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานไฟฟ้า 1 ปี



ภาพที่ 4.35 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 ปี

นำข้อมูลทางด้านพลังไฟฟ้า Technical data ของมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่าสภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูล เนื่องจากข้อมูลใน Technical data แสดงตัวเลขการใช้พลังไฟฟ้าในช่วงภาระโหลดสูงอย่างเดียวจึงเปรียบเทียบเฉพาะในช่วงที่ภาระโหลด 340 MW เพื่อหาการใช้พลังไฟฟ้าบนพื้นฐานหน้าที่หลัก นำข้อมูลไปประกอบการพิจารณาหาแนวทางการลดการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ โดยกำหนดออกมาในรูปของมาตรการประหยัดพลังงาน รายละเอียดข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ และตารางที่ 4.37 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

จากตารางที่ 4.32 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง จะพบว่าอุปกรณ์ Fuel oil pump 1 และ 2 Gas recirculation fan 1 และ 2 Forced draft fan 1 และ 2 และ Induced draft fan 1 และ 2 จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า Technical data 36.56% 38.34% 67.99% 63.36% 20.22% 16.46% และ 51.63% 51.96 ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.36

จากตารางที่ 4.33 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ จะพบว่าอุปกรณ์ Condenser vacuum pump 1 และ 2 LP heater drain pump 1 และ 2 Cooling tower fan 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 และ 12 Closed cycle cooling water pump 1 และ 2 Circulating water pump 1 และ 2 Condensate pump 1 และ 2 และ Boiler feed pump 1 2 และ 3 จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า Technical data 16.85% 15.51% 9.90% 15.11% 8.25% 7.17% 5.49% 5.42% 5.47% 6.36% 13.44% 9.03% 8.60% 2.94% 7.11% 10.72% 29.08% 29.09% 23.15% 21.34% 8.82% 9.39% 12.45% และ 15.59% 14.99% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.37

จากตารางที่ 4.34 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะพบว่าอุปกรณ์ FGD Seal air fan 1 Unit 1 ball mill Oxidation air blower 2 Absorber spray pump 1 และ Absorber spray pump 4 จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า Technical data 9.99% 26.83% 31.30% 10.08% และ 11.64% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.38

จากตารางที่ 4.35 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ จะพบว่าอุปกรณ์ Station air compressor 1 Station air compressor 2 Control air compressor 1

และ Control air compressor 2 จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า Technical data 38.33% 38.09% 25.64% และ 23.95% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.39

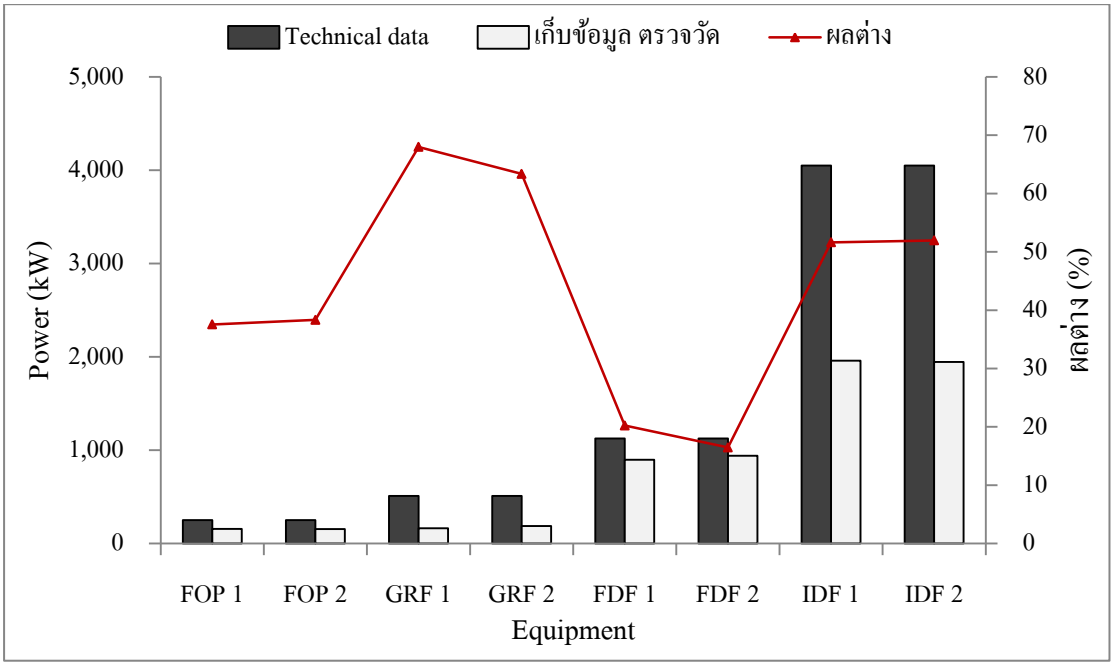
จากตารางที่ 4.36 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ จะพบว่าอุปกรณ์ Air Chiller 1-1 Air Chiller 1-2 Air Chiller 2 CWP 1-1 CWP 1-2 CWP 2 AHU 1-1A AHU 1-1B AHU 1-2A AHU 1-2B AHU 2-1 AHU 2-2 AHU 3 AHU 4 AHU 5 AHU 6 AHU 7 และ AHU 8 จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าน้อยกว่า Technical data 11.44% 10.58% 7.50% 24.20% 23.90% 8.50% 15.77% 14.18% 17.95% 17.00% 16.91% 25.09% 9.19% 9.60% 10.00% 2.00% 10.00% และ 13.33% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.40

จากตารางที่ 4.37 แสดงเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง จะพบว่าหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium 400 W และหลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium 250 W จากการตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้ามากกว่ากรณีที่มีการเปิดใช้งานปกติ 46% 50% และ 50% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.41

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
1[1]	Fuel oil pump 1	kW	250	156.11
2[1]	Fuel oil pump 2	kW	250	154.15
3[1]	Gas recirculation fan 1	kW	510	163.25
4[1]	Gas recirculation fan 2	kW	510	186.86
5	Forced draft fan 1	kW	1,125	897.53
6	Forced draft fan 2	kW	1,125	939.78
7[1]	Induced draft fan 1	kW	4,050	1,958.91
8[1]	Induced draft fan 2	kW	4,050	1,945.51

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ 1 ตัวสามารถรับภาระโหลด 340 MW



ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ

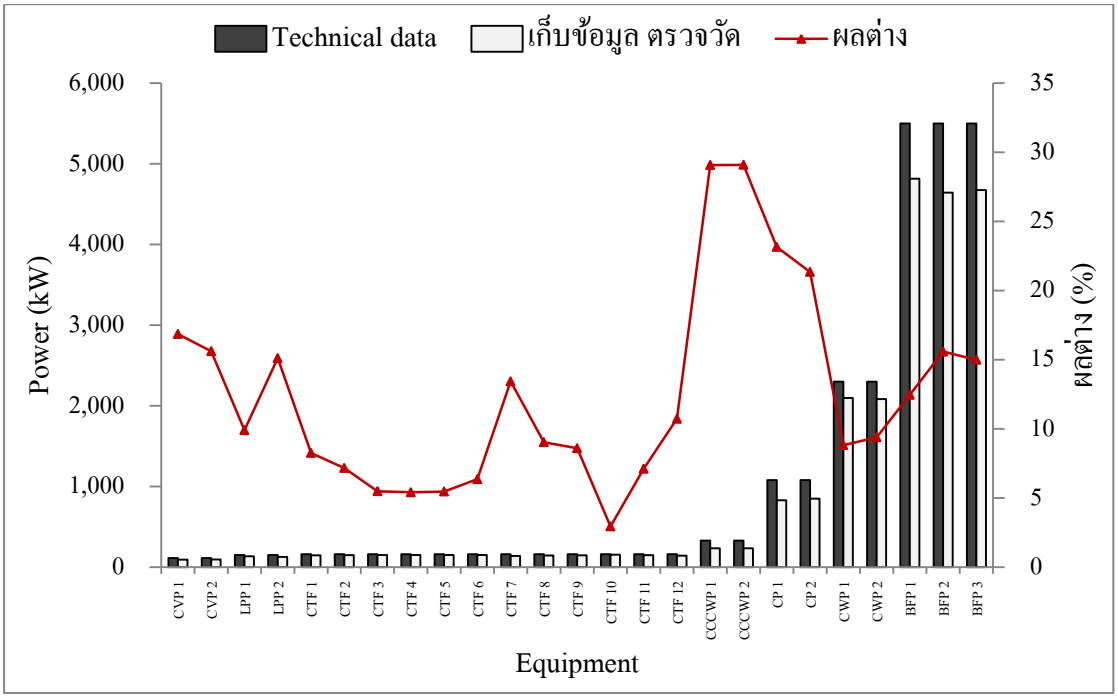
No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
1[1]	Condenser vacuum pump 1	kW	112	98.12
2[1]	Condenser vacuum pump 2	kW	112	99.51
3[1]	LP heater drain pump 1	kW	150	145.14
4[1]	LP heater drain pump 2	kW	150	147.34
5	Cooling tower fan 1	kW	160	146.80
6	Cooling tower fan 2	kW	160	148.53
7	Cooling tower fan 3	kW	160	151.21
8	Cooling tower fan 4	kW	160	151.34
9	Cooling tower fan 5	kW	160	151.25
10	Cooling tower fan 6	kW	160	149.82
11	Cooling tower fan 7	kW	160	138.50
12	Cooling tower fan 8	kW	160	145.56

ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกังหันไอน้ำ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
13	Cooling tower fan 9	kW	160	146.24
14	Cooling tower fan 10	kW	160	155.29
15	Cooling tower fan 11	kW	160	148.63
16	Cooling tower fan 12	kW	160	142.84
17[1]	Closed cycle cooling water pump 1	kW	330	234.04
18[1]	Closed cycle cooling water pump 2	kW	330	234.00
19[1]	Condensate pump 1	kW	1,080	829.95
20[1]	Condensate pump 2	kW	1,080	849.48
21	Circulating water pump 1	kW	2,300	2,097.07
22	Circulating water pump 2	kW	2,300	2,084.05
23[2]	Boiler feed pump 1	kW	5,500	4,815.04
24[2]	Boiler feed pump 2	kW	5,500	4,642.66
25[2]	Boiler feed pump 3	kW	5,500	4,675.56

หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ 1 ตัวสามารถรับภาระโหลด 340 MW

[2]อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ 2 ตัวสามารถรับภาระโหลด 340 MW



ภาพที่ 4.37 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบกังหันไอน้ำ

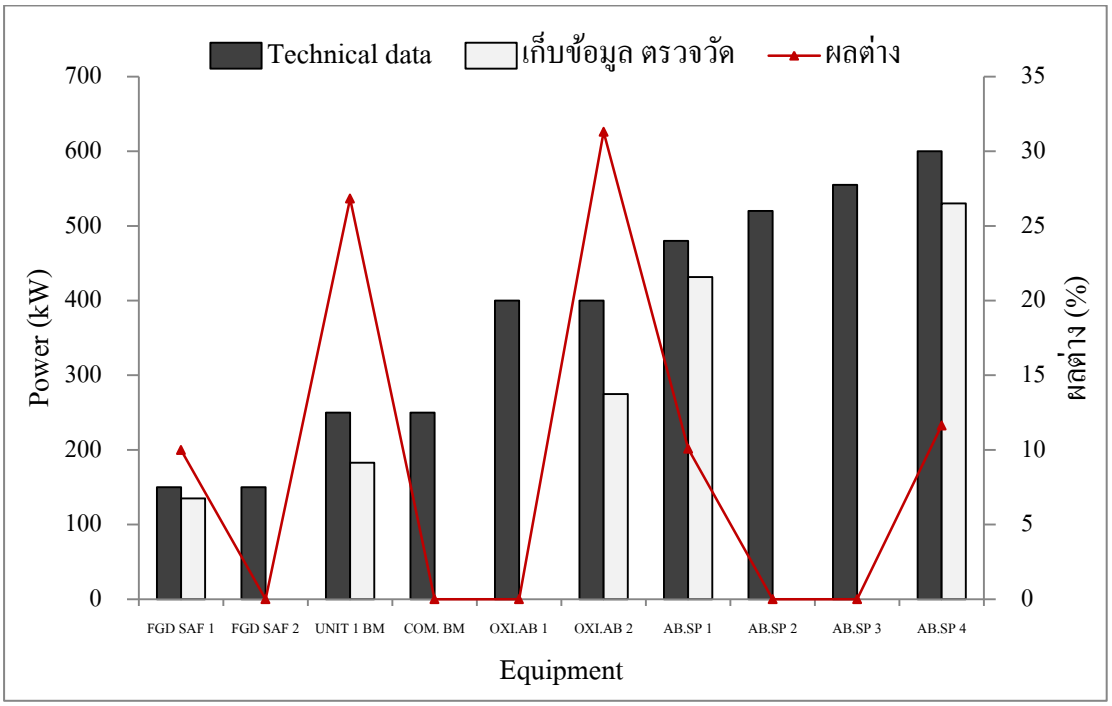
ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
1[1]	FGD SEAL AIR FAN 1	kW	150	135.02
2[1]	FGD SEAL AIR FAN 2	kW	150	-
3	UNIT 1 BALL MILL	kW	250	182.92
4	COMMON BALL MILL	kW	250	-
5	OXIDATION AIR BLOWER 1	kW	400	-
6	OXIDATION AIR BLOWER 2	kW	400	274.79
7	ABSORBER SPRAY PUMP 1	kW	480	431.61
8	ABSORBER SPRAY PUMP 2	kW	520	-

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ภาระโหลด 340 MW ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
9[1]	ABSORBER SPRAY PUMP 3	kW	555	-
10[1]	ABSORBER SPRAY PUMP 4	kW	600	530.17

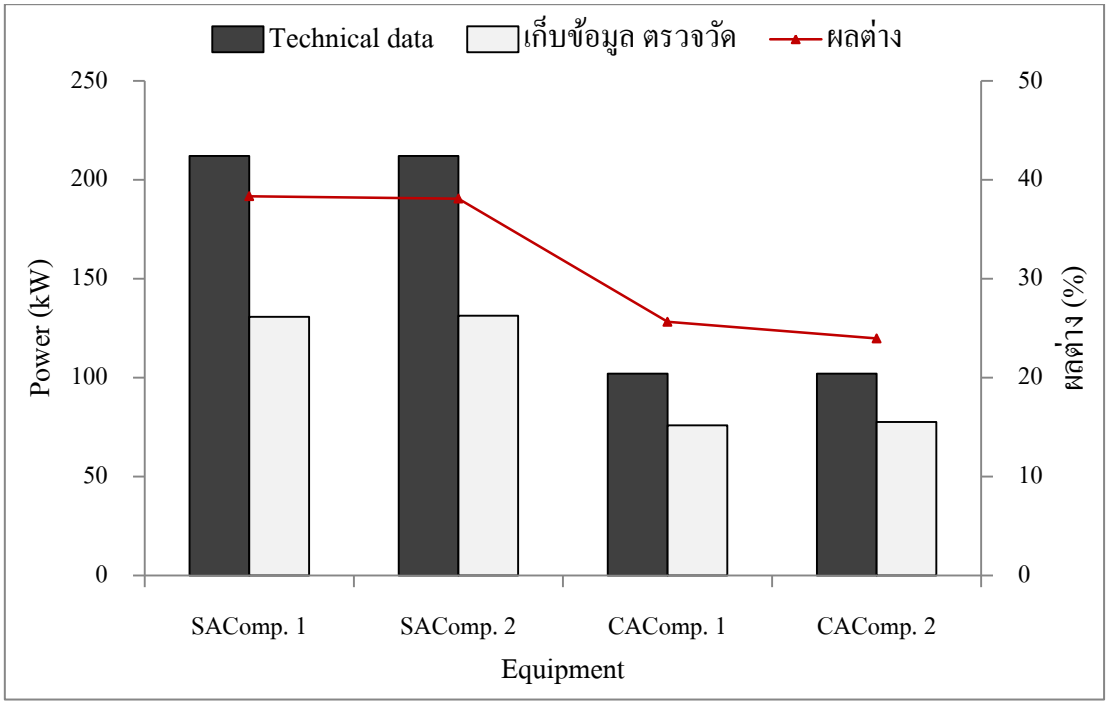
หมายเหตุ; [1]อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ 1 ตัวสามารถรับภาระโหลด 340 MW



ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
1	Station air compressor 1	kW	212	130.74
2	Station air compressor 2	kW	212	131.26
3	Control air compressor 1	kW	102	75.85
4	Control air compressor 2	kW	102	77.57



ภาพที่ 4.39 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าคอมเพรสเซอร์ระบบอัดอากาศ

ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ

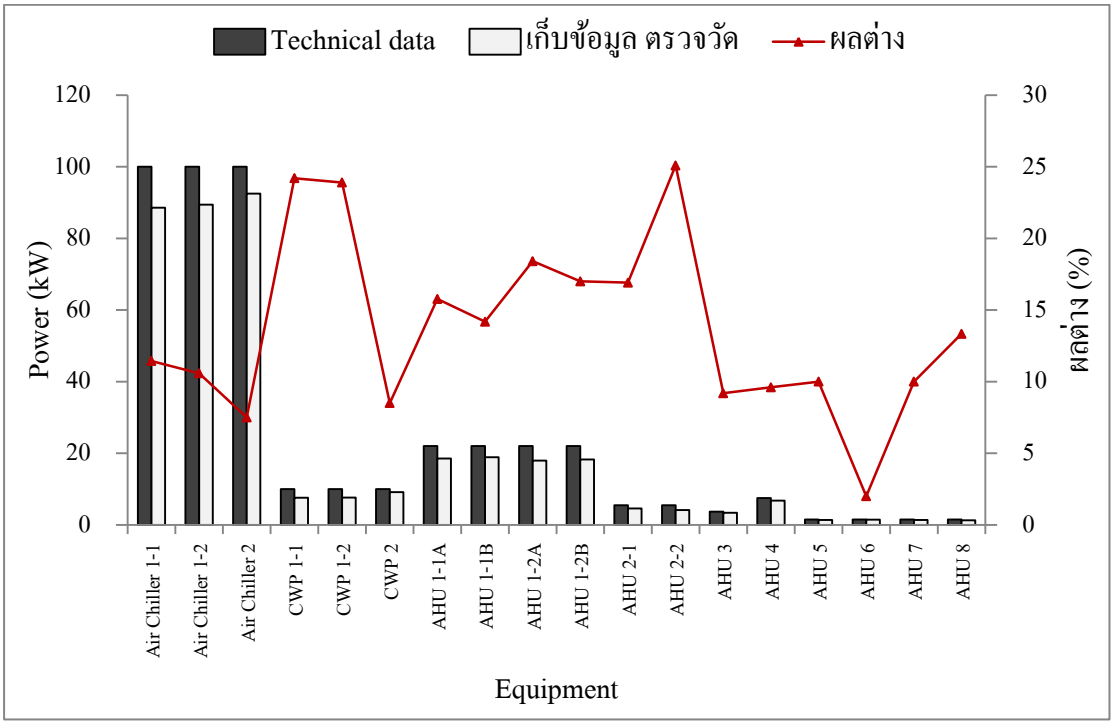
No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
1[1]	Air Chiller 1-1	kW	100	88.56
2[1]	Air Chiller 1-2	kW	100	89.42
3[2]	Air Chiller 2	kW	100	92.50
4[1]	CWP 1-1	kW	10	7.58
5[1]	CWP 1-2	kW	10	7.61
6[2]	CWP 2	kW	10	9.15
7[1]	AHU 1-1A	kW	22	18.05
8[1]	AHU 1-1B	kW	22	18.88
9[1]	AHU 1-2A	kW	22	18.05
10[1]	AHU 1-2B	kW	22	18.26
11[1]	AHU 2-1	kW	5.5	4.57
12[1]	AHU 2-2	kW	5.5	4.12

ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ (ต่อ)

No.	อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	เก็บข้อมูล ตรวจวัด
13[2]	AHU 3	kW	3.7	3.36
14[2]	AHU 4	kW	7.5	6.78
15[2]	AHU 5	kW	1.5	1.35
16[2]	AHU 6	kW	1.5	1.47
17[2]	AHU 7	kW	1.5	1.35
18[2]	AHU 8	kW	1.5	1.30

หมายเหตุ; [1]ปรับอากาศห้อง Control Room และห้องควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทั้งหมด

[2]ปรับอากาศห้อง Office ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้า

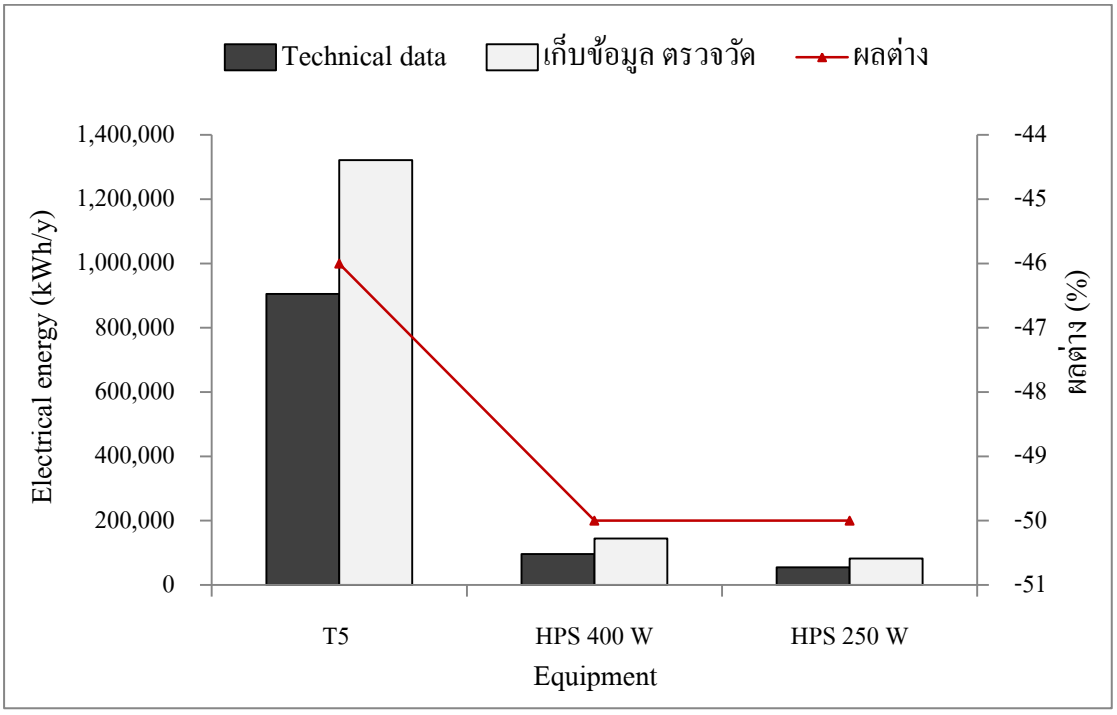


ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์และมอเตอร์ระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 4.37 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

No.	อุปกรณ์	หน่วย	เปิดใช้ปกติ[1]	ตรวจวัด
1	หลอดไฟแส่งสว่างชนิด T5	kWh/y	905,177	1,321,590
2	หลอดไฟแส่งสว่างชนิด High pressure sodium 400 W	kWh/y	96,360	144,540
3	หลอดไฟแส่งสว่างชนิด High pressure sodium 250 W	kWh/y	54,750	82,125

หมายเหตุ: [1]ภาคผนวก ซ

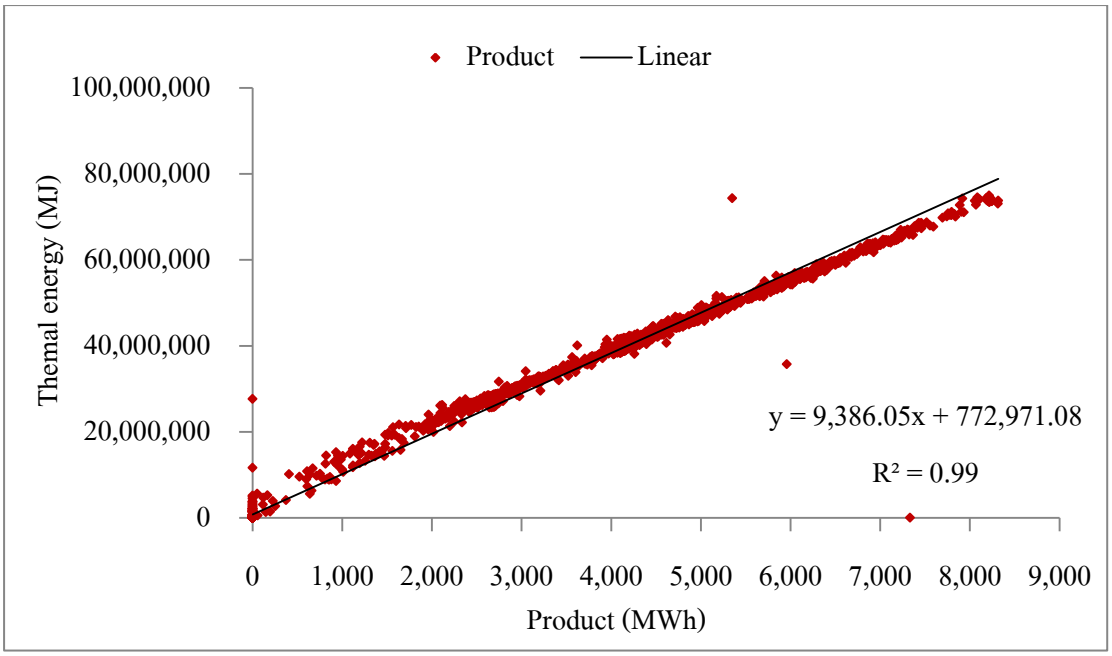


ภาพที่ 4.41 เปรียบเทียบผลต่างหน่วยพลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

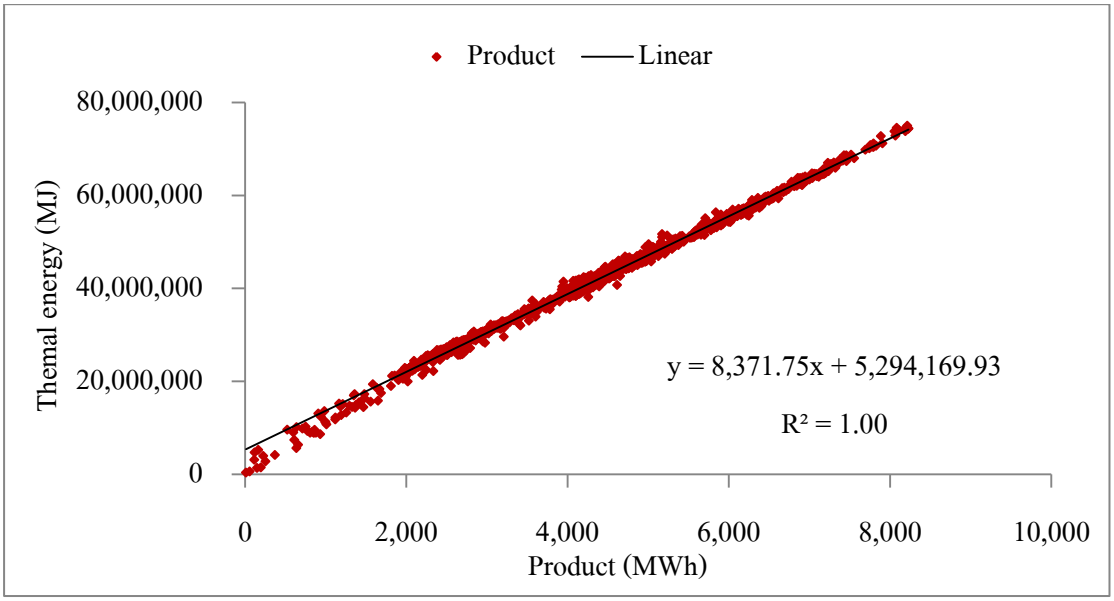
ข้อมูลทางด้านพลังงานความร้อน

การวิเคราะห์เพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน 11 ปี รายวัน

นำข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนรายวัน ช่วงเวลา 11 ปี คือ ปี 2548-ปี 2558 มาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลพร้อมสมการเส้นฐาน (Base line equation) เพื่อหาค่า Bese energy เทียบกับค่าการใช้จริง หาค่าผลต่างและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคัดกรองข้อมูลในส่วนที่ผิดปกติออก สรุปข้อมูลที่ใช้ได้ 2,042 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.42 ข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ 1,949 ตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลวันที่ไม่มีการเดินเครื่องผลิต จากนั้นนำข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังในภาพที่ 4.43 แสดงการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน ส่วนในภาพที่ 4.44 แสดงค่าผลต่างและผลต่างสะสม โดยเทียบกันระหว่างค่าใช้จริงและค่า Bese energy ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นจากสมการเส้นฐาน เพื่อนำข้อมูลที่แสดงผลเป็นรูปกราฟมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนช่วงเวลา 11 ปี ที่ผ่านมา



ภาพที่ 4.42 การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน 11 ปี



ภาพที่ 4.43 การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน 11 ปี

การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อน ได้ผลดังนี้

แสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานในรอบ 11 ปี (2548-2558) โดยวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (Difference; DIFF) และกราฟค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (Cumulative sum of different; CUSUM) ดังภาพที่ 4.44 เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานจากเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นรูป VA ให้ความหมายว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนมีทั้งดีและไม่ดี

ช่วงที่ 1 (2548-2550) เส้นกราฟมีความชันเป็นลบสลับกับบวกบางในบางช่วงแต่ค่าลบมีขนาดมากกว่า หมายถึงภาพรวมมีการใช้พลังงานต่ำกว่าเส้นฐานหรือค่าอ้างอิง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ

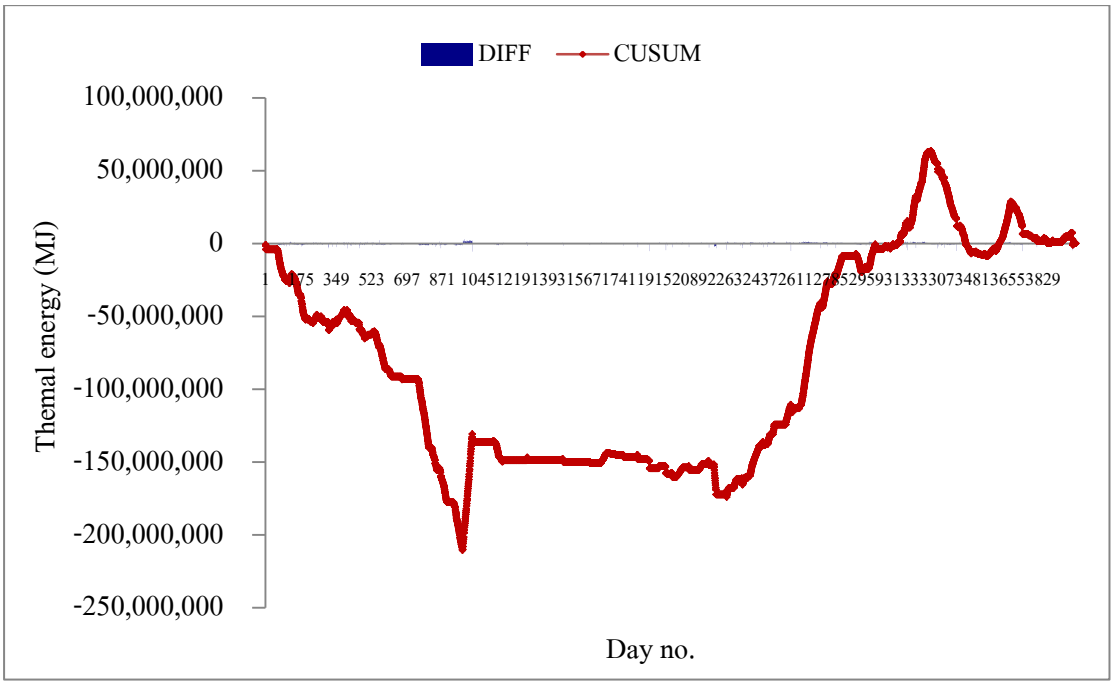
ช่วงที่ 2 (2550 ช่วง 4 เดือนสุดท้าย) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกอย่างต่อเนื่อง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำลง

ช่วงที่ 3 (2551-2553) เส้นกราฟวางตัวอยู่ในแนวนอนมีแกว่งตัวบ้างบางในบางช่วงแต่ค่าลบมีขนาดมากกว่า แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ

ช่วงที่ 4 (2554-2556) เส้นกราฟมีความชันสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นลบสลับกับบวกบางในบางช่วงต้นที่ 2554 และต้นปี 2556 แต่ค่าบวกมีขนาดมากกว่า แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำลง

ช่วงที่ 5 (2557) เส้นกราฟมีความชันเป็นลบอย่างต่อเนื่องในช่วงประมาณ 9 เดือนแรกของปี แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น แต่ช่วง 3 เดือนท้ายกราฟมีความชันสูงขึ้น แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพต่ำลง

ช่วงสุดท้าย (2558) เส้นกราฟมีความชันต่ำลงสลับกับสูงบางในบางช่วงแต่ค่าต่ำมีขนาดมากกว่า แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



ภาพที่ 4.44 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อน 11 ปี

การเลือกข้อมูลและการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน ได้ผลดังนี้

จากภาพที่ 4.44 เลือกช่วงที่มีข้อมูลค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง 2 ช่วง (2550 และ 2557) ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ (18% ข้อมูลตัวอย่าง) เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานอ้างอิง นำมาสร้างกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพร้อมหาสมการเส้นฐานดังในภาพที่ 4.45

จากการประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.46 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานความร้อน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

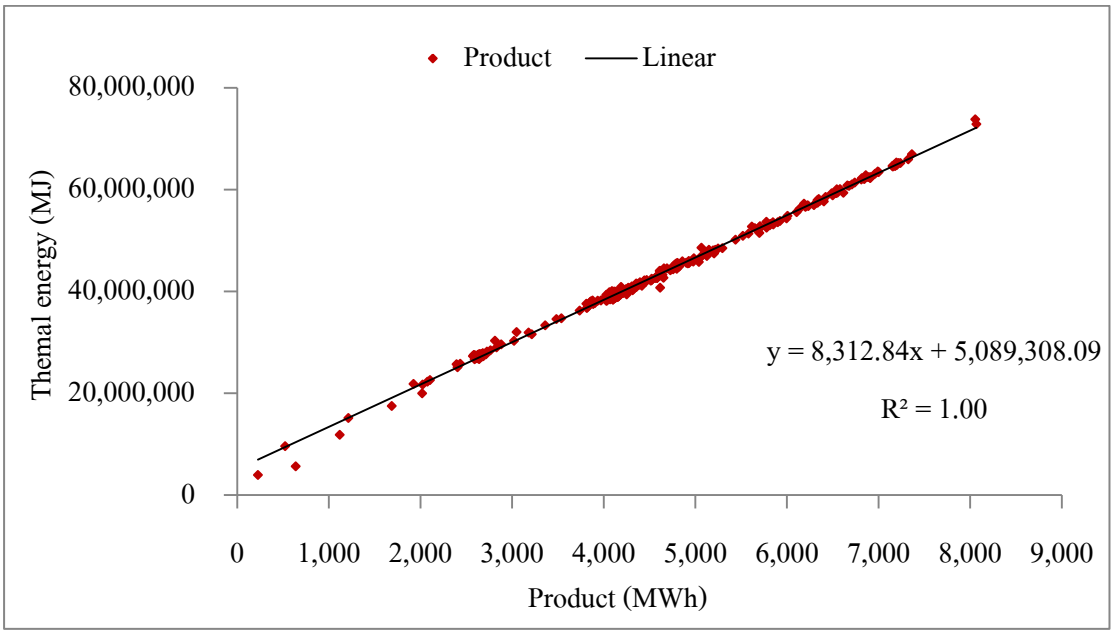
1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานของปีต่อไป คือ

$$y = 8{,}312.838979x + 5{,}089{,}308.088087$$

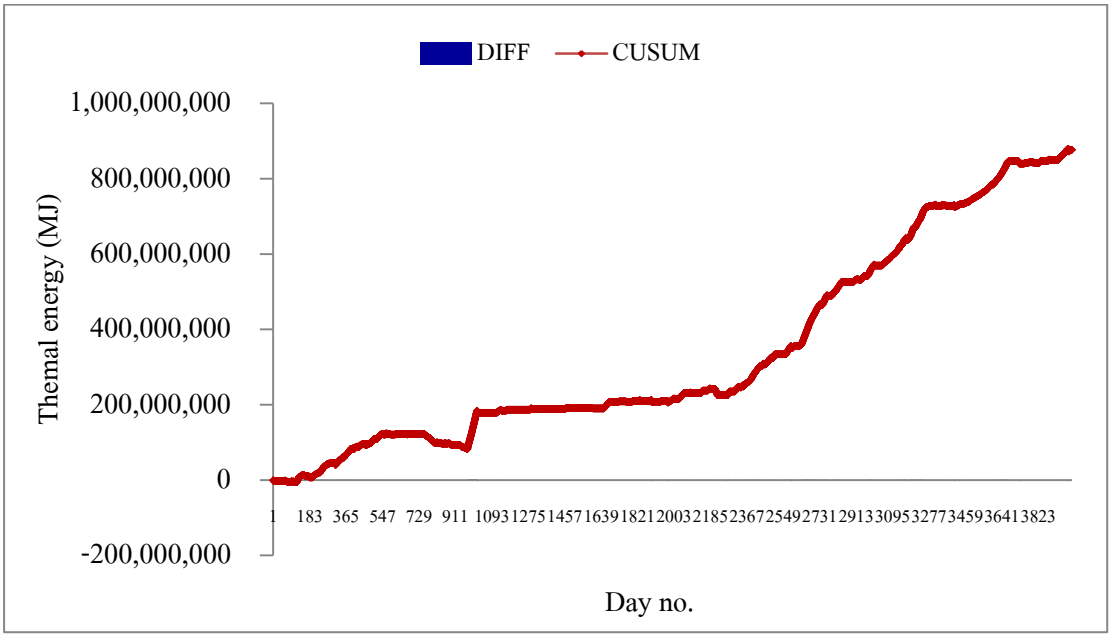
เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้รายวัน (MJ)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 11 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนได้สูงถึง 876,724,855.28 MJ หรือคิดเป็น 1.15% (คิด 2,042 วัน)



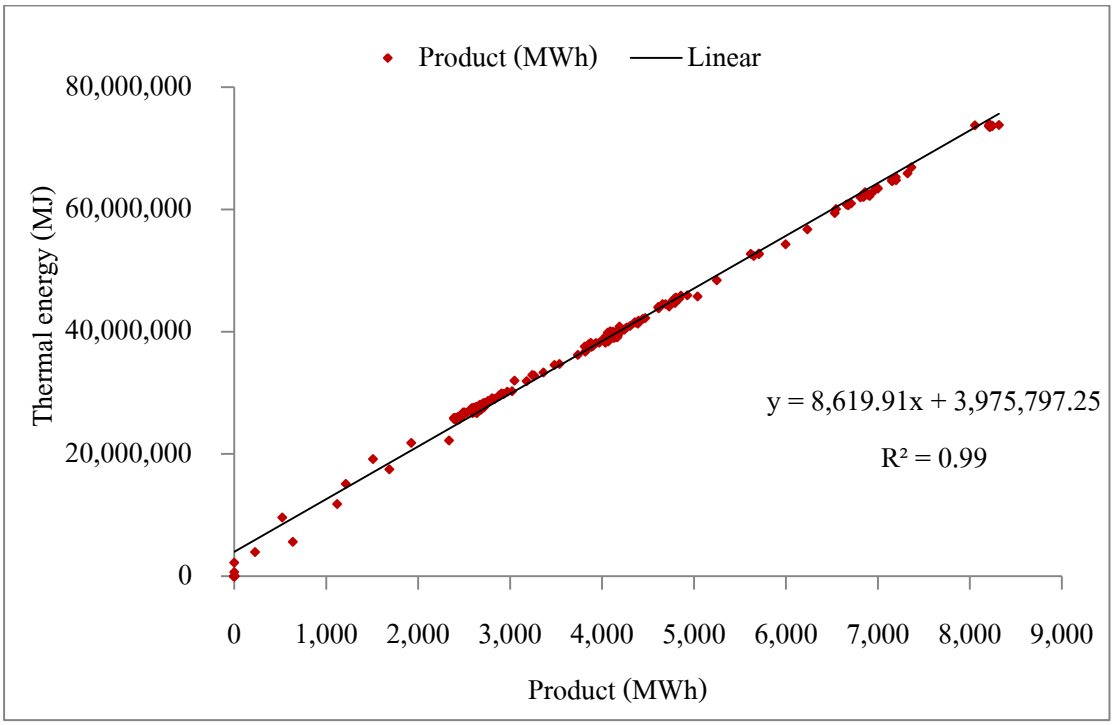
ภาพที่ 4.45 การกระจายตัวของข้อมูลที่ค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานความร้อน 11 ปี



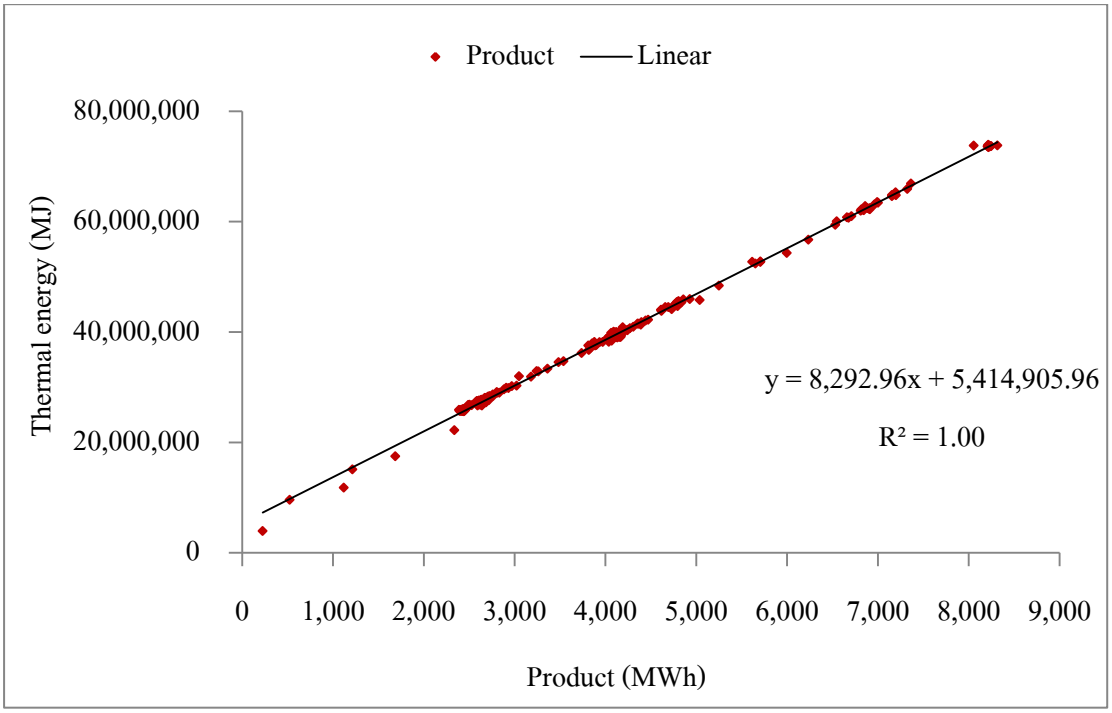
ภาพที่ 4.46 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน 11 ปี

การวิเคราะห์เพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน ปี 2557

นำข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนรายวัน ปี 2557 มาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลพร้อมสมการเส้นฐาน (Base line equation) เพื่อหาค่า Bese energy เทียบกับค่าการใช้จริง หาค่าผลต่างและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคัดกรองข้อมูลในส่วนที่ผิดปกติออก สรุปข้อมูลที่ใช้ได้ 347 ตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 4.47 ข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ 19 ตัวอย่าง โดยข้อมูลที่ใช้ไม่ได้ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลวันที่ไม่มีการเดินเครื่องผลิต จากนั้นนำข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาสร้างกราฟการกระจายตัวข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังในภาพที่ 4.48 แสดงการกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน ส่วนในภาพที่ 4.49 แสดงค่าผลต่างและผลต่างสะสม โดยเทียบกันระหว่างค่าใช้จริงและค่า Bese energy ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้นจากสมการเส้นฐาน เพื่อนำข้อมูลที่แสดงผลเป็นรูปกราฟมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนในช่วงเวลา 1 ปี ที่ผ่านมา



ภาพที่ 4.47 การกระจายตัวของข้อมูลเพื่อคัดกรองข้อมูลด้านพลังงานความร้อน 1 ปี



ภาพที่ 4.48 การกระจายตัวและการถดถอยแบบเชิงเส้นพลังงานความร้อน 1 ปี

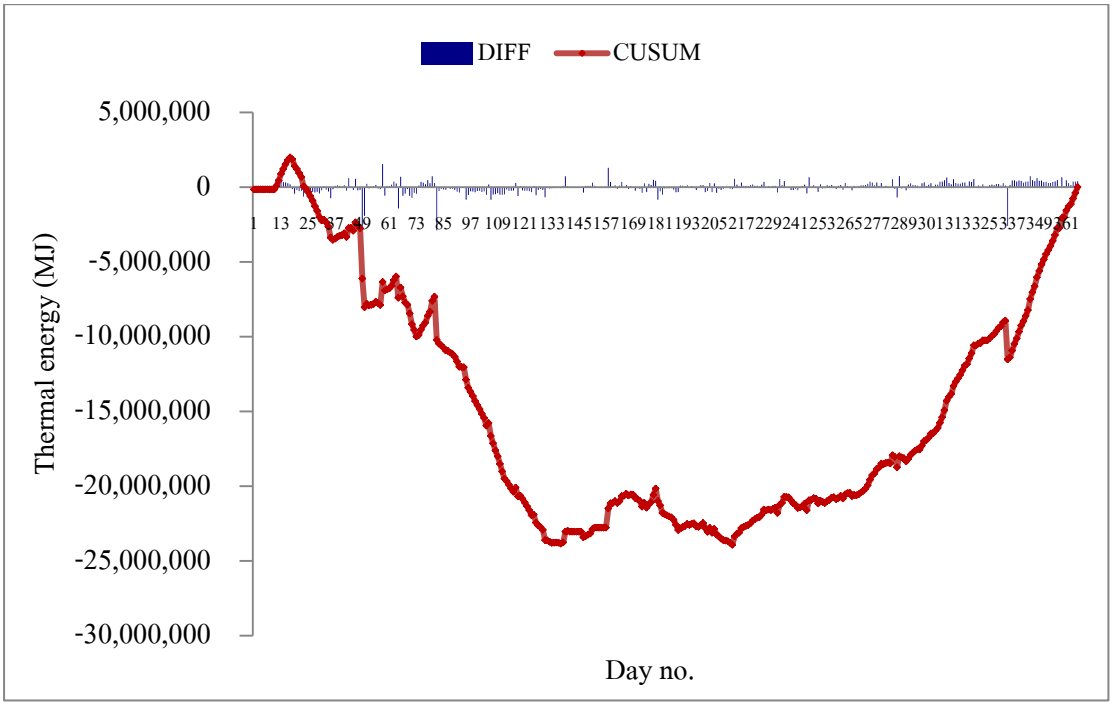
การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อน ได้ผลดังนี้

แสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานในรอบ 1 ปี (2557) โดยวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (Difference; DIFF) และกราฟค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (Cumulative sum of different; CUSUM) ดังภาพที่ 4.49 เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานจากเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นรูป AV ให้ความหมายว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานความร้อนมีทั้งดีและไม่ดีสลับกันเป็นช่วง

ช่วงที่ 1 (เดือนที่ 1 ถึง 4) เส้นกราฟมีความชันเป็นลบสลับกับบวกบางในบางช่วง แต่ค่าลบมีขนาดมากกว่า หมายถึงภาพรวมมีการใช้พลังงานต่ำกว่าเส้นฐานหรือค่าอ้างอิง แสดงว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ

ช่วงที่ 2 (เดือนที่ 5 ถึง 7) เส้นกราฟวางตัวอยู่ในแนวนอนมีแกว่งตัว แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพดีและไม่ดีในช่วงนี้สลับกัน

ช่วงที่ 3 (เดือนที่ 8 ถึง 12) เส้นกราฟมีความชันเป็นบวกสลับกับลบบางในบางช่วง แต่ค่าบวกมีขนาดมากกว่า แสดงว่าภาพรวมพฤติกรรมการใช้พลังงานไม่มีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4.49 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อน 1 ปี

การเลือกข้อมูลและการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน ได้ผลดังนี้

จากภาพที่ 4.49 เลือกช่วงที่มีข้อมูลค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่อง 2 ช่วง ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ (19% ข้อมูลตัวอย่าง) เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐานอ้างอิง นำมาสร้างกราฟการกระจายตัวของข้อมูลพร้อมหาสมการเส้นฐานดังในภาพที่ 4.50

จากการประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) เพื่ออธิบายพฤติกรรมการใช้พลังงานดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.51 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานความร้อน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

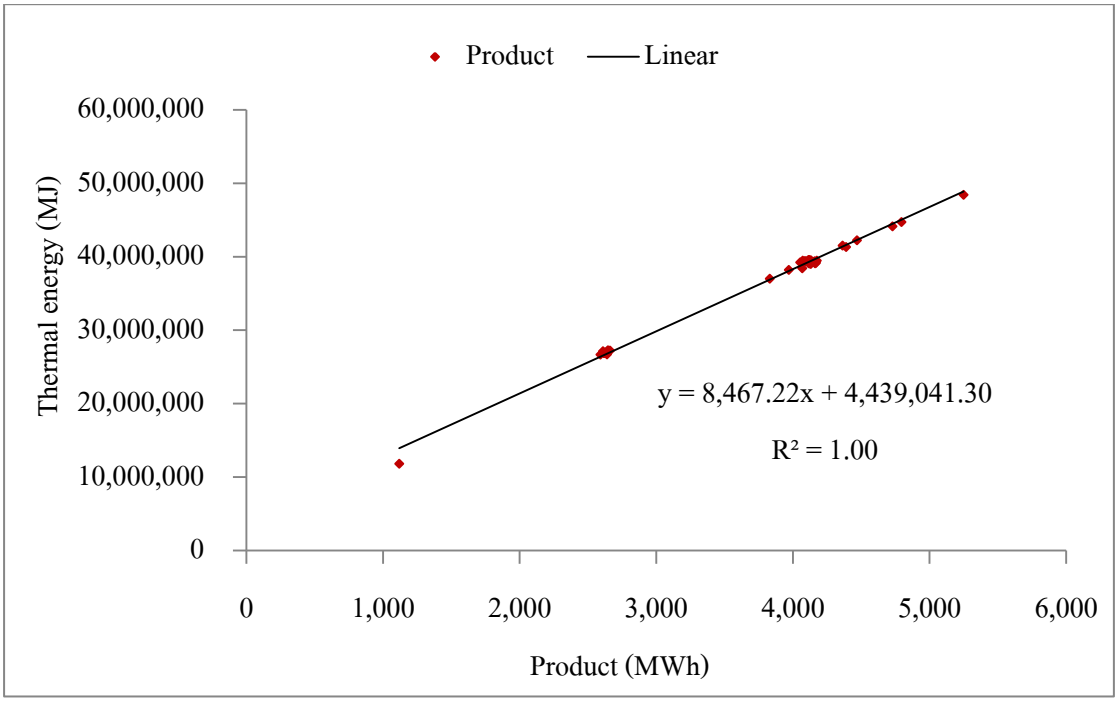
1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานของปีต่อไป คือ

$$y = 8{,}467.220384x + 4{,}439{,}041.303368$$

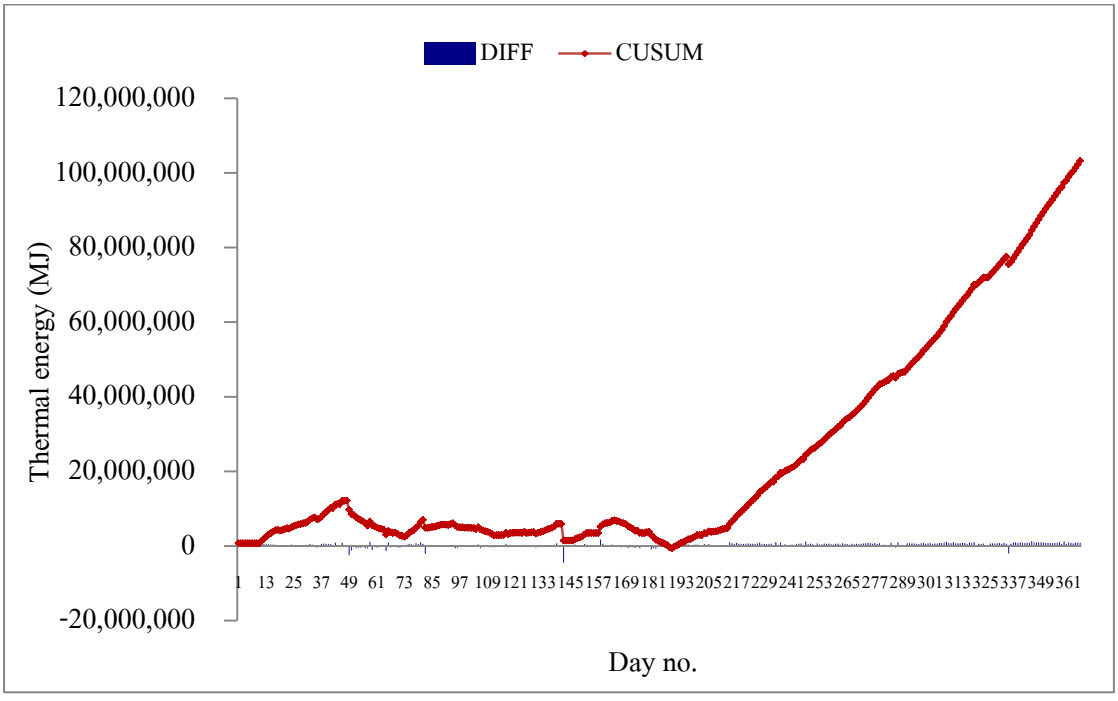
เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้รายวัน (MJ)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนได้สูงถึง 103,190,606.87 MJ หรือคิดเป็น 0.81% (คิด 347 วัน)



ภาพที่ 4.50 การกระจายตัวของข้อมูลที่ค่าความชันต่ำลงอย่างต่อเนื่องพลังงานความร้อน 1 ปี



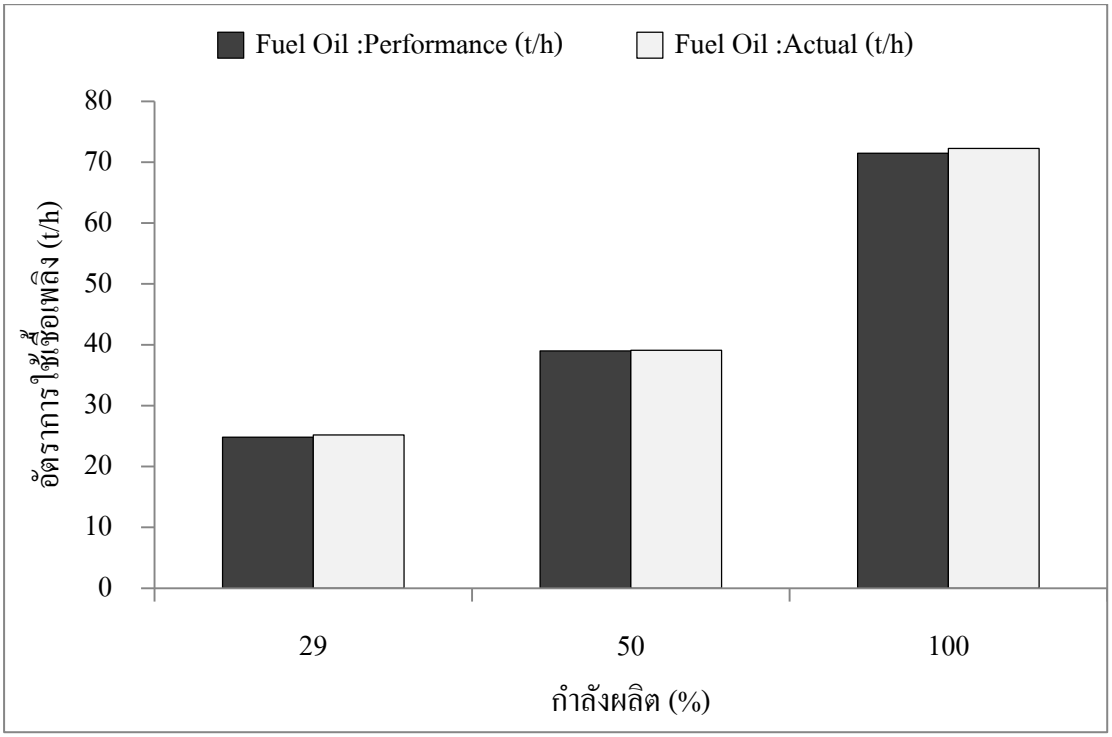
ภาพที่ 4.51 ผลต่างและผลต่างสะสมวิเคราะห์ศักยภาพการลดการใช้พลังงานความร้อน 1 ปี

วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลทางความร้อนหาการใช้พลังงานบนพื้นฐานหน้าที่หลักเพื่อนำข้อมูลไปกำหนดแนวทางการลดการใช้พลังงาน ในขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิดต่อไป ตารางที่ 4.38 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ เป็นค่าที่ได้มาจาก Performance data และการใช้จริงจะพบว่าการใช้เชื้อเพลิงที่กำลังผลิต 29% Performance data ใช้น้อยกว่าการใช้จริง 0.36 t/h หรือเท่ากับ 1.43% กำลังผลิต 50% Performance data ใช้น้อยกว่าการใช้จริง 0.1 t/h หรือเท่ากับ 0.26% และกำลังผลิต 100% Performance data ใช้น้อยกว่าการใช้จริง 0.8 t/h หรือเท่ากับ 1.11% ในส่วนของการผลิตไอน้ำที่กำลังผลิต 29% Performance data ผลิตน้อยกว่าการใช้จริง 10.11 t/h หรือเท่ากับ 3.01% กำลังผลิต 50% Performance data ผลิตน้อยกว่าการใช้จริง 12.56 t/h หรือเท่ากับ 2.36% และกำลังผลิต 100% Performance data ผลิตน้อยกว่าการใช้จริง 40.32 t/h หรือเท่ากับ 3.92% ส่วนข้อมูลที่เป็นรูปแบบกราฟดังแสดงในภาพที่ 4.52 เปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิง และภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบอัตราการผลิตไอน้ำ

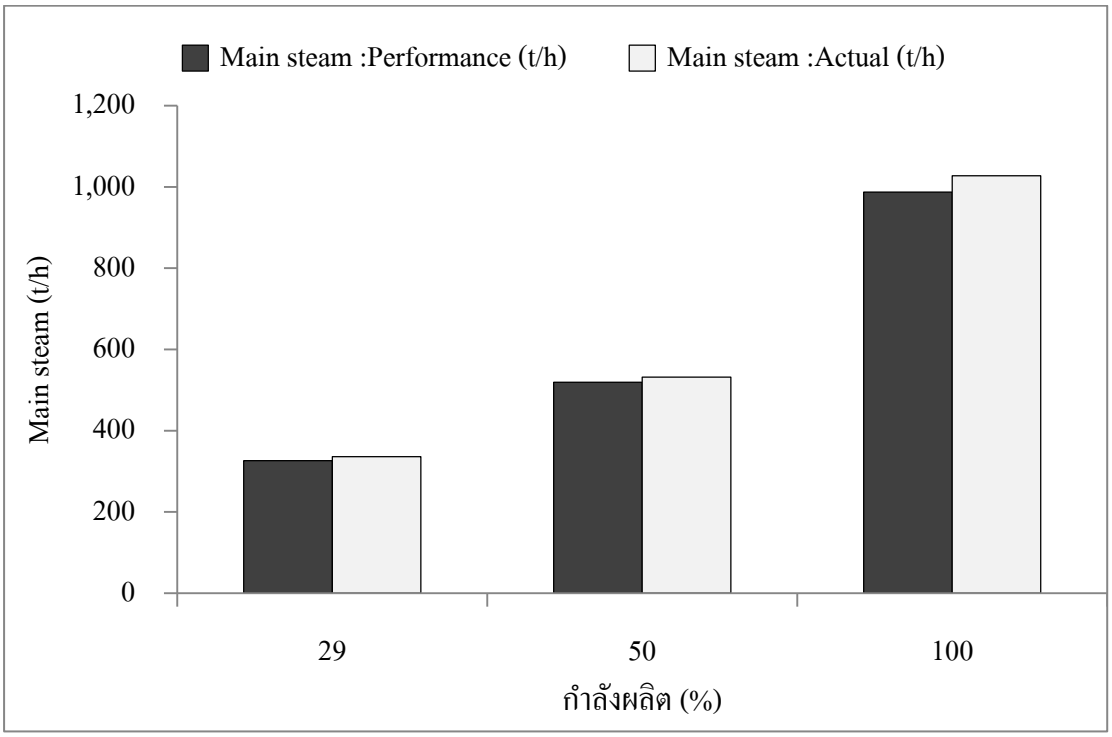
ตารางที่ 4.38 เปรียบเทียบปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ อัตราการใช้เชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำ

กำลังผลิต (%)	แหล่งข้อมูล	ไฟฟ้าที่ผลิต (MWh)	การใช้เชื้อเพลิง (t/h)	การผลิตไอน้ำ (t/h)
29	Performance data	100	24.82	326.14
	การใช้จริง	100.02	25.18	336.25
50	Performance data	170	38.99	519.18
	การใช้จริง	170.00	39.09	531.74
100	Performance data	340	71.46	987.10
	การใช้จริง	340.01	72.26	1,027.42

หมายเหตุ; Performance data ค่าอ้างอิงจากผู้ผลิต



ภาพที่ 4.52 เปรียบเทียบอัตราการใช้เชื้อเพลิง

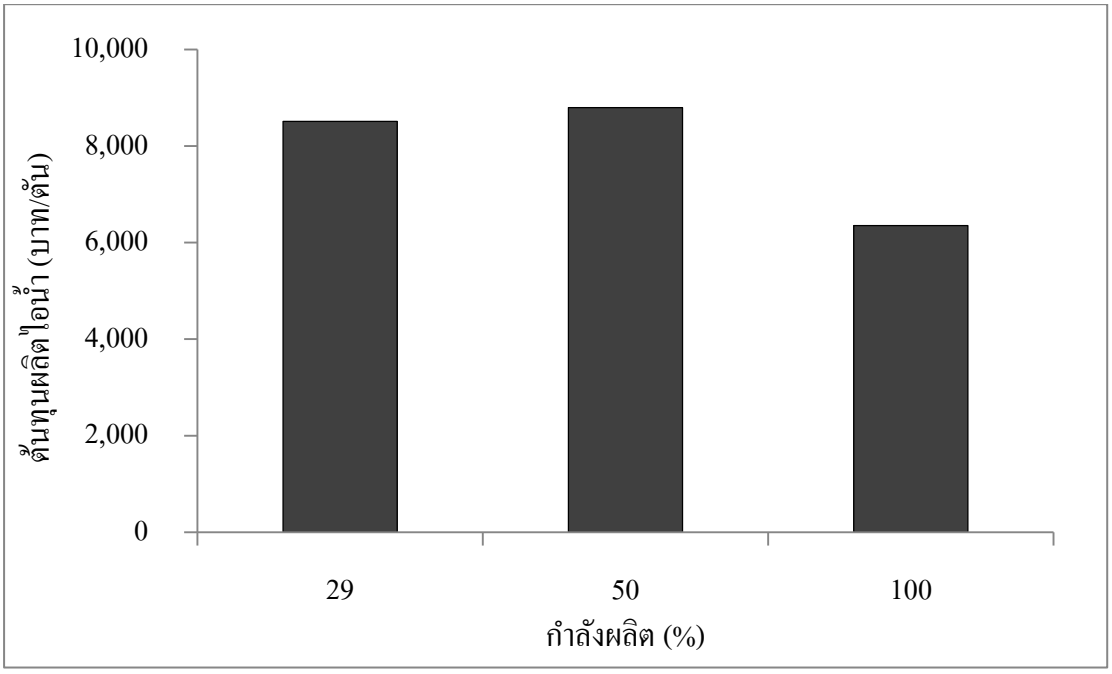


ภาพที่ 4.53 เปรียบเทียบอัตราการผลิตไอน้ำ

จากตารางที่ 4.39 แสดงรายละเอียดการประเมินต้นทุนด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 3 ภาระโหลด จะพบว่าที่กำลังผลิต 100 MW ใช้ต้นทุนทางด้านพลังงานผลิตไอน้ำ 1 ตัน 8,512.08 บาท กำลังผลิต 170 MW ใช้ต้นทุนทางด้านพลังงานผลิตไอน้ำ 1 ตัน 8,797.19 บาท และกำลังผลิต 340 MW ใช้ต้นทุนทางด้านพลังงานผลิตไอน้ำ 1 ตัน 6,354.56 บาท ส่วนการแสดงเป็นรูปกราฟดังภาพที่ 4.54 แสดงต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 1 ตัน

ตารางที่ 4.39 รายละเอียดการประเมินต้นทุนด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ

Load (MW)	100	170	340
Load condition (%)	29	50	100
Main steam (t/h)	336.25	531.74	1,027.42
FO (l)	25,674.66	39,857.79	73,679.61
SG	0.9808	0.9808	0.9808
ราคาน้ำมันเตาเฉลี่ย (บาท/ลิตร)	27.55	27.55	27.55
ไฟฟ้าดึงภายนอกมาใช้ (kWh)	48,159	88,542	100,388
ไฟฟ้าผลิตใช้ในโรงไฟฟ้า (kWh)	246,125	405,800	513,909
ราคาไฟฟ้าภายนอกเฉลี่ยปี 2557 (บาท/Unit)	2.94	2.94	2.94
ราคาไฟฟ้าภายในเฉลี่ยปี 2557 (บาท/Unit)	8.18	8.18	8.18
Steam Cost (บาท/ตัน)	8,512.08	8,797.19	6,354.56
น้ำมันเชื้อเพลิง 1 L ผลิตไอน้ำได้ (kg_{steam}/l_{fuel})	13.10	13.34	13.94

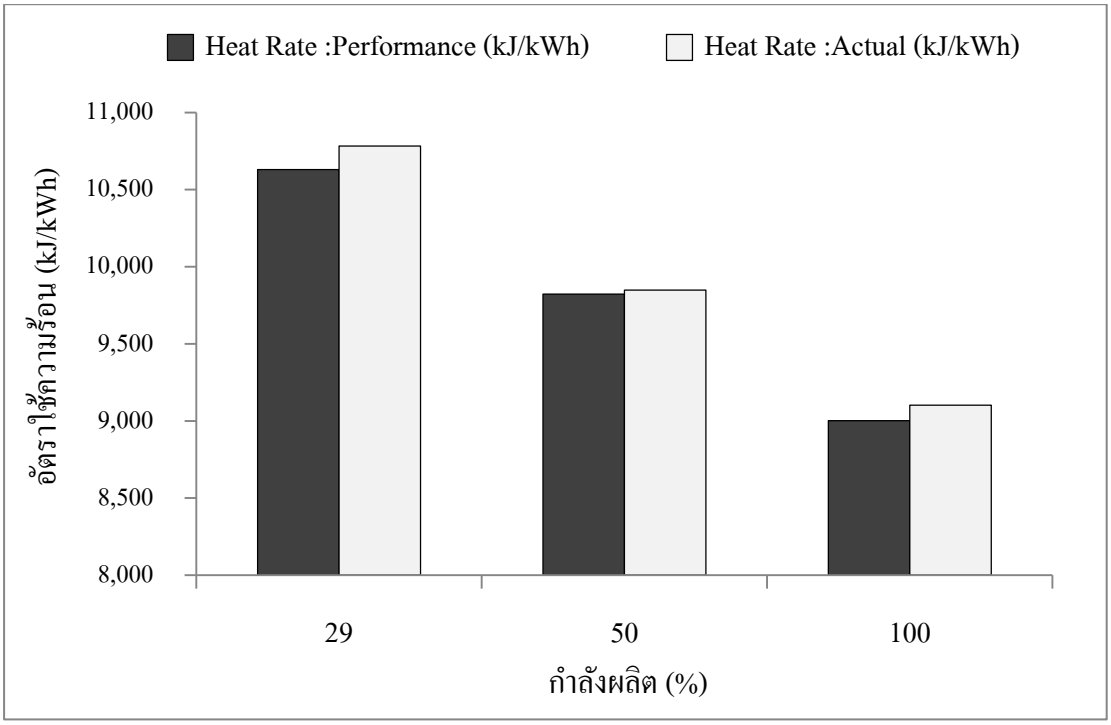


ภาพที่ 4.54 ต้นทุนพลังงานที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ 1 ตัน

รายละเอียดในตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง ณ ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล โดยที่กำลังผลิต 100 MW ใช้ความร้อนมากกว่า Performance data 1.43% กำลังผลิต 170 MW ใช้ความร้อนมากกว่า Performance data 0.26% และกำลังผลิต 340 MW ใช้ความร้อนมากกว่า Performance data 1.12% ตามลำดับ แสดงในรูปกราฟดังภาพที่ 4.55 ซึ่งข้อมูลส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่าปัจจุบันใช้ต้นทุนทางความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วยมากกว่า Performance data ซึ่งแสดงว่ามีศักยาภาพที่จะลดการใช้ลงได้อีก

ตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง

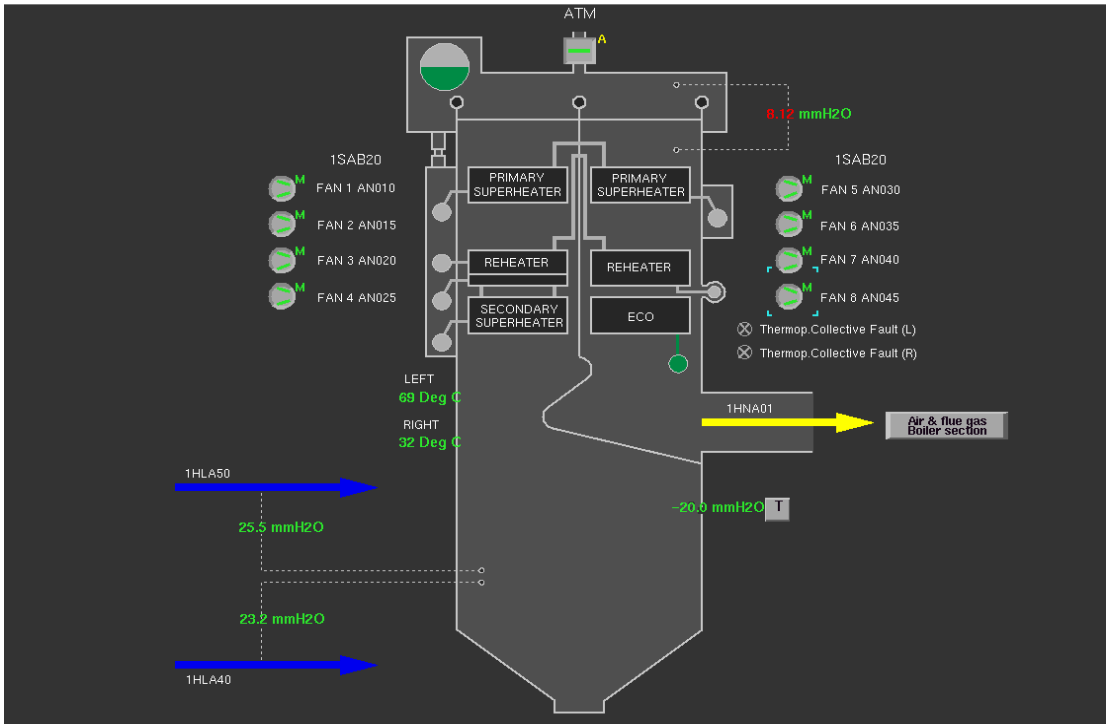
กำลังผลิต (MW)	แหล่งข้อมูล	อัตราใช้ความร้อน (kJ/kWh)
100	Performance data	10,629.96
	การใช้จริง	10,782.33
170	Performance data	9,822.80
	การใช้จริง	9,848.67
340	Performance data	9,001.50
	การใช้จริง	9,102.51



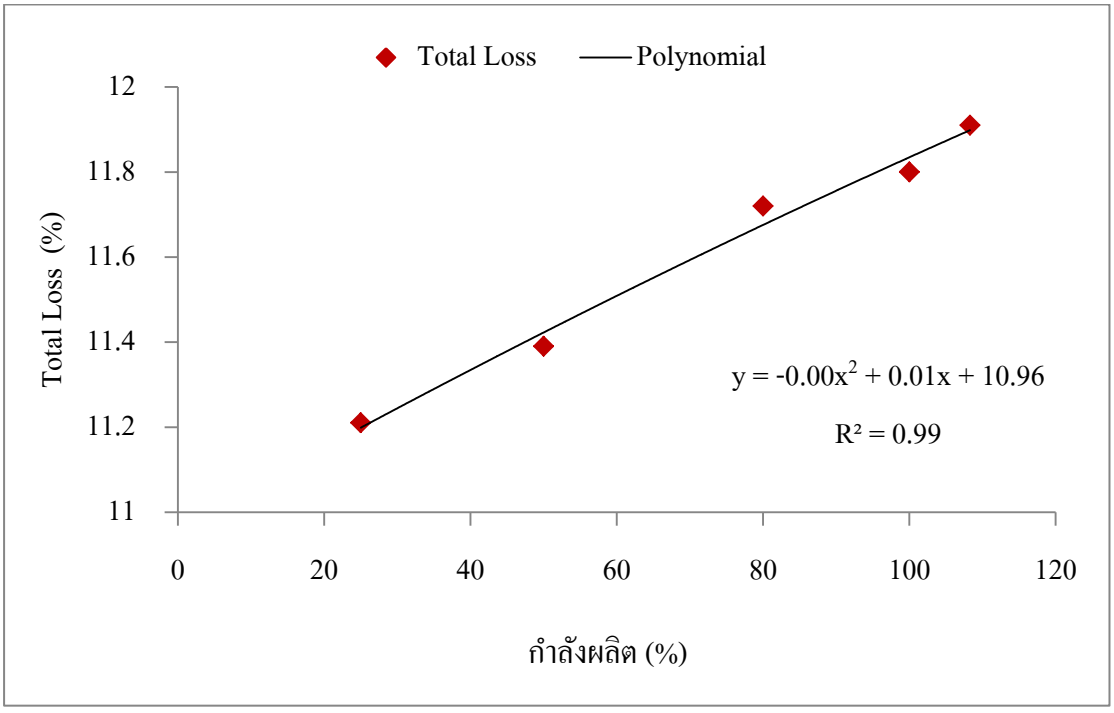
ภาพที่ 4.55 เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง

นำข้อมูลจากระบบ PI มาวิเคราะห์หาสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำ ภาพที่ 4.56 แสดง Furnace system ของหม้อไอน้ำ ส่วนภาพที่ 4.57 แสดงข้อมูล Total Loss ของหม้อไอน้ำ เป็นข้อมูลที่นำมาจาก Performance data ส่วนข้อมูลการสมดุลความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 4.58 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 100 MW ภาพที่ 4.59 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 170 MW และภาพที่ 4.60 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 340 MW จากข้อมูลจะพบว่าปริมาณความร้อนของไอเสียที่ถูกส่งออกไปยัง Economizer+Loss มีสัดส่วนที่สูง

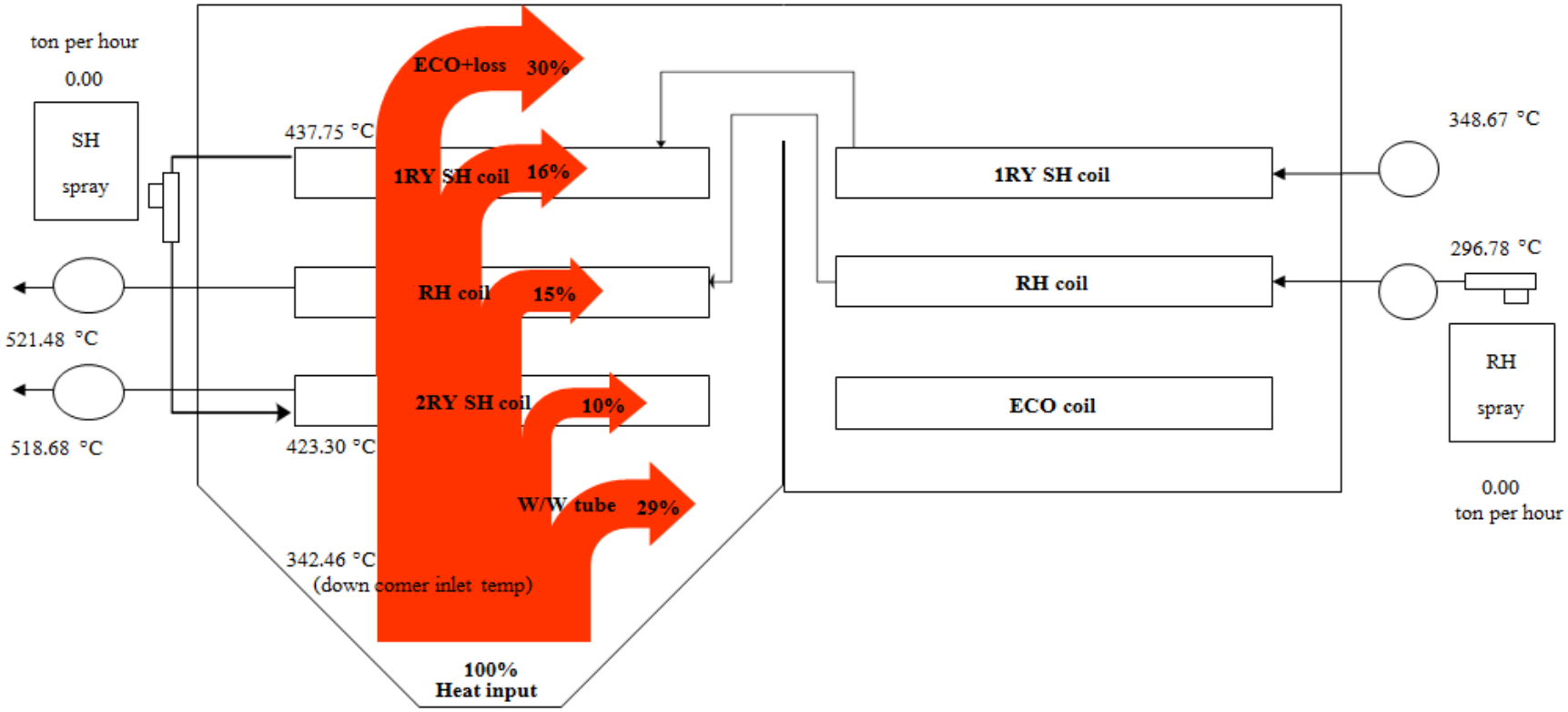
เมื่อพิจารณาข้อมูลทั้งสองส่วนแสดงให้ว่าที่กำลังผลิต 100 MW Economizer+Loss 30% กรณีรวม Total Loss ด้วยจะเท่ากับ 41.24% กำลังผลิต 170 MW Economizer+Loss 30% กรณีรวม Total Loss ด้วยจะเท่ากับ 41.39% และกำลังผลิต 340 MW Economizer+Loss 27% กรณีรวม Total Loss ด้วยจะเท่ากับ 38.80% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลก่อนหน้า แสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียความร้อนในระบบเกิดขึ้นจริง



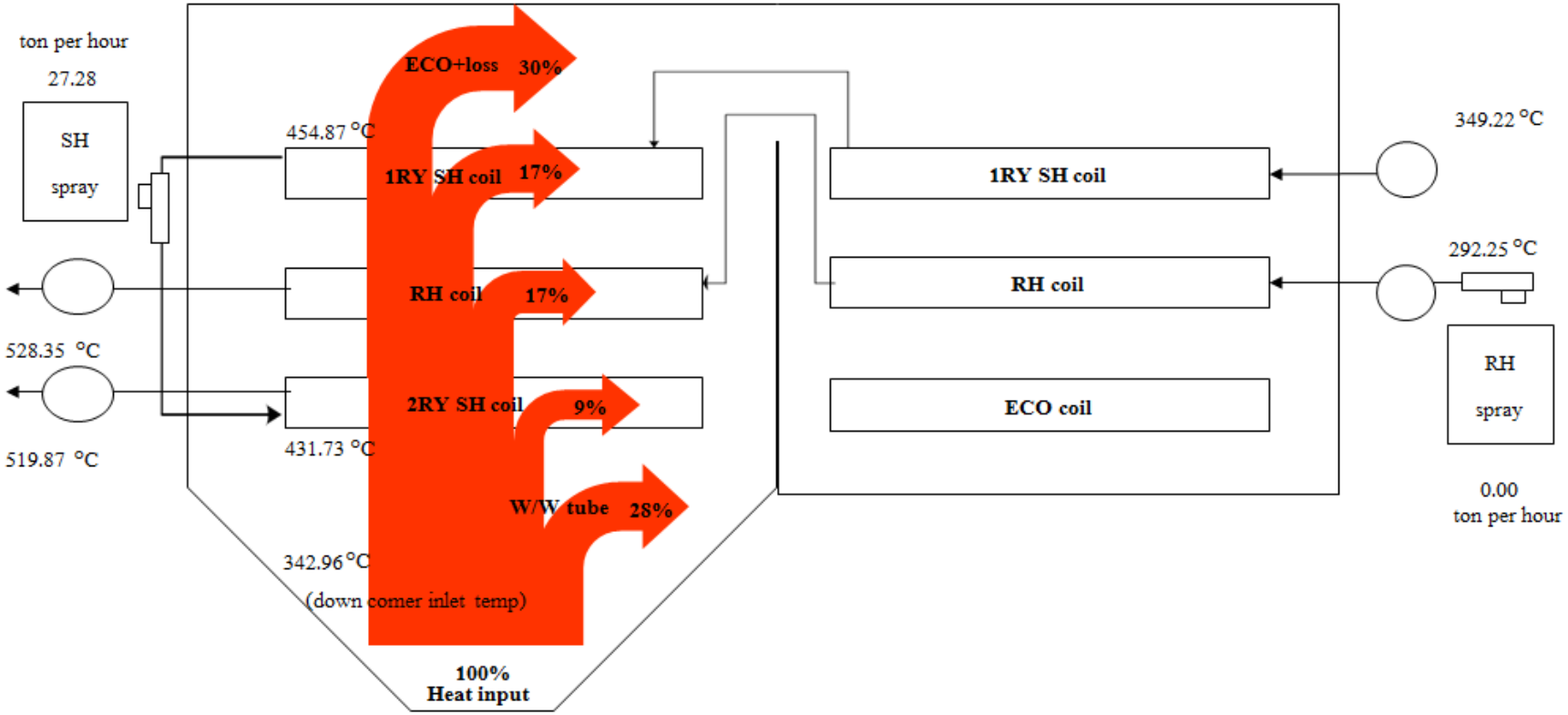
ภาพที่ 4.56 Furnace system หม้อไอน้ำ



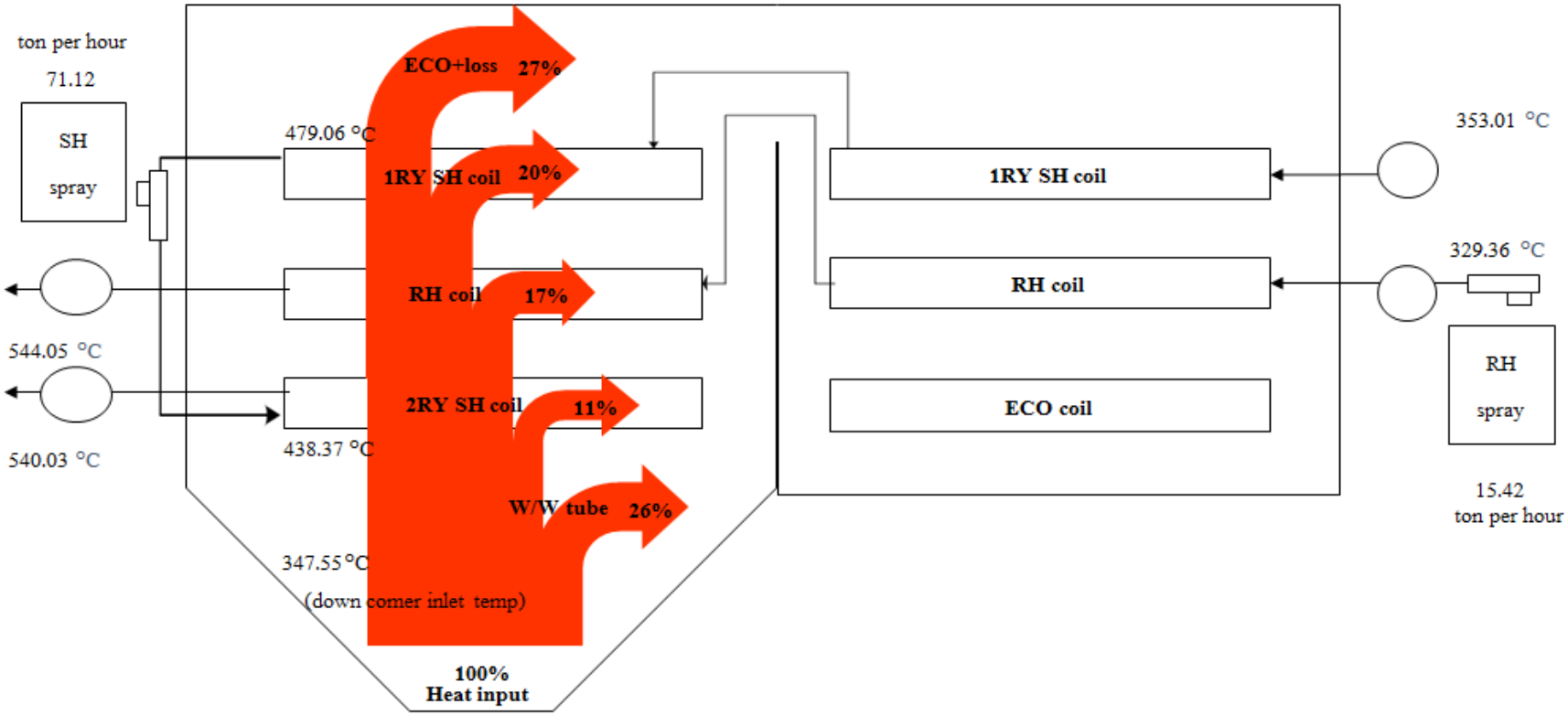
ภาพที่ 4.57 ข้อมูล Total Loss ของหม้อไอน้ำ



ภาพที่ 4.58 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 100 MW



ภาพที่ 4.59 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 170 MW



ภาพที่ 4.60 แผนภาพการสมดุลความร้อนภายในหม้อไอน้ำที่กำลังผลิต 340 MW

4.3 ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด

ในขั้นตอนนี้จะกำหนดหลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจเพื่อคัดเลือกมาตรการที่มีการนำเสนอมา ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.41 หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ ซึ่งมาตรการที่ได้เสนอมานั้นจะใช้วิธีการระดมสมองและการวิเคราะห์เหตุและผล โดยคณะทำงานซึ่งประกอบไปด้วยผู้มีความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน ร่วมกันระดมความคิดเห็นและประเมิน ดังในภาพที่ 4.61 ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยคณะทำงานงานวิศวกรรมคุณค่า เพื่อหาแนวทางมาตรการในการลดการใช้พลังงาน โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมในขั้นตอนก่อนหน้า ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์หน้าที่ ข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานที่ดูแลรับผิดชอบ และสภาพการปัจจุบัน สำรวจพื้นที่หน้างานเพื่อเป็นการหาข้อมูลอีกด้านหนึ่ง มุ่งเป้าหมายไปที่อุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้พลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่สูง พฤติกรรมการใช้ไม่เหมาะสม ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อระบบและสามารถดำเนินการได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อน เป็นต้น ทางด้านพลังงานความร้อนก็ใช้แนวทางเดียวกันในการพิจารณาถึงมาตรการที่สามารถดำเนินทำได้โดยไม่มีความซับซ้อนมาก ซึ่งสุดท้ายจะได้มาตรการออกมา ดังแสดงในภาพที่ 4.83 มาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า และภาพที่ 4.93 มาตรการทางด้านพลังงานความร้อน

ภาพที่ 4.61 ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยคณะทำงานงานวิศวกรรมคุณค่า

ตารางที่ 4.41 หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ

มาตรการ	หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ			ผลรวม
	วิศวกรรม	ความเร่งด่วน	ผลกระทบ	
ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	4	6	4	96
ปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	5	6	3	90
ปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	5	5	3	75
ปรับลดเวลาการปิดระบบปรับอากาศ	1	7	0	7
กำหนดเวลาปิดหลอดไฟระบบแสงสว่าง	1	8	0	8
เปลี่ยนจากหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED	3	5	0	15
เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	2	8	4	64
หุ้มฉนวนท่อ วาล์วและหน้าแปลน	2	8	2	32
ลดการรั่วของอากาศที่ Air Harter	5	6	5	150

หมายเหตุ; ผลรวม หมายถึง การดำเนินการมาตรการได้ง่ายแสดงค่าน้อย ยากกว่าแสดงค่ามาก

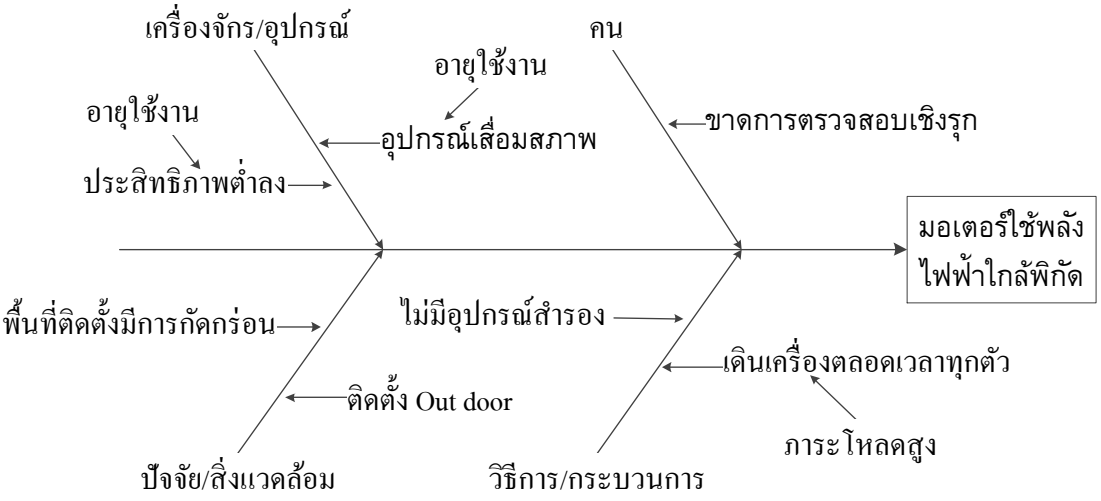
หลักเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ

- วิศวกรรม หมายถึง ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ในการดำเนินการ
- ความเร่งด่วน หมายถึง ความเร่งด่วน ความจำเป็นในการดำเนินการ
- ผลกระทบ หมายถึง ผลกระทบที่เกิดกับระบบของมาตรการนั้น ๆ

แสดงมาตรการทางพลังงานไฟฟ้าที่เสนอโดยคณะทำงาน มีดังนี้

1. มาตรการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower

กระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน มีกระบวนการระบายความร้อนให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้น้ำดิบจากแหล่งธรรมชาติหลังจากนั้นจะไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Cooling tower ซึ่งมีพัดลมช่วยระบายความร้อนออกจากน้ำมีจำนวน 12 ตัว ตำแหน่งตั้งอยู่นอกอาคารและบริเวณนั้นความเป็นกรดค่อนข้างสูง ดังภาพที่ 4.64 ส่วนการเดินระบบจะเดินเครื่องครบทุกตัว มอเตอร์ส่วนใหญ่ปกติจะทำงานที่ Load ประมาณ 50%-70% ของกำลังสูงสุด เพื่อป้องกันการทำงานเกินกำลังจนมอเตอร์เสียหาย ส่วนของระบบนี้การใช้งานรับภาระสูง ส่งผลให้โหลดการใช้งานของมอเตอร์มีค่าค่อนข้างสูงถึง 93% จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดเทียบกับ Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW ดังภาพที่ 4.65 หน้าจอแสดงผลระบบ Cooling tower บวกกับการเสื่อมสภาพที่เร็วกว่ามอเตอร์ที่จุดอื่น ๆ จึงมีแนวคิดที่จะทำการเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ดังภาพที่ 4.62 แสดงการวิเคราะห์เหตุและผล จากการวิเคราะห์จะดำเนินจำนวน 10 ตัว ที่มีการใช้พลังไฟฟ้าใกล้พิกัดสูงสุด



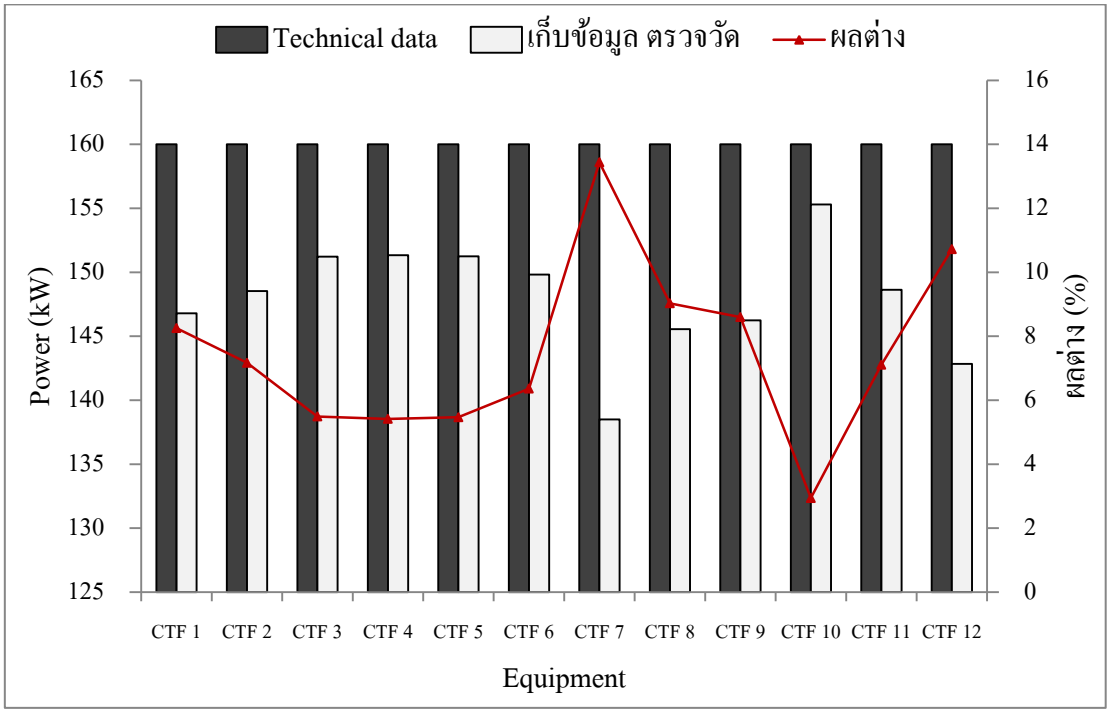
ภาพที่ 4.62 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้าใกล้พิกัดระบบ Cooling tower

จากตารางที่ 4.42 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Cooling tower จะพบว่าจากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด ใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่า Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW 6.58% (ไม่รวม 7 กับ 12) พลังไฟฟ้าก็เข้าใกล้พิกัดสูงสุด ส่วนการแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4.63

ตารางที่ 4.42 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Cooling tower

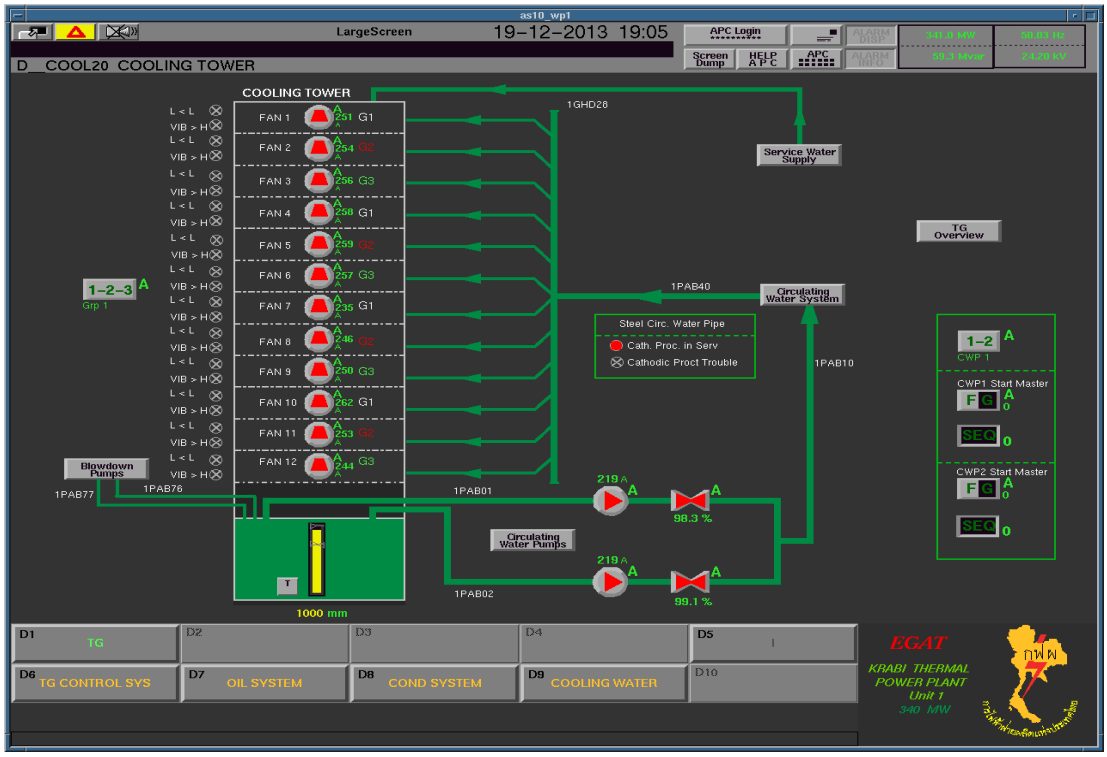
อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	ผลตรวจวัด	ผลต่าง
Cooling tower fan 1	kW	160	146.79	8.25%
Cooling tower fan 2	kW	160	148.53	7.17%
Cooling tower fan 3	kW	160	151.21	5.49%
Cooling tower fan 4	kW	160	151.33	5.42%
Cooling tower fan 5	kW	160	151.25	5.47%
Cooling tower fan 6	kW	160	149.83	6.36%
Cooling tower fan 7[1]	kW	160	138.50	13.44%
Cooling tower fan 8	kW	160	145.56	9.03%
Cooling tower fan 9	kW	160	146.24	8.60%
Cooling tower fan 10	kW	160	155.29	2.94%
Cooling tower fan 11	kW	160	148.63	7.11%
Cooling tower fan 12[1]	kW	160	142.84	10.72%

หมายเหตุ; [1]เปลี่ยนมอเตอร์ไปแล้วแบบเดิม



ภาพที่ 4.63 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ Cooling tower

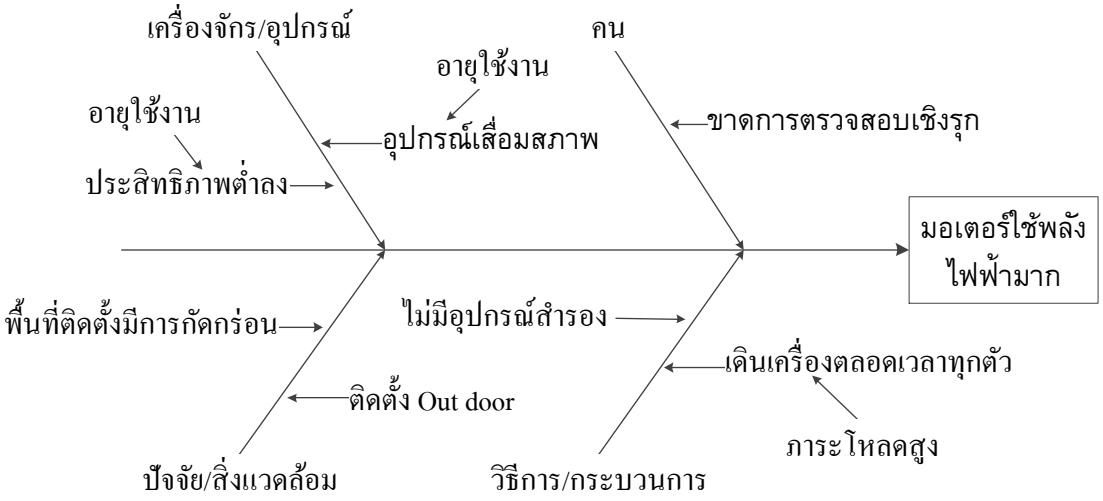
ภาพที่ 4.64 Cooling tower



ภาพที่ 4.65 หน้าจอแสดงผลระบบ Cooling tower

2. มาตรการปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีกระบวนการที่จะต้องนำ Condensate ออกจากอุปกรณ์เครื่องควบแน่น (Condensor) แล้วส่งไปยังระบบน้ำป้อนโดยใช้ Condensate pump ดังภาพที่ 4.68 เป็นต้นกำลังในการส่ง จำเป็นต้องใช้งานอย่างต่อเนื่อง และมีการออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าความต้องการของการใช้งานจริง ภาพที่ 4.69 หน้าจอแสดงผลการควบคุม โดยวิธีการควบคุมอัตราการไหลจะใช้ Throttling valve ซึ่งเป็นวิธีควบคุมที่ไม่ช่วยให้ประหยัดพลังงานเนื่องจากทำให้เกิดแรงต้านการไหล ส่งผลให้โหลดการใช้งานของมอเตอร์มีค่าค่อนข้างสูงถึง 77.75% จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดเทียบกับ Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW จึงมีแนวคิดที่จะปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แทนการควบคุมที่ Throttling valve ดัง ภาพที่ 4.66 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก

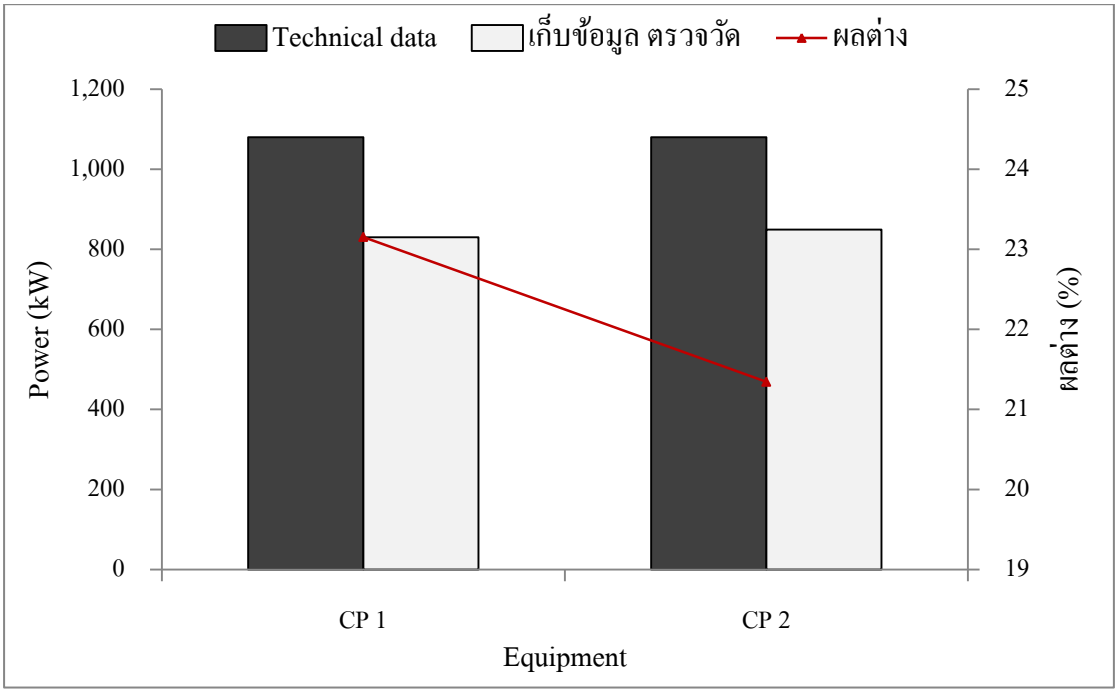


ภาพที่ 4.66 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก Condensate pump

จากตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Condensate pump จะพบว่าจากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่า Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW 22.25% พลังไฟฟ้าก็เข้าใกล้พิกัดสูงสุด ส่วนการแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4.67

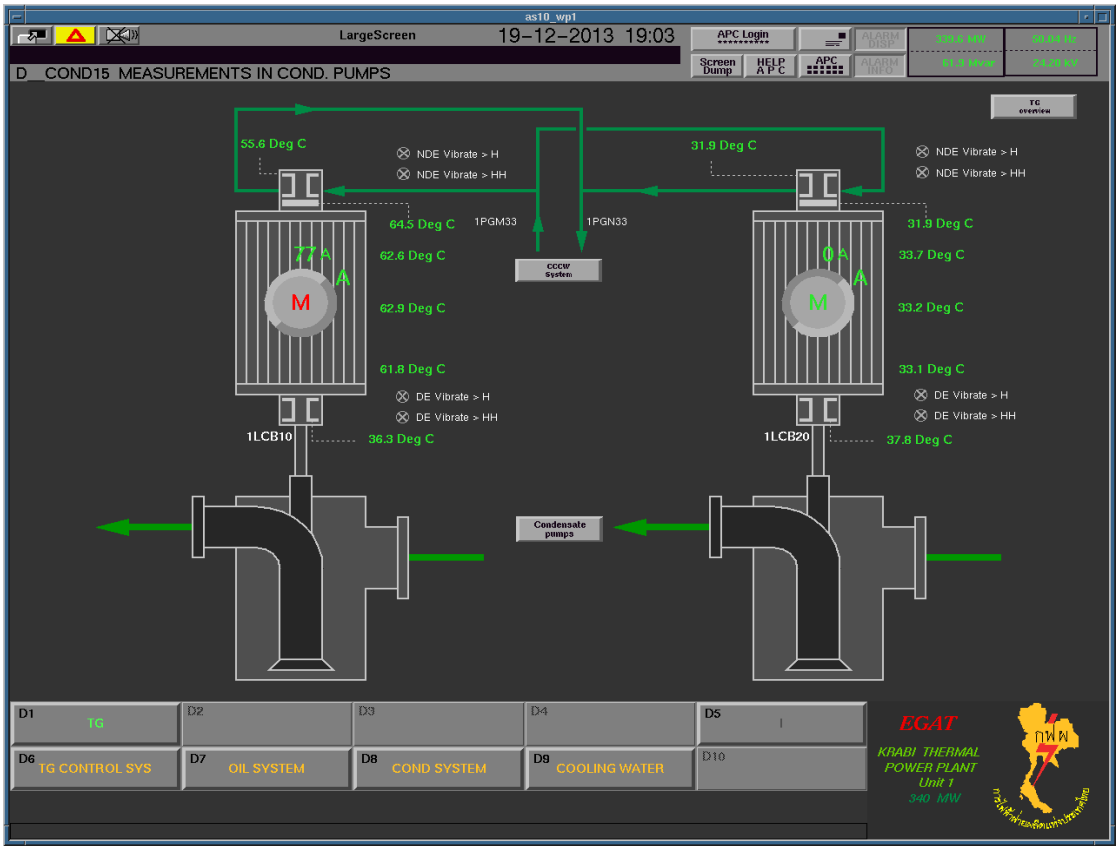
ตารางที่ 4.43 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า Condensate pump

อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	ผลตรวจวัด	ผลต่าง
Condensate pump 1	kW	1,080	829.95	23.15%
Condensate pump 2	kW	1,080	849.48	21.34%



ภาพที่ 4.67 เปรียบเทียบผลต่างไฟฟ้ามอเตอร์ Condensate pump

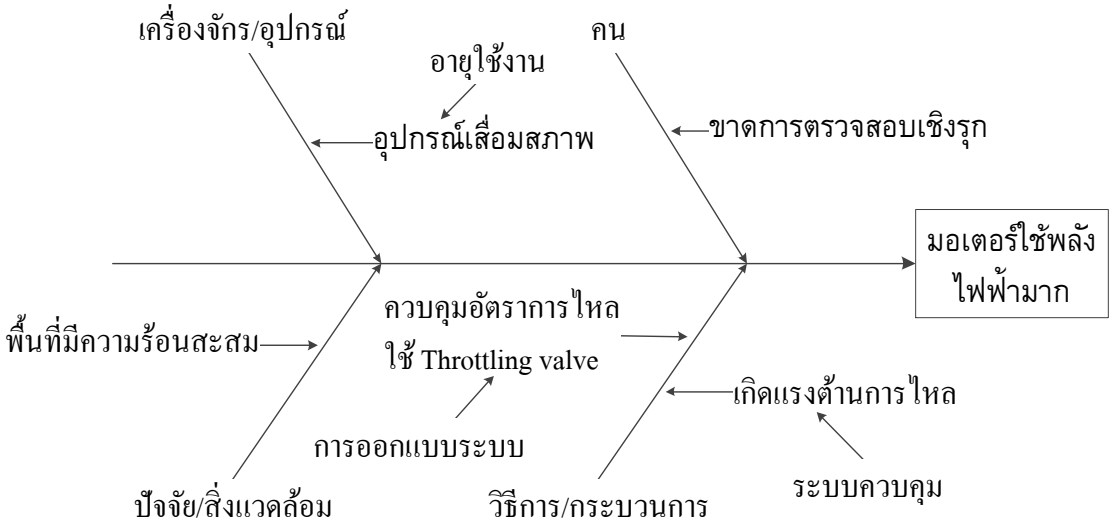
ภาพที่ 4.68 Condensate pump



ภาพที่ 4.69 หน้าจอแสดงผลการควบคุม Condensate pump

3. มาตรการปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีกระบวนการที่จะต้องนำ Condensate เข้าระบบ Low pressure heater โดยใช้ LP heater drain pump ดังภาพที่ 4.72 เป็นต้นกำลังในการส่ง จำเป็นต้องใช้งานอย่างต่อเนื่อง ภาพที่ 4.73 หน้าจอแสดงผลการควบคุม โดยวิธีการควบคุมอัตราการไหลจะใช้ Throttling valve ซึ่งเป็นวิธีควบคุมที่ไม่ช่วยให้ประหยัดพลังงานเนื่องจากทำให้เกิดแรงต้านการไหล ส่งผลให้โหลดการใช้งานของมอเตอร์มีค่าค่อนข้างสูงถึง 87.49% จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดเทียบกับ Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW จึงมีแนวคิดที่จะปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แทนการควบคุมที่ Throttling valve ดังภาพที่ 4.49 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก

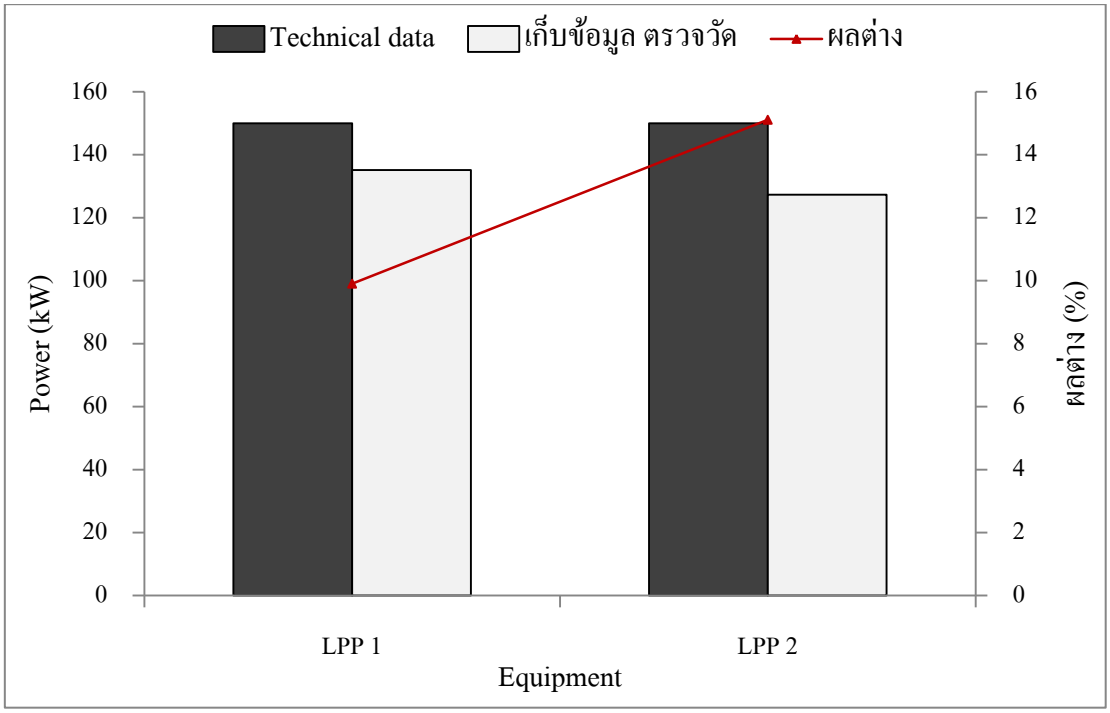


ภาพที่ 4.70 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามาก LP heater drain pump

จากตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า LP heater drain pump จะพบว่าจากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ยน้อยกว่า Technical data ที่ภาระโหลด 340 MW 12.51% พลังไฟฟ้าก็เข้าใกล้พิกัดสูงสุด ส่วนการแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4.71

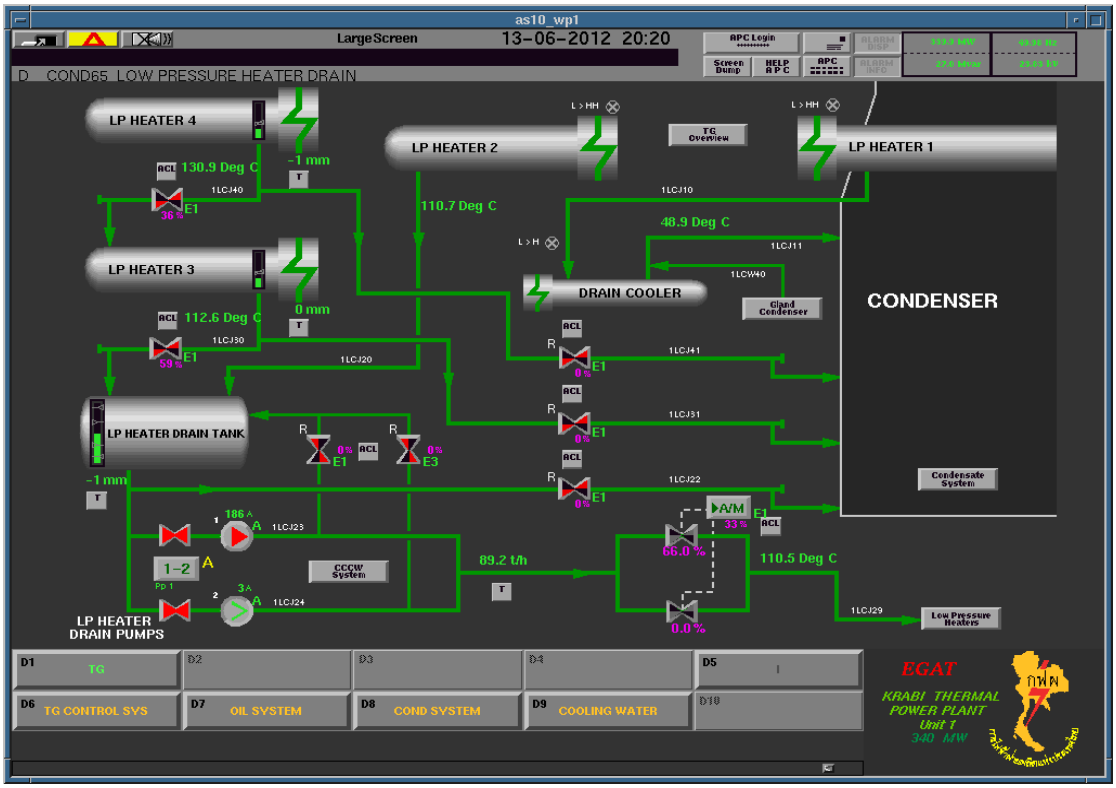
ตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้า LP heater drain pump

อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	ผลตรวจวัด	ผลต่าง
LP heater drain pump 1	kW	150	135.14	9.90%
LP heater drain pump 2	kW	150	127.34	15.11%



ภาพที่ 4.71 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ LP heater drain pump

ภาพที่ 4.72 LP heater drain pump

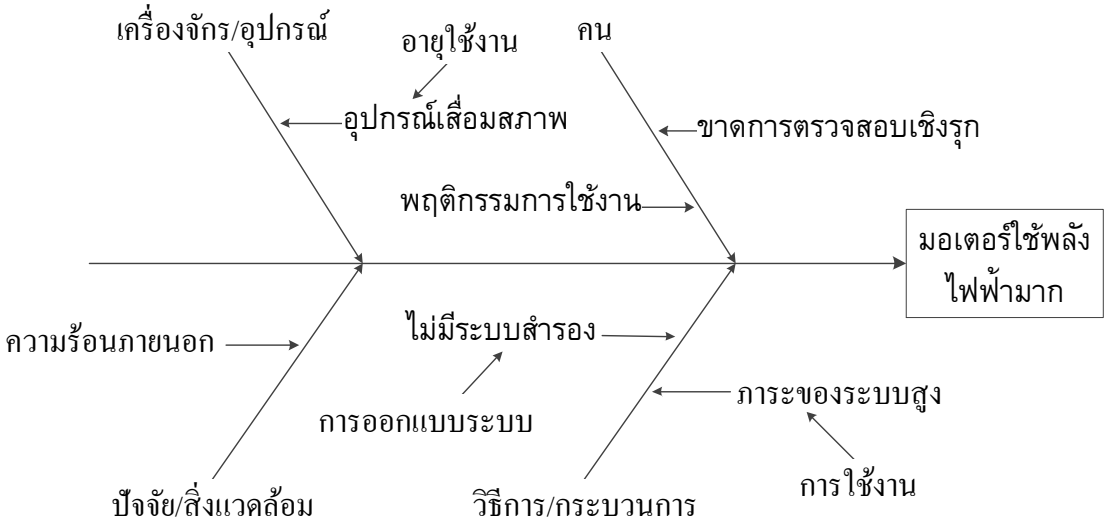


ภาพที่ 4.73 หน้าจอแสดงผลการควบคุม LP heater drain pump

4. มาตรการปรับลดเวลาการปิดระบบปรับอากาศ

ระบบ HVAC (Heating Ventilation and Air Condition) ดังในภาพที่ 4.76 และภาพที่ 4.77 กระบวนการทำงานระบบ HVAC จะทำงานปรับอากาศในอาคารโรงไฟฟ้า 2 ส่วน ห้อง Control Room และห้องควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคารโรงไฟฟ้าและห้อง Office ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้า โดยในส่วนของห้อง Control Room และห้องควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคารโรงไฟฟ้าจะทำงานตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหายจากความร้อนที่ปล่อยออกมาจากการทำงาน ส่วนในห้อง Office ทั้งหมดปกติการเดินเครื่องระบบปรับอากาศจะเริ่มเวลา 8.30 น.-15.30 น. ดังแสดงในภาพที่ 4.78 มีอุณหภูมิประมาณ 23-24 ˚C โหลดการใช้งานของมอเตอร์มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 91.23% จึงมีแนวคิดที่จะปรับลดเวลาการปิดระบบให้เร็วขึ้น เพื่อลดการใช้พลังงานและลดเวลาการทำงานของมอเตอร์ และเมื่อบวกกับการพิจารณาลักษณะการใช้ประโยชน์ยังสามารถที่จะลดการใช้พลังงานลงได้โดยไม่ส่งผลกระทบ เนื่องจากได้ทดลองหยุดระบบในเวลา 15.00 น. ความเย็นยังมีสะสมในห้องอยู่อีกประมาณ 24-25 ˚C ในขณะที่ควบคุมสภาวะอื่นเหมือนเดิม อุณหภูมิก็ยังคงรู้สึกสบาย ไม่ได้มีความร้อนสูงขึ้น คณะทำงานเสนอปรับเวลาการเดินเครื่องลงโดย

ปิดระบบที่ปรับอุณหภูมิในห้อง Office ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้าลงครึ่งชั่วโมงดังภาพที่ 4.74 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามากระบบปรับอากาศ ห้อง Office

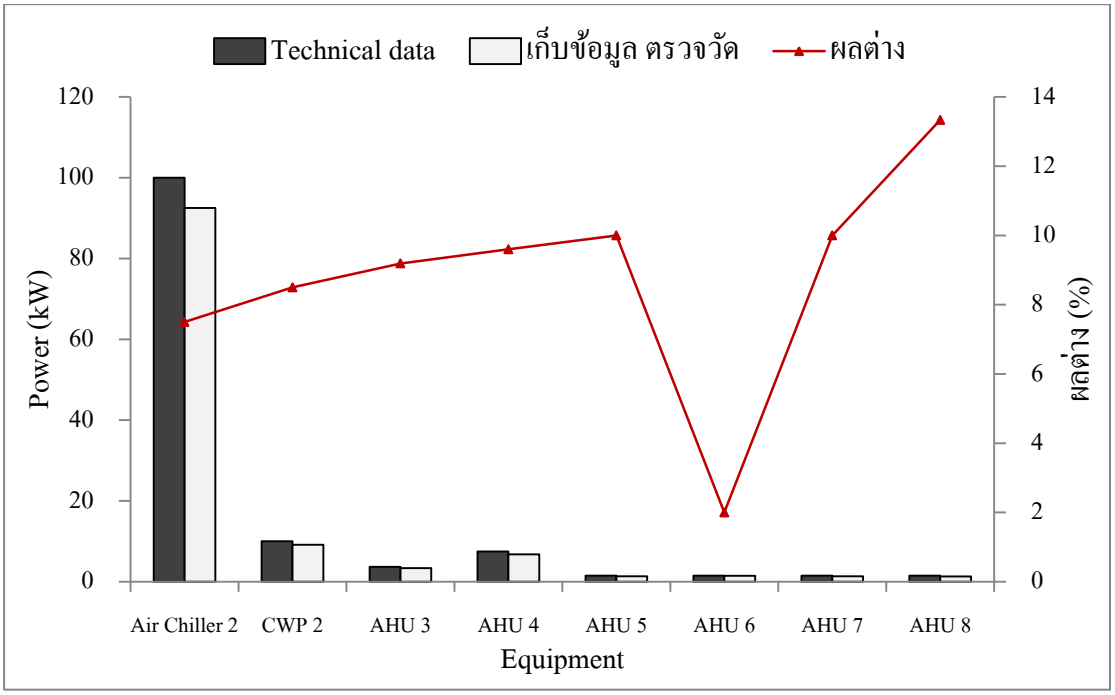


ภาพที่ 4.74 การวิเคราะห์เหตุและผลมอเตอร์ใช้พลังไฟฟ้ามากระบบปรับอากาศ ห้อง Office

จากตารางที่ 4.45 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าระบบปรับอากาศ ห้อง Office เมื่อพิจารณาจากข้อมูลจะพบว่าการใช้พลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ส่วนใหญ่ใกล้ถึงจุดพิกัดมีค่าเฉลี่ย 8.77% จากการเก็บข้อมูล ตรวจวัดเทียบกับ Technical data ส่วนการแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4.75

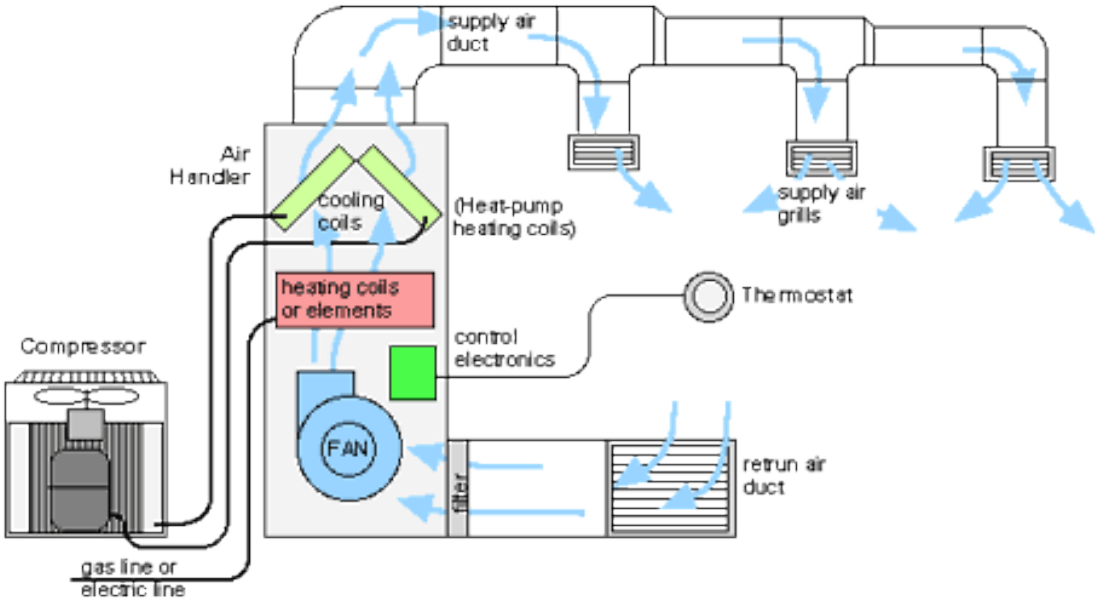
ตารางที่ 4.45 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้าระบบปรับอากาศ ห้อง Office

อุปกรณ์	หน่วย	Technical data	ผลตรวจวัด	ผลต่าง
Air Chiller 2	kW	100	92.50	7.50%
CWP 2	kW	10	9.15	8.50%
AHU 3	kW	3.7	3.36	9.19%
AHU 4	kW	7.5	6.78	9.60%
AHU 5	kW	1.5	1.35	10.00%
AHU 6	kW	1.5	1.47	2.00%
AHU 7	kW	1.5	1.35	10.00%
AHU 8	kW	1.5	1.30	13.33%



ภาพที่ 4.75 เปรียบเทียบผลต่างพลังไฟฟ้ามอเตอร์ระบบปรับอากาศ ห้อง Office

ภาพที่ 4.76 ระบบปรับอากาศ HVAC



ภาพที่ 4.77 กระบวนการทำงานระบบ HVAC

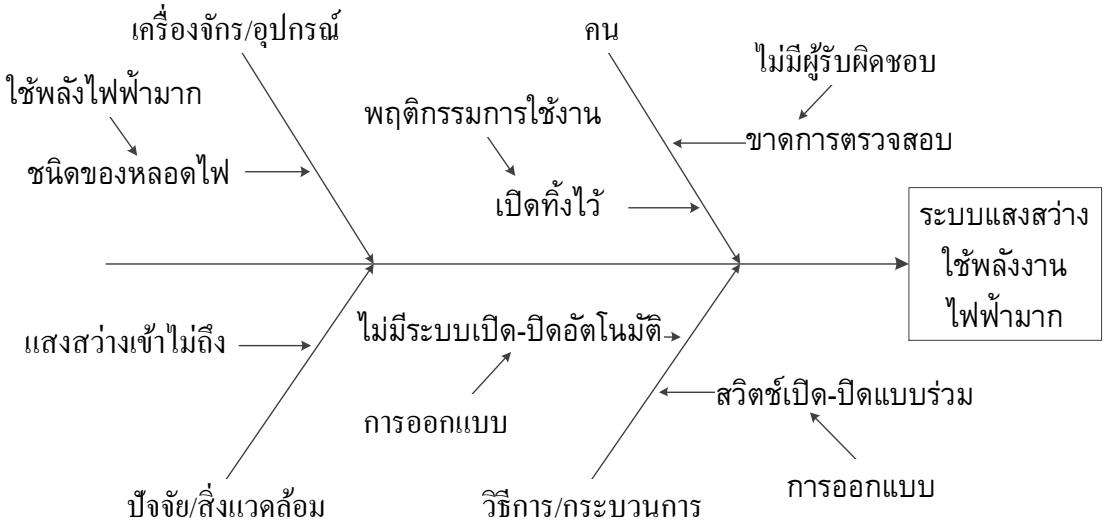
อุปกรณ์	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Chiller 2									
CWP 2									
AHU 3-8									

ภาพที่ 4.78 ระยะเวลาทำงานของอุปกรณ์ระบบ HVAC ห้อง Office อาคารโรงไฟฟ้า

5. มาตรการกำหนดเวลาปิดหลอดไฟระบบแสงสว่าง

อาคารโรงไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 4 ชั้น อาคารหม้อไอน้ำ 8 ชั้น ซึ่งจากการสำรวจและตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างจากขั้นตอนการหาข้อมูลพบว่าการใช้งานหลอดชนิด T 5 ขนาดรวม 31 วัตต์ สำหรับให้ความสว่างในบริเวณสำนักงานและโรงงาน จำนวน 5,000 หลอด หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium ขนาด 400 วัตต์ จำนวน 55 หลอด และขนาด 250

วัตต์ จำนวน 50 หลอด เปิดใช้งานเกินความจำเป็นและในบางพื้นที่เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง โดยที่ไม่มีใครทำงาน ดังภาพที่ 4.81 เนื่องจากความเคยชินของพนักงาน คณะทำงานเสนอแนวคิดให้กำหนดเวลาปิดและกำหนดผู้รับผิดชอบที่ชัดเจน ดังในภาพที่ 4.79 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง

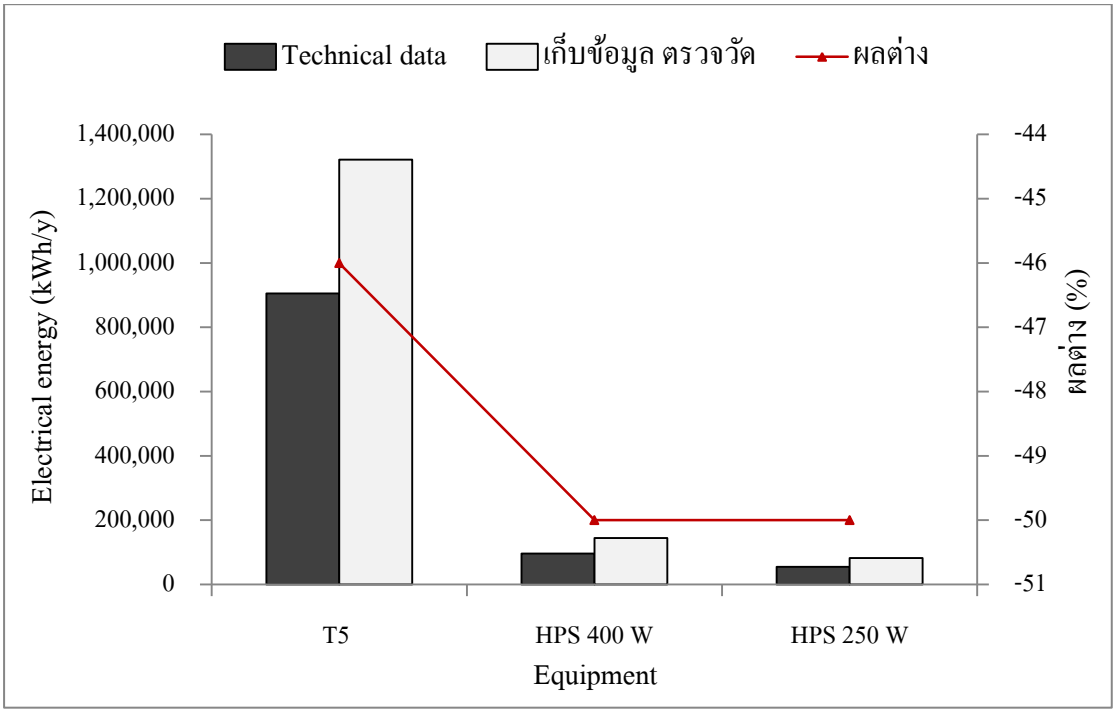


ภาพที่ 4.79 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง

จากตารางที่ 4.46 เปรียบเทียบผลต่างพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง จะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟแสงสว่างทั้ง 3 แบบ มีค่าเฉลี่ยการใช้มากถึง 48.67% เมื่อเทียบผลตรวจวัดกับกรณีที่มีการเปิดใช้ปกติ ส่วนการแสดงในรูปแบบของกราฟดังภาพที่ 4.80

ตารางที่ 4.46 เปรียบเทียบผลต่างพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง

อุปกรณ์	หน่วย	กรณีเปิดใช้ปกติ	ผลตรวจวัด	ผลต่าง
หลอดไฟแสงสว่างชนิด T5	kWh/y	905,177	1,321,590	-46%
หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodime 400 W	kWh/y	96,360	144,540	-50%
หลอดไฟแสงสว่างชนิด High pressure sodium 250 W	kWh/y	54,750	82,125	-50%

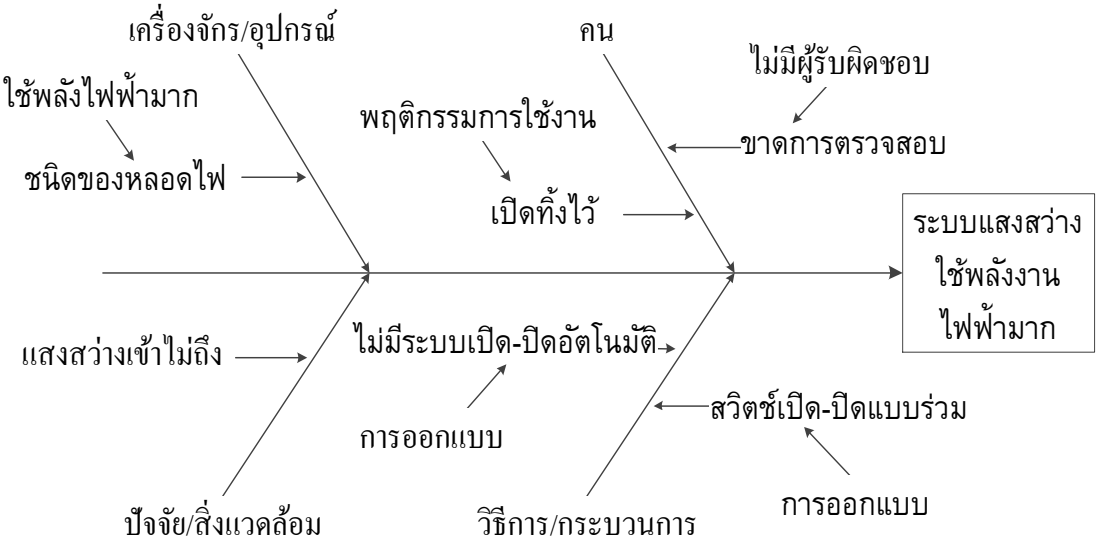


ภาพที่ 4.80 เปรียบเทียบผลต่างพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง

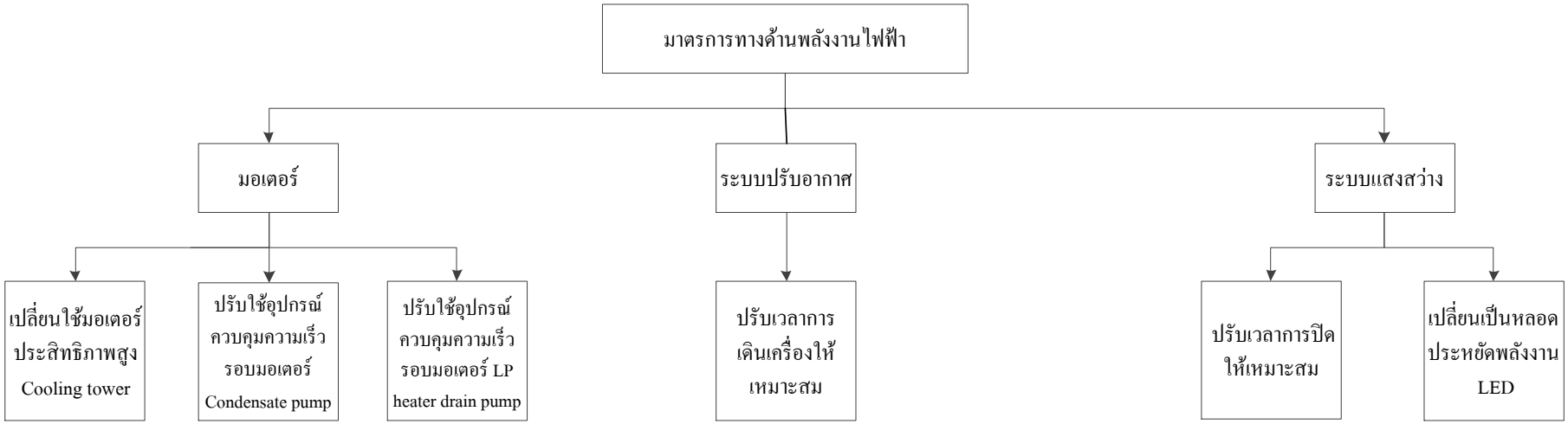
ภาพที่ 4.81 ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เปิดทิ้งไว้

6. มาตรการเปลี่ยนจากหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED

หลอด LED ถือว่าเป็นทางเลือกของอนาคต เนื่องจากคุณสมบัติการทำงานที่ไม่มีการเผาไส้หลอด จึงไม่เกิดความร้อน แสงสว่างเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำ พลังงานเปลี่ยนเป็นแสงสว่างได้เต็มที่ มีแสงหลายสีให้เลือกใช้งาน ขนาดที่เล็กทำให้ยืดหยุ่นในการออกแบบ การจัดเรียง นำไปใช้ด้านตกแต่งได้ดี มีความทนทาน ไม่ต้องห่วงเรื่องไส้หลอดขาด หรือหลอดแตก ด้านอายุการใช้งานก็อยู่ได้ถึง 50,000-60,000 ชั่วโมง ทั้งยังปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และที่สำคัญ ปราศจากปรอท และสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ แต่มีข้อเสีย คือ ในปัจจุบันหลอด LED มีราคาสูงกว่าหลอดธรรมดาทั่วไป ดังภาพที่ 4.82 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง ในหัวข้อสาเหตุหลักเครื่องจักร/อุปกรณ์ แสดงให้เห็นว่าการใช้พลังไฟฟ้ามากมีสาเหตุมาจากชนิดของหลอดไฟ



ภาพที่ 4.82 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานไฟฟ้ามากระบบแสงสว่าง

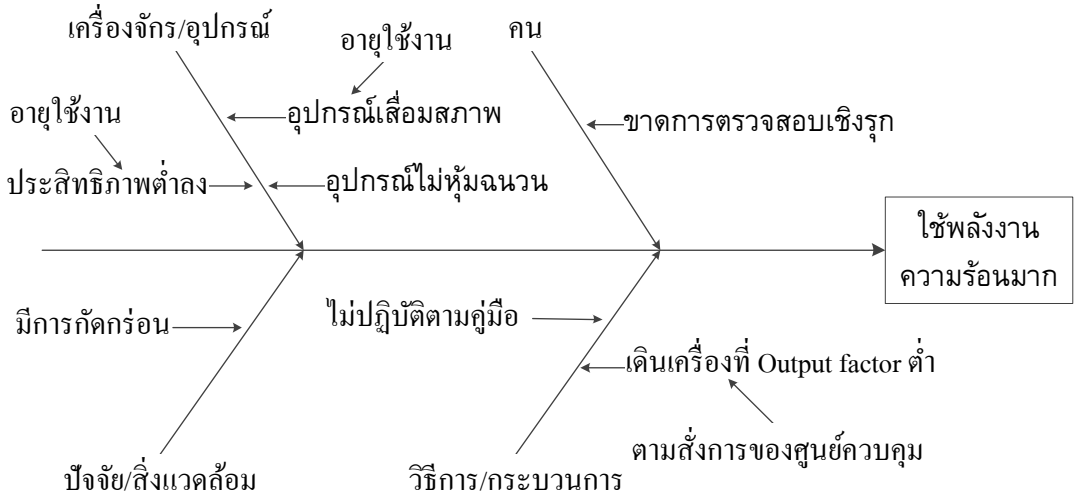


ภาพที่ 4.83 มาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า

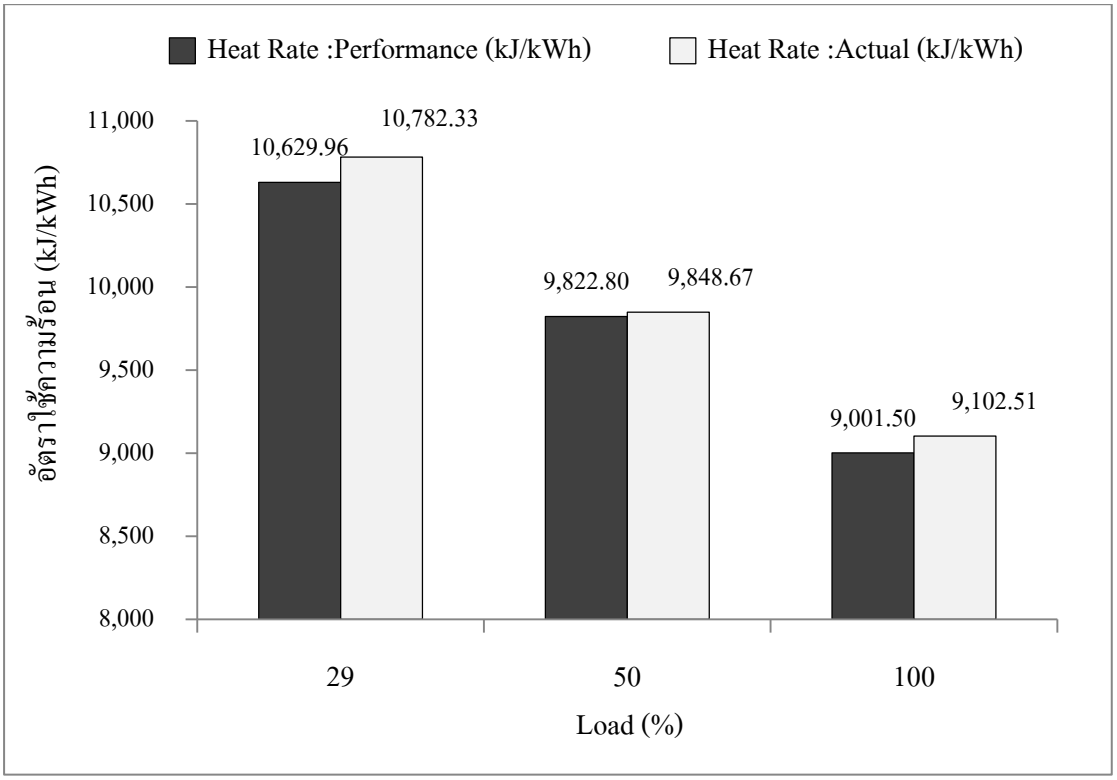
แสดงมาตรการทางพลังงานความร้อนที่เสนอโดยคณะทำงาน มีดังนี้

1. มาตรการเปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ

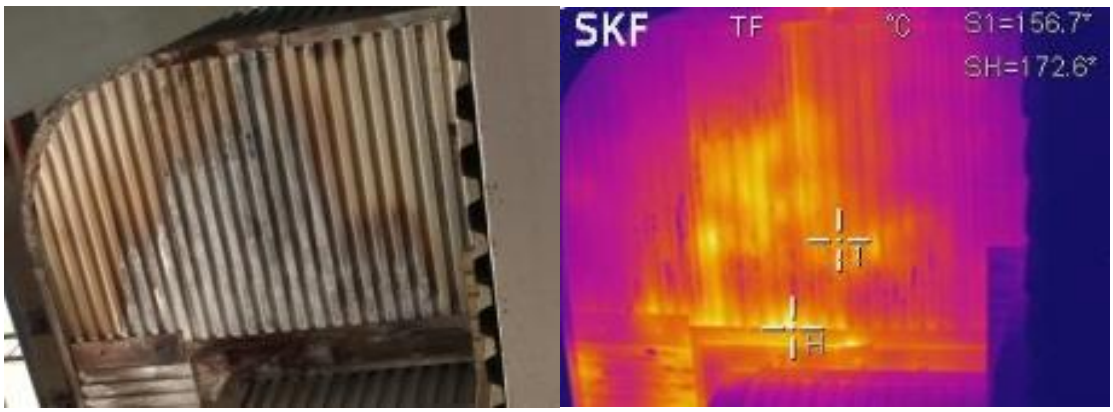
โรงไฟฟ้าติดตั้งหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ขนาดพิกัด 1,078 ตัน จำนวน 1 ชุด จากข้อมูลในขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่ได้แสดงข้อมูลการสูญเสียความร้อนในระบบ ดังภาพที่ 4.85 ที่กำลังผลิต 100 MW ใช้ความร้อนจริงมากกว่า Performance 1.43% กำลังผลิต 170 MW ใช้ความร้อนจริงมากกว่า Performance 0.26% และกำลังผลิต 340 MW ใช้ความร้อนจริงมากกว่า Performance 1.12% ชี้ให้เห็นว่าใช้ความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 หน่วยมาก แสดงว่ามีศักยภาพที่จะลดการใช้ลงได้อีก และการสำรวจพบว่าผนังรอบ ๆ เตาฉนวนเป็นบางส่วนชำรุดและเสื่อมคุณภาพ ดังภาพที่ 4.86 ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกทางผนัง จึงมีแนวคิดที่จะหุ้มฉนวนกันความร้อนใหม่ การสูญเสียความร้อนไปกับการถ่ายเทความร้อนระหว่างหม้อไอน้ำกับสิ่งแวดล้อมโดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน การสูญเสียพลังงานด้วยสาเหตุนี้ขึ้นกับอุณหภูมิผิวและพื้นที่ผิวของหม้อไอน้ำ อุณหภูมิผิวมีค่าค่อนข้างคงที่แม้ว่าอัตราการผลิตไอน้ำจะลดลง ดังนั้นการสูญเสียพลังงานด้วยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนมีสัดส่วนที่ผกผันกับอัตราการผลิตไอน้ำ เช่น สัดส่วนการสูญเสียพลังงานจะเพิ่มขึ้นเท่าตัวถ้าอัตราการผลิตไอน้ำลดลงครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้สัดส่วนการสูญเสียพลังงานด้วยสาเหตุนี้จะลดลงถ้าหม้อไอน้ำมีกำลังการผลิตสูงเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.84 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมาก แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่เสียหายและเสื่อมสภาพเป็นสาเหตุที่ทำให้ใช้พลังงานความร้อนมากขึ้น



ภาพที่ 4.84 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากฉนวนเสื่อมคุณภาพ



ภาพที่ 4.85 เปรียบเทียบอัตราใช้ความร้อนระหว่าง Performance data กับการใช้จริง

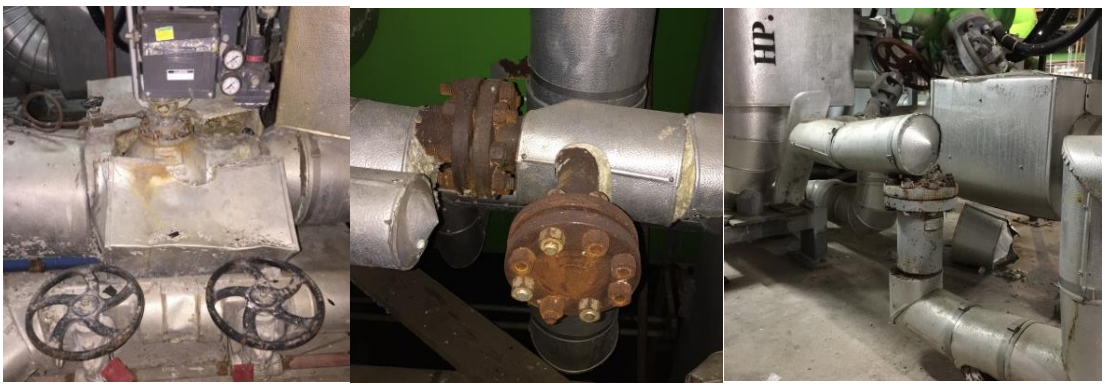


ภาพที่ 4.86 ฉนวนกันความร้อนหม้อไอน้ำเสื่อมสภาพ

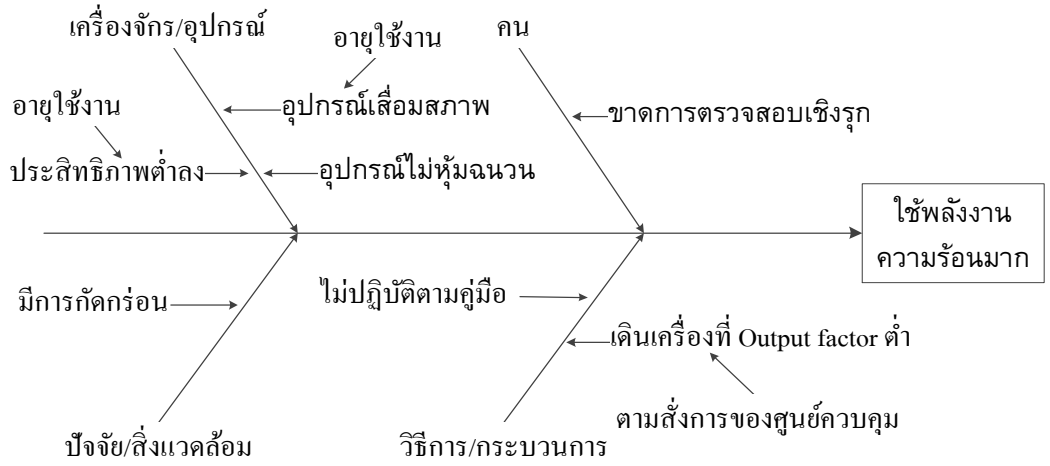
ภาพที่ 4.87 หม้อไอน้ำ

2. มาตรการหุ้มฉนวนท่อ วาล์วและหน้าแปลน

จากการสำรวจพบว่ามีท่อไอน้ำ วาล์ว และหน้าแปลน ไม่ได้หุ้มฉนวนเป็นบางส่วน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนซึ่งยืนยันด้วยข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้า มีไอน้ำบางส่วนกลายเป็นของเหลว ส่งผลให้อุปกรณ์ใช้ไอน้ำและวาล์วต่าง ๆ เกิดการสึกหรอเร็วกว่ากำหนด เนื่องจากถูกกระแทกด้วยของเหลว จึงมีแนวคิดที่จะหุ้มฉนวนความร้อนที่จุดท่อ วาล์วและหน้าแปลนที่ยังไม่มีการหุ้มและชำรุด ดังภาพที่ 4.88 และภาพที่ 4.89 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากไม่มีการหุ้มฉนวน



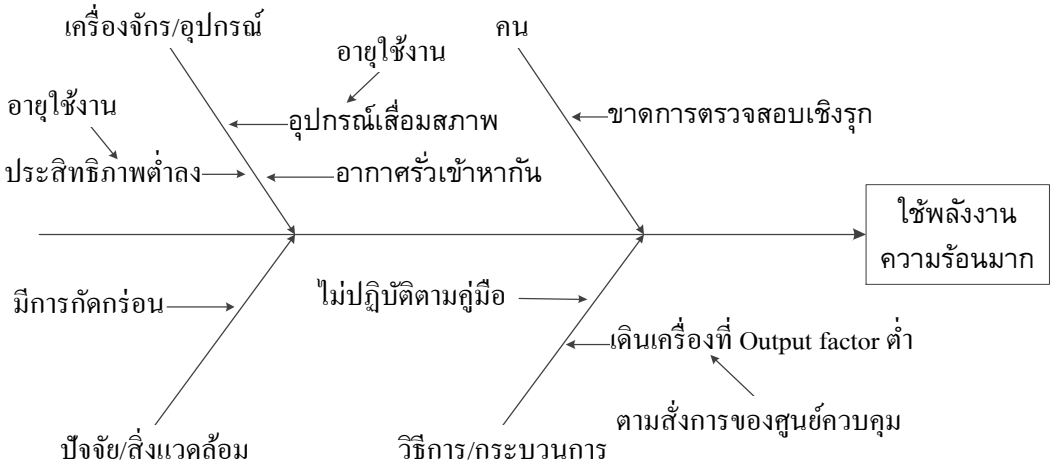
ภาพที่ 4.88 ท่อ วาล์วและหน้าแปลนที่ยังไม่มีการหุ้มและชำรุด



ภาพที่ 4.89 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากไม่มีการหุ้มฉนวน

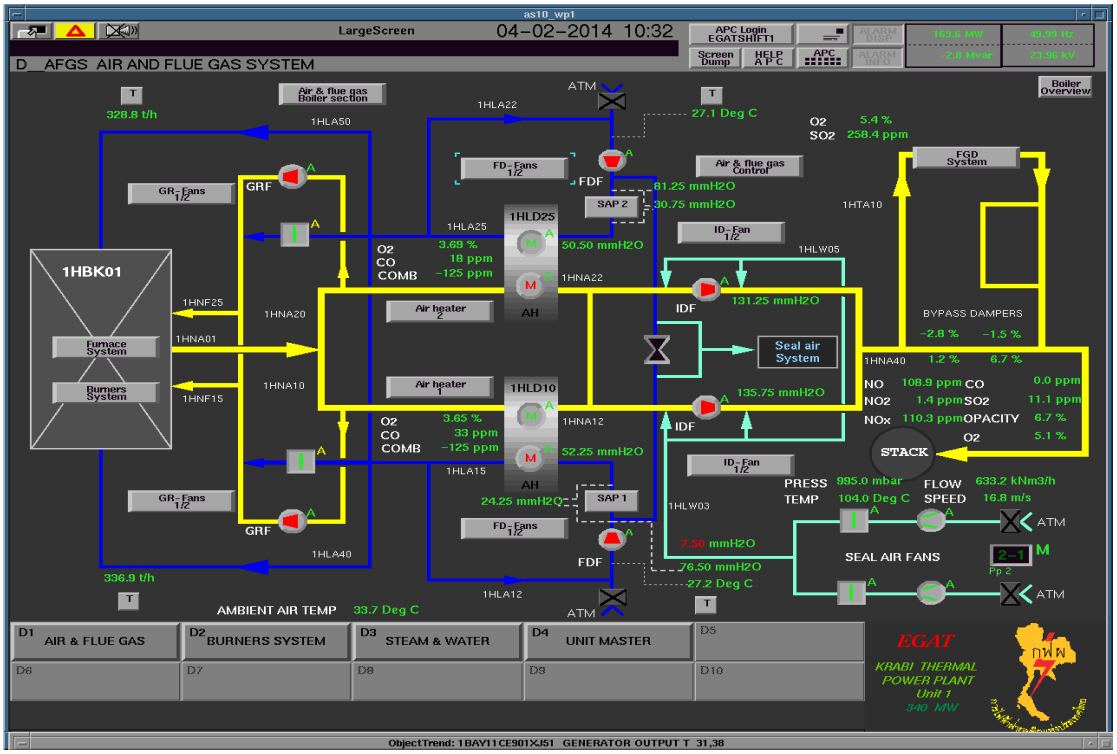
3. มาตรการลดการรั่วของอากาศที่ Air Harter

Air Harter เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง ดังภาพที่ 4.91 ในระบบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ภาพที่ 4.92 หน้าจอแสดงผลการควบคุมระบบอากาศและไอเสีย ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซไอเสียที่ออกจาก Furnance กับอากาศที่จะส่งเข้าไปห้องเผาไหม้ใน Furnance กรณีเกิดมีการรั่วเข้าหากันจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อน ทางคณะทำงานจึงเสนอมาตรการนี้ ซึ่งค่าการรั่วต้องไม่เกิน 5% เพื่อลดการสูญเสียที่ไม่เกิดประโยชน์ โดยพิจารณาจากข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียความร้อนในระบบผลิต ดังภาพที่ 4.90 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมาก

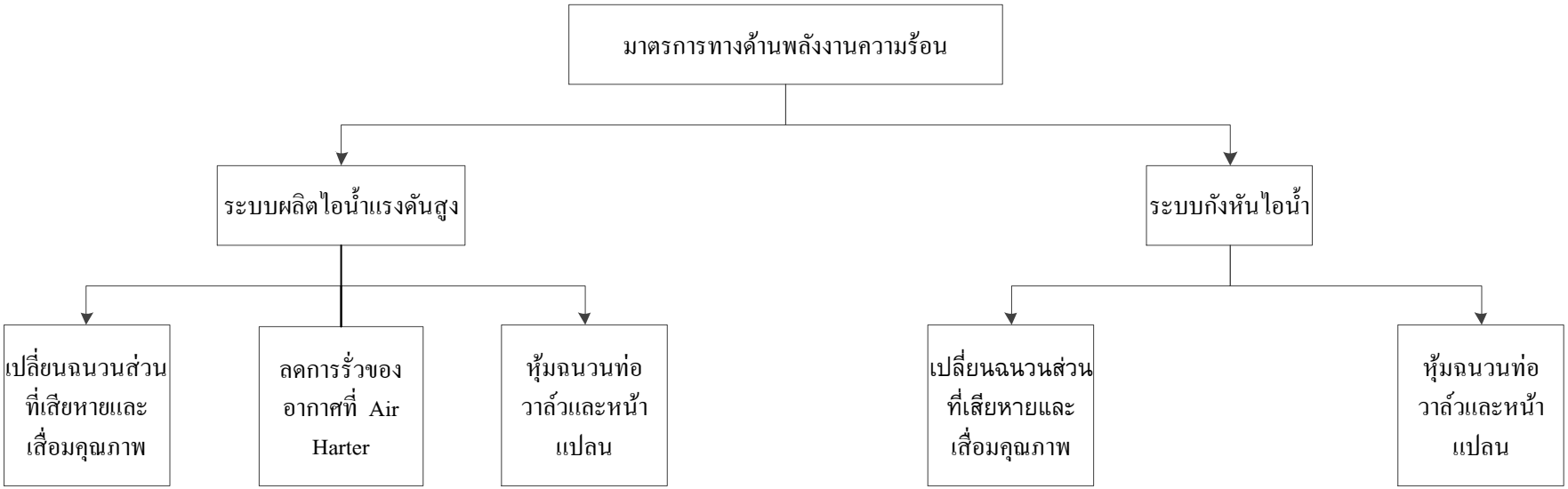


ภาพที่ 4.90 การวิเคราะห์เหตุและผลการใช้พลังงานความร้อนมากที่ Air Harter

ภาพที่ 4.91 หม้อไอน้ำและ Air Heater



ภาพที่ 4.92 หน้าจอแสดงผลการควบคุมระบบอากาศและไอเสีย



ภาพที่ 4.93 มาตรการทางด้านพลังงานความร้อน

จากหลักการเบื้องต้นของวิศวกรรมคุณค่าที่ประกอบด้วยกฎเบื้องต้น 5 ข้อ ในบทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หัวข้อการเพิ่มคุณค่าซึ่งถือได้ว่าเป็นหนึ่งในหลักการสำคัญ ดังในตารางที่ 4.47 ได้แสดงรายละเอียดข้อมูลวิธีการเพิ่มคุณค่าแต่ละมาตรการ โดยอธิบายให้เห็นว่าแต่ละมาตรการใช้วิธีการใดในการเพิ่มคุณค่า เพื่อให้คณะทำงานและพนักงานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยมีความเข้าใจในมาตรการที่ได้คัดเลือกมามากขึ้น และสามารถนำเสนอสิ่งเหล่านี้ให้กับผู้ปฏิบัติงานในองค์และหน่วยงานคนอื่น ๆ ต่อไปได้

ตารางที่ 4.47 วิธีการเพิ่มคุณค่า

มาตรการ	รายละเอียด	วิธีการเพิ่มคุณค่า	ความหมาย
1	มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	$V\uparrow = \frac{F\uparrow}{C\uparrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มต้นทุนด้วยประโยชน์การใช้งานเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่มากกว่า
2	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	$V\uparrow = \frac{F\downarrow}{C\downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งานเหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า
3	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	$V\uparrow = \frac{F\downarrow}{C\downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งานเหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า
4	ปรับเวลาการปิดระบบปรับอากาศ	$V\uparrow = \frac{F\downarrow}{C\downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งานเหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า
5	กำหนดตารางการปิดหลอดไฟแสงสว่าง	$V\uparrow = \frac{F\downarrow}{C\downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดประโยชน์การใช้งานเหลือเท่าที่จำเป็น โดยที่ลดต้นทุนให้ต่ำลงด้วยอัตราที่มากกว่า
6	เปลี่ยนปลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED	$V\uparrow = \frac{F\uparrow}{C\uparrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มต้นทุนด้วยประโยชน์การใช้งานเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่มากกว่า
7	เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	$V\uparrow = \frac{F\rightarrow}{C\downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน ส่วนประโยชน์การใช้สอยเท่าเดิม

ตารางที่ 4.47 วิธีการเพิ่มคุณค่า (ต่อ)

มาตรการ	รายละเอียด	วิธีการเพิ่มคุณค่า	ความหมาย
8	การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	$V\uparrow = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน ส่วนประโยชน์การใช้สอยเท่าเดิม
9	ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	$V\uparrow = \frac{F \rightarrow}{C \downarrow}$	การเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน ส่วนประโยชน์การใช้สอยเท่าเดิม

จากวิธีการเพิ่มคุณค่าที่แสดงในตารางที่ 4.47 อธิบายได้ว่ามาตรการที่ 4 ปรับเวลาการปิดระบบปรับอากาศ และมาตรการที่ 5 กำหนดตารางการปิดหลอดไฟแสงสว่าง เป็นมาตรการที่มีศักยภาพในการเพิ่มคุณค่าได้โดยที่สามารถดำเนินการได้ง่ายเพราะเป็นวิธีการปรับปรุงที่ไม่ต้องมีการลงทุน ใช้วิธีการปรับเวลาและกำหนดตารางซึ่งสามารถดำเนินการได้รวดเร็ว ส่วนมาตรการที่ 1 มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower มาตรการที่ 2 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump มาตรการที่ 3 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump มาตรการที่ 6 เปลี่ยนปลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED มาตรการที่ 7 เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ มาตรการที่ 8 การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน และมาตรการที่ 9 ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater เป็นมาตรการที่ดำเนินการได้ยากกว่า เพราะจะต้องมีการจ่ายเงินลงทุน ต้องมีการพิจารณาในหลายๆ ด้าน เช่น เงินลงทุน ระยะเวลาดำเนินการ ช่วงที่จะดำเนินการ ความคุ้มทุน เป็นต้น ซึ่งมีผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับปฏิบัติการไปจนถึงระดับบริหาร โดยจะต้องดำเนินการร่วมกันเพื่อให้ได้มาในสิ่งที่เป็นประโยชน์กับองค์กรและหน่วยงานมากที่สุด ดังที่ได้อธิบายไว้แล้วก่อนหน้าถึงวิธีการต่าง ๆ

อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญของประโยชน์การใช้งานนี้คือจะต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ และในส่วนของการนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ จะเห็นได้ว่าเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เช่น สำหรับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เป็นต้น โดยให้ประโยชน์งานมาก แต่ต้นทุนต่ำ และนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่าไปใช้ในการวิเคราะห์ประโยชน์การใช้กระบวนการผลิต ลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต นอกจากนี้ ยังสามารถประยุกต์ใช้สำหรับงานทางอ้อมทุกชนิดที่เกี่ยวข้องกับงานอุตสาหกรรมรวมถึง การวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

4.4 ขั้นตอนการประเมินผล

วิเคราะห์ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาผลการลดการใช้พลังงาน โดยเลือกดำเนินการประเมินทุกมาตรการที่ได้มาในขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด ซึ่งจะมีค่าต่าง ๆ ประกอบการวิเคราะห์ประเมินดังในตารางที่ 4.48 ตารางที่ 4.49 และตารางที่ 4.50 ส่วนตารางที่ 4.51 ถึงตารางที่ 4.66 แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์มาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า และตารางที่ 4.67 ถึงตารางที่ 4.74 แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์มาตรการทางด้านพลังงานความร้อน ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบโดยใช้ ระยะเวลาคืนทุน (PB) ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

ตารางที่ 4.48 รายละเอียดค่าไฟฟ้า ณ จุดส่งมอบ ปี 2557 (ราคาค่าไฟฟ้าภายนอกที่โรงไฟฟ้านำมาใช้)

เดือน	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/หน่วย)			
	สถานีไฟฟ้าแรงสูงกระบี่	สถานีไฟฟ้าแรงสูงลำภูรา	สถานีไฟฟ้าแรงสูงพังงา	สถานีไฟฟ้าแรงสูงทุ่งสง
มกราคม	2.99	3.17	3.16	3.05
กุมภาพันธ์	2.97	3.16	3.17	3.06
มีนาคม	2.79	2.97	2.99	2.89
เมษายน	2.80	2.98	2.95	2.89
พฤษภาคม	2.76	2.92	2.89	2.84
มิถุนายน	2.82	3.00	2.98	2.91
กรกฎาคม	2.82	3.00	2.99	2.88
สิงหาคม	2.76	2.94	2.91	2.84
กันยายน	2.83	3.03	2.99	2.93
ตุลาคม	2.81	3.01	2.99	2.91
พฤศจิกายน	2.80	2.96	2.94	2.94
ธันวาคม	2.77	2.94	2.92	2.92
เฉลี่ยแต่ละสถานี	2.83	3.01	2.99	2.92
เฉลี่ย 4 สถานี	2.94			

ตารางที่ 4.49 ต้นทุนกระแสไฟฟ้า โรงไฟฟ้า Thermal กระบี่ ปี 2557 (ราคาไฟฟ้าภายในที่ โรงไฟฟ้านำมาใช้)

เดือน	รวมค่าใช้จ่ายต่าง ๆ[1] (ล้านบาท)	ผลิต (Net Gen.) (ล้านหน่วย)	ต้นทุนกระแสไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
มกราคม	604.84	74.71	8.10
กุมภาพันธ์	1,031.98	122.79	8.40
มีนาคม	1,157.41	132.64	8.73
เมษายน	927.39	113.60	8.16
พฤษภาคม	760.92	100.00	7.61
มิถุนายน	1,042.47	139.63	7.47
กรกฎาคม	1,031.61	132.32	7.80
สิงหาคม	677.70	75.12	9.02
กันยายน	619.47	69.72	8.89
ตุลาคม	682.12	84.45	8.08
พฤศจิกายน	573.70	68.67	8.35
ธันวาคม	538.08	71.14	7.56
เฉลี่ย	9,647.69	1,184.79	8.18

หมายเหตุ; [1]ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าเชื้อเพลิง
2. เงินจ่ายสมทบกองทุนพัฒนาชุมชนในพื้นที่
3. ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาหลัก
4. ผลิตและบำรุงรักษาประจำโรงไฟฟ้า
5. ค่าวัสดุและอะไหล่
6. ค่าวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการผลิต
7. ค่าเสื่อมราคาในการผลิต
8. ค่าใช้จ่ายขายและบริหาร

ตารางที่ 4.50 รายละเอียดราคาน้ำมันเตา ปี 2557

เดือน	KA (OIL 0.5%S)	หน่วย
ม.ค.	29.50380	บาท/ลิตร
ก.พ.	30.33155	บาท/ลิตร
มี.ค.	30.40219	บาท/ลิตร
เม.ย.	29.31328	บาท/ลิตร
พ.ค.	26.09783	บาท/ลิตร
มิ.ย.	27.82770	บาท/ลิตร
ก.ค.	28.30465	บาท/ลิตร
ส.ค.	28.09288	บาท/ลิตร
ก.ย.	27.25559	บาท/ลิตร
ต.ค.	26.17455	บาท/ลิตร
พ.ย.	25.10913	บาท/ลิตร
ธ.ค.	22.19110	บาท/ลิตร
เฉลี่ย	27.55035	บาท/ลิตร

วิเคราะห์ประเมินมาตรการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงของ Cooling tower

ตารางที่ 4.51 วิเคราะห์ Cooling tower 1

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	146.80	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	87.16	ตรวจวัด

ตารางที่ 4.51 วิเคราะห์ Cooling tower 1 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,205,851.12	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	146.80	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	144.96	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง				
$E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,190,809.32	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,041.80	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.83	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	123,041.94	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.18	-

ตารางที่ 4.52 วิเคราะห์ Cooling tower 2

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	148.53	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	88.19	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา $E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,220,100.77	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้ $W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	148.53	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ $W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	146.68	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง $E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,204,881.21	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,219.55	-

ตารางที่ 4.52 วิเคราะห์ Cooling tower 2 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.85	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	124,495.94	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.12	-

ตารางที่ 4.53 วิเคราะห์ Cooling tower 3

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	151.21	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	89.78	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,242,151.52	-

ตารางที่ 4.53 วิเคราะห์ Cooling tower 3 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	151.21	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	149.33	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง				
$E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times$ (UF/100)	kWh/y	E_N	1,226,656.91	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,494.61	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.89	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	126,745.94	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.03	-

ตารางที่ 4.54 วิเคราะห์ Cooling tower 4

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	151.34	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	160	Technical data

ตารางที่ 4.54 วิเคราะห์ Cooling tower 4 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	89.86	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา $E_O = P_1 \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,243,146.01	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้ $W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	151.34	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ $W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	149.45	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง $E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,227,638.99	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,507.02	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง $P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.89	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด $S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	126,847.41	-

ตารางที่ 4.54 วิเคราะห์ Cooling tower 4 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.02	-

ตารางที่ 4.55 วิเคราะห์ Cooling tower 5

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	151.25	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	89.81	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,242,453.40	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	151.25	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	149.36	-

ตารางที่ 4.55 วิเคราะห์ Cooling tower 5 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง $E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,226,955.02	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,498.38	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง $P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.89	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด $S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	126,776.74	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / S_E$	y	PB	5.02	-

ตารางที่ 4.56 วิเคราะห์ Cooling tower 6

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	149.82	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	88.96	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน

ตารางที่ 4.56 วิเคราะห์ Cooling tower 6 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,230,710.48	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	149.82	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	147.95	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง				
$E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,215,358.58	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,351.90	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.87	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	125,578.52	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.07	-

ตารางที่ 4.57 วิเคราะห์ Cooling tower 8

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	146.80	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	87.16	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา $E_O = P_1 \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,205,851.12	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้ $W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	146.80	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ $W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	144.96	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง $E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,190,809.32	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,041.80	-

ตารางที่ 4.57 วิเคราะห์ Cooling tower 8 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,041.80	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.83	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	123,041.94	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.18	-

ตารางที่ 4.58 วิเคราะห์ Cooling tower 9

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	146.24	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	86.83	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม

ตารางที่ 4.58 วิเคราะห์ Cooling tower 9 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,201,313.69	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	146.24	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	144.42	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง				
$E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,186,328.49	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	14,985.20	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.82	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	B/y	S_E	122,578.95	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.20	-

ตารางที่ 4.59 วิเคราะห์ Cooling tower 10

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	155.29	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	92.21	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา $E_O = P_1 \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,275,655.24	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้ $W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	155.29	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้ $W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	153.36	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง $E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times (UF/100)$	kWh/y	E_N	1,259,742.70	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,912.54	-

ตารางที่ 4.59 วิเคราะห์ Cooling tower 10 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.94	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	130,164.57	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	4.89	-

ตารางที่ 4.60 วิเคราะห์ Cooling tower 11

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	148.63	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา	%	η_O	95	Name plate
1.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชุดที่เลือก	%	η_N	96.2	ผู้ผลิต
1.4 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	160	Technical data
1.5 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	88.25	ตรวจวัด
1.6 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.7 แฟกเตอร์การใช้งาน	%	UF	100	สอบถาม
1.8 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.9 ราคาอุปกรณ์	฿	C	637,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ธรรมดา				
$E_O = P_I \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (UF/100) \times h$	kWh/y	E_O	1,220,897.64	-

ตารางที่ 4.60 วิเคราะห์ Cooling tower 11 (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.2 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ธรรมดาใช้				
$W_O = P_I \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	148.63	-
2.3 เลือกขนาดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	kW	P_U	160	-
2.4 พลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใช้				
$W_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100)$	kW	W_N	146.77	-
2.5 พลังงานไฟฟ้ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง				
$E_N = P_U \times (100/\eta_N) \times (F_L/100) \times h \times$ (UF/100)	kWh/y	E_N	1,205,668.14	-
2.6 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	15,229.49	-
2.7 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O - W_N$	kW	P_S	1.85	-
2.8 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	124,577.25	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	5.11	-

วิเคราะห์ประเมินมาตรการปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump

ตารางที่ 4.61 วิเคราะห์ Condensate pump

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	839.71	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์	%	η_O	95	Name plate
1.3 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_I	1,080	Technical data

ตารางที่ 4.61 วิเคราะห์ Condensate pump (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.4 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	73.86	ตรวจวัด
1.5 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.6 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	46.99	รายงานผลิต
1.7 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.8 ราคารวมค่าติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ	฿	C	16,000,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้				
$E_O = P_1 \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (OF/100) \times h$	kWh/y	E_O	3,241,285.52	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่ใช้				
$W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	839.71	-
2.3 ติดตั้ง VFD ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	%	VFD_S	41.53	ผลการศึกษา
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O \times VFD_S$	kWh/y	E_S	1,346,105.88	-
2.5 พลังไฟฟ้าที่ลดลง				
$P_S = W_O \times VFD_S$	kW	P_S	348.73	-
2.6 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด				
$S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	11,011,146.06	-
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	1.45	-

วิเคราะห์ประเมินมาตรการปรับใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump

ตารางที่ 4.62 วิเคราะห์ LP heater drain pump

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 พลังไฟฟ้าที่วัดได้	kW	P_O	131.24	ระบบ PI
1.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์	%	η_O	95	Name plate
1.3 ขนาดมอเตอร์ปัจจุบัน	kW	P_1	150	Technical data
1.4 เปอร์เซ็นต์โหลดของมอเตอร์ (ค่าที่วัดได้เทียบกับพิกัด)	%	F_L	83.12	ตรวจวัด
1.5 จำนวนชั่วโมงใช้งานต่อปี	h/y	h	8,214.5	รายงานผลิต
1.6 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	46.99	รายงานผลิต
1.7 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	8.18	รายงานต้นทุน
1.8 ราคารวมค่าติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ	฿	C	1,500,000	สอบถาม
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $E_O = P_1 \times (FL/100) \times (100/\eta_O) \times (OF/100) \times h$	kWh/y	E_O	506,583.81	-
2.2 พลังไฟฟ้าที่ใช้ $W_O = P_1 \times (100/\eta_O) \times (F_L/100)$	kW	W_O	131.24	-
2.3 ติดตั้ง VFD ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	%	VFD_S	34.94	ผลการศึกษา
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง $E_S = E_O \times VFD_S$	kWh/y	E_S	177,000.38	-
2.5 พลังไฟฟ้าที่ลดลง $P_S = W_O \times VFD_S$	kW	P_S	45.86	-
2.6 ค่าไฟฟ้าที่ประหยัด $S_E = E_S - C_E$	฿/y	S_E	1,447,863.15	-

ตารางที่ 4.62 วิเคราะห์ LP heater drain pump (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / S_E$	y	PB	1.04	-

วิเคราะห์ประเมินมาตรการปรับเวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 4.63 วิเคราะห์ปรับลดการเดินเครื่องระบบปรับอากาศเฉพาะห้อง Office

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h_O	1,680	การใช้งานจริง
1.2 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	฿/kWh	C_E	2.94	รายงานต้นทุน
1.3 ลดการใช้งานลงครึ่งชั่วโมงต่อวัน	h/y	h_N	1,560	การใช้งานจริง
1.4 ราคาค่าปรับปรุง	฿	C	-	-
2. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
2.1 Air Chiller 2 ใช้พลังไฟฟ้า	kW	P_1	92.50	-
2.2 CWP 2 ใช้พลังไฟฟ้า	kW	P_2	9.15	-
2.3 AHU 3-8 ใช้พลังไฟฟ้ารวม	kW	P_3	15.61	-
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้				
$E_O = (P_1+P_2+P_3) \times h_O$	kWh/y	E_O	196,997	-
2.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับลดการเดินเครื่องใหม่				
$E_N = (P_1+P_2+P_3) \times h_N$	kWh/y	E_N	182,926	-
2.4 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				-
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	14,071	-
2.5 ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				-
$B_S = E_S \times C_E$	฿/y	B_S	41,369	-

ตารางที่ 4.63 วิเคราะห์ปรับลดการเดินเครื่องระบบปรับอากาศเฉพาะห้อง Office (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3. การวิเคราะห์การลงทุน				
3.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C / B_S$	y	PB	0.00	-

วิเคราะห์ประเมินมาตราการลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่าง

ตารางที่ 4.64 วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด T5

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. การใช้งานปัจจุบัน				
1.1 จำนวนหลอด T5 ขนาด 28 วัตต์	หลอด	n	5,000	สำรวจ
1.2 พลังไฟฟ้าต่อหลอด 31 วัตต์ รวมบัล				
ลาสต์	W	W	31	ข้อมูลหลอดไฟ
1.3 เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง	หลอด	-	4,800	สำรวจ
1.4 เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง	หลอด	-	200	สำรวจ
1.5 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h	8,760	การใช้งานจริง
1.6 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	97.33	การใช้งานจริง
2. กรณีเปิดตามกำหนด				
2.1 เปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง	หลอด	-	2,500	สำรวจ
2.2 เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมง	หลอด	-	2,500	สำรวจ
2.3 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	66.67	การคำนวณ
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ปัจจุบัน				
$E_O = (W/1000) \times n \times h \times OF$	kWh/y	E_O	1,321,590	-
3.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กรณีเปิดตามกำหนด				
$E_N = (W/1000) \times n \times h \times OF$	kWh/y	E_N	905,177	-
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	416,413	-

ตารางที่ 4.64 วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด T5 (ต่อ)

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	2.94	รายงานต้นทุน
3.5 ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				
$B_S = E_S \times C_E$	฿/y	B_S	1,224,253.69	-

ตารางที่ 4.65 วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด High pressure sodime

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. การใช้งานปัจจุบัน				
1.1 จำนวนหลอด HPS ขนาด 400W	หลอด	n_1	55	สำรวจ
1.2 จำนวนหลอด HPS ขนาด 250W	หลอด	n_2	50	สำรวจ
1.3 พลังไฟฟ้าต่อหลอด 400 W	W	W_1	400	ข้อมูลหลอดไฟ
1.4 พลังไฟฟ้าต่อหลอด 250 W	W	W_2	250	ข้อมูลหลอดไฟ
1.5 เปิดใช้งาน 105 หลอด	ชั่วโมง	-	18	สำรวจ
1.6 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h_1	6,570	การใช้งานจริง
2. กรณีเปิดตามกำหนด				
2.1 เปิดใช้งาน 105 หลอด	ชั่วโมง	-	12	สำรวจ
2.2 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h_2	4,380	การใช้งานจริง
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ปัจจุบัน				
$E_1 = (W_1/1000) \times n_1 \times h_1$	kWh/y	E_1	144,540	-
$E_2 = (W_2/1000) \times n_2 \times h_1$	kWh/y	E_2	82,125	-
$E_O = E_1+E_2$	kWh/y	E_O	226,665	-
3.2 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กรณีเปิดตามกำหนด				
$E_1 = (W_1/1000) \times n_1 \times h_2$	kWh/y	E_1	96,360	-
$E_2 = (W_2/1000) \times n_2 \times h_2$	kWh/y	E_2	54,750	-
$E_N = E_1+E_2$	kWh/y	E_N	151,110	-

ตารางที่ 4.65 วิเคราะห์ลดเวลาการเปิดระบบแสงสว่างหลอดไฟชนิด High pressure sodime (ต่อ)

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	75,555	-
3.4 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	2.94	รายงานต้นทุน
3.5 ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้				
$B_S = E_S \times C_E$	฿/y	B_S	222,131.70	-

วิเคราะห์ประเมินมาตราการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED

ตารางที่ 4.66 วิเคราะห์การเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่าง

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h	8,760	การใช้งานจริง
1.2 เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	66.67	การใช้งานจริง
1.3 ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	2.94	ระบบส่งไฟฟ้า
1.4 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	C_I	1,000,000	200 บาท/ชุด
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 จำนวนหลอด T5 ขนาด 28 วัตต์	หลอด	n_1	5,000	สำรวจ
2.2 พลังไฟฟ้าต่อหลอด 31 วัตต์ รวมบัลลาสต์	W	W_1	31	ข้อมูลหลอดไฟ
2.3 พลังไฟฟ้าจากหลอด LED	W	W_2	18	ข้อมูลหลอดไฟ
2.4 จำนวนหลอดที่จะทำการปรับปรุง	หลอด	n_2	5,000	สำรวจ
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง				
$E_O = (W_1/1000) \times n_1 \times h \times OF$	kWh/y	E_O	905,177.37	-
3.2 พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง				
$E_N = (W_2/1000) \times n_2 \times h \times OF$	kWh/y	E_N	525,586.86	-

ตารางที่ 4.66 วิเคราะห์การเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่าง (ต่อ)

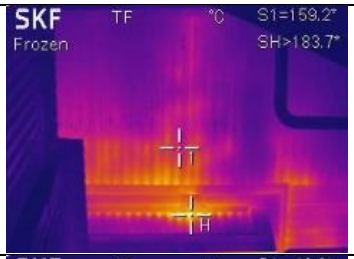
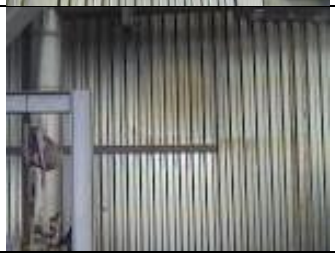
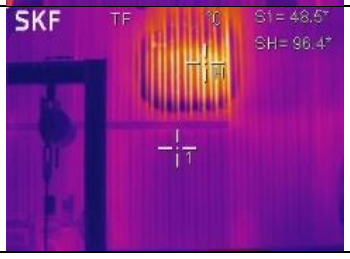
รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$E_S = E_O - E_N$	kWh/y	E_S	379,590.51	-
3.4 พลังไฟฟ้ารวมก่อนปรับปรุง				
$W_{1T} = E_O /(h \times OF)$	kW	W_{1T}	155.00	-
3.4 พลังไฟฟ้ารวมหลังปรับปรุง				
$W_{2T} = E_N /(h \times OF)$	kW	W_{2T}	90.00	-
3.5 พลังไฟฟ้ารวมลดลง				
$W_{ST} = W_{1T} - W_{2T}$	kWh/y	W_{ST}	65.00	-
3.6 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง				
$S_C = E_S \times C_E$	B/y	S_C	1,115,996.10	-
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน				
$PB = C_I / S_C$	y	PB	0.90	-

วิเคราะห์ประเมินมาตรการเปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพผนังหม้อไอน้ำ นำเครื่องมือตรวจสอบการสูญเสียความร้อนที่อุปกรณ์ผลิตและใช้ความร้อนในระบบผลิตดังแสดงในตารางที่ 4.67 จุดสูญเสียความร้อนจากการชำรุดของฉนวนหุ้มระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง และตารางที่ 4.68 จุดสูญเสียความร้อนการไม่ได้หุ้มและชำรุดของฉนวนระบบกังหันไอน้ำเพื่อนำค่าไปประกอบการคำนวณการสูญเสียความร้อน

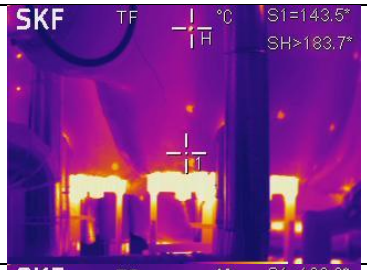
ตารางที่ 4.67 จุดสูญเสียความร้อนจากการชำรุดของฉนวนหุ้มระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง

Position and Value	Area	Testing Area	Thermal Infrared Testing
Boiler casing Value max: 146.5 °C	A_1 แนวตั้ง		
Boiler casing Value max: 127.5 °C	A_2 แนวตั้ง		
Boiler casing Value max: 183.8 °C	A_3 แนวนอน		
Boiler casing Value max: 179.2 °C	A_4 แนวนอน		
Boiler casing Value max: 102 °C	A_5 แนวนอน		
Boiler casing Value max: 172.6 °C	A_6 แนวนอน		

ตารางที่ 4.67 จุดสูญเสียความร้อนจากการชำรุดของฉนวนหุ้มระบบผลิตไอน้ำแรงดันสูง (ต่อ)

Position and Value	Area	Testing Area	Thermal Infrared Testing
Boiler casing Value max: 183.7 °C	A_7 แนวนอน		
Boiler casing Value max: 183.7 °C	A_8 แนวตั้ง		
Boiler casing Value max: 79.9 °C	A_9 แนวตั้ง		
Boiler casing Value max: 112.8 °C	A_{10} แนวตั้ง		
Boiler casing Value max: 96.4 °C	A_{11} แนวตั้ง		

ตารางที่ 4.68 จุดสูญเสียความร้อนการไม่ได้หุ้มและชำรุดของฉนวนระบบกังหันไอน้ำ

Position and Value	Area	Testing Area	Thermal Infrared Testing
Valve Value max: 183.7 °C	B_1 แนวตั้ง		
Valve Value max: 183.7 °C	B_2 แนวนอน		
Steam tap main steam Value max: 183.7 °C	B_3 แนวตั้ง		
Steam tap reheat steam Value max: 183.7 °C	B_4 แนวตั้ง		

ตารางที่ 4.69 ข้อมูลประกอบคำนวณหาปริมาณความร้อนสูญเสียของผนังที่ฉนวนเสื่อม

รายการข้อมูล	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
เวลาใช้งานอุปกรณ์	h/y	H	8,215	รายงานผลิต
ราคาเชื้อเพลิงเหลว	บาท/L	C_L	27.55	รายงานบัญชี
ตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์	%	OF	46.99	รายงานผลิต
เลือกใช้ฉนวนใยหินความหนา	m	tinst	0.1	Data sheet
ค่าการนำความร้อนของฉนวน	W/m ^{O}C	k_{INS}	0.034	Data sheet

ตารางที่ 4.69 ข้อมูลประกอบคำนวณหาปริมาณความร้อนสูญเสียของผนังที่ฉนวนเสื่อม (ต่อ)

รายการข้อมูล	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
เวลาใช้งานอุปกรณ์	h/y	H	8,215	รายงานผลิต
ราคาเชื้อเพลิงเหลว	บาท/L	C_L	27.55	รายงานบัญชี
ตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์	%	OF	46.99	รายงานผลิต
เลือกใช้ฉนวนใยหินความหนา	m	tinst	0.1	Data sheet
ค่าการนำความร้อนของฉนวน	$W/m\ ^{O}C$	k_{INS}	0.034	Data sheet
ค่าสภาพการเปล่งรังสีความร้อนของผิวผนัง	-	ε	0.95	ตาราง
อุณหภูมิผิวฉนวนหลังหุ้มใหม่	^{O}C	T_N	60	เกณฑ์ไม่เกิน 60
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำแรงดันสูง	%	h_B	88.15	รายงานผลิต
ค่าความร้อนสูงเชื้อเพลิง	HHV_L	kJ/L	42,006	ตรวจ Lab เคมี
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนทั้งหมด	บาท	C_I	500,000	สอบถาม
พื้นที่ที่ฉนวนเสื่อมและชำรุด ผนังแนวตั้ง	m^2	A_V	A_1-A_{11}	สำรวจ
พื้นที่ที่ฉนวนเสื่อมและชำรุด ผนังแนวนอน	m^2	A_H	A_1-A_{11}	สำรวจ
อุณหภูมิผิวผนังที่ฉนวนเสื่อมและชำรุด ผนังแนวตั้ง	^{O}C	T_{SV}	A_1-A_{11}	ตรวจวัด
อุณหภูมิผิวผนังที่ฉนวนเสื่อมและชำรุด ผนังแนวนอน	^{O}C	T_{SH}	A_1-A_{11}	ตรวจวัด
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	^{O}C	T_O	33.4	ตรวจวัด

ตารางที่ 4.70 ขนาดพื้นที่และอุณหภูมิสูงสุดจุดสูญเสียความร้อนของผนังที่ฉนวนเสื่อม

Area	Area boiler casing			อุณหภูมิสูงสุด (°C)
	กว้าง (m)	ยาว (m)	พื้นที่ (m^2)	
A_1	2	5.8	11.6	146.5
A_2	2.2	5.6	12.3	127.5
A_3	4.9	3	14.7	183.8
A_4	2	3.2	6.4	179.2
A_5	3.1	5.3	16.4	102
A_6	4	3	12	172.6
A_7	2.5	3.1	7.7	183.7
A_8	2.3	2	4.6	183.7
A_9	1.1	2	2.2	79.9
A_{10}	1	1	1	112.8
A_{11}	1.1	1.2	1.3	96.4

สมการที่ใช้วิเคราะห์

- การสูญเสียความร้อนผ่านผนังที่ฉนวนเสื่อมสภาพ

$$h_{CV} = 2.2 \times (T_{SV} - T_O)^{0.25}$$

เมื่อ h_{CV} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนผนังฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวตั้ง ($W/m^{2\,O}C$)

T_{SV} คือ อุณหภูมิผิวผนังแนวตั้ง (^OC)

T_O คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (^OC)

$$h_{CH} = 1.5 \times (T_{SH} - T_O)^{0.25}$$

เมื่อ h_{CH} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนผนังฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวนอน ($W/m^{2\,O}C$)

T_{SH} คือ อุณหภูมิผิวผนังแนวนอน (^OC)

$$Q_{rV} = \sigma \times \varepsilon \times A_V \times 3.6 \times ((T_{SV} + 273)^4 - (T_O + 273)^4)$$

เมื่อ Q_{rV} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวตั้ง (kJ/h)

σ คือ ค่าคงที่ของชเตฟาน-โบลต์ซมันน์ 5.6697×10^{-8} ($W/m^2.K^4$)

ε คือ ค่าสภาพการแผ่รังสีของวัตถุ

A_V คือ พื้นที่ฉนวนเสื่อมสภาพและชำรุดผนังแนวตั้ง (m^2)

$$Q_{rH} = \sigma \times \varepsilon \times A_H \times 3.6 \times ((T_{SH} + 273)^4 - (T_O + 273)^4)$$

เมื่อ Q_{rH} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวนอน (kJ/h)

A_H คือ พื้นที่ฉนวนเสื่อมสภาพและชำรุดผนังแนวนอน (m^2)

$$Q_{CV} = h_{CV} \times A_V \times (T_{SV} - T_O) \times 3.6$$

เมื่อ Q_{CV} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการพาฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวตั้ง (kJ/h)

$$Q_{CH} = h_{CH} \times A_H \times (T_{SH} - T_O) \times 3.6$$

เมื่อ Q_{CH} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการพาฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวนอน (kJ/h)

$$Q_{VT} = (Q_{CV} + Q_{rV}) \times \frac{H}{1000}$$

เมื่อ Q_{VT} คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนัง ฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวตั้ง (MJ/y)

H คือ เวลาใช้งานอุปกรณ์ (h/y)

$$Q_{HT} = (Q_{CH} + Q_{rH}) \times \frac{H}{1000}$$

เมื่อ Q_{HT} คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนัง ฉนวนเสื่อมสภาพพื้นผิวแนวนอน (MJ/y)

$$Q_T = Q_{VT} + Q_{HT}$$

เมื่อ Q_T คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนัง ฉนวนเสื่อมสภาพ (MJ/y)

- การสูญเสียความร้อนผ่านผนังที่หุ้มฉนวนใหม่

$$h_{CVn} = 2.2 \times (T_N - T_O)^{0.25}$$

เมื่อ h_{CVn} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวตั้ง ($W/m^{2\,O}C$)

T_N คือ อุณหภูมิผิวฉนวนหลังหุ้ม (^OC)

$$h_{CHn} = 1.5 \times (T_N - T_O)^{0.25}$$

เมื่อ h_{CHn} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวนอน ($W/m^{2\,O}C$)

$$Q_{rVn} = \sigma \times \varepsilon \times A_V \times 3.6 \times ((T_N + 273)^4 - (T_O + 273)^4)$$

เมื่อ Q_{rVn} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวตั้ง (kJ/h)

$$Q_{rHn} = \sigma \times \varepsilon \times A_H \times 3.6 \times ((T_N + 273)^4 - (T_O + 273)^4)$$

เมื่อ Q_{rHn} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการแผ่รังสีผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวนอน (kJ/h)

$$Q_{CVn} = h_{CVn} \times A_V \times (T_N - T_O) \times 3.6$$

เมื่อ Q_{CVn} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการพาผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวตั้ง (kJ/h)

$$Q_{CHn} = h_{CHn} \times A_H \times (T_N - T_O) \times 3.6$$

เมื่อ Q_{CHn} คือ ความร้อนสูญเสียโดยการพาผนังหุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวนอน (kJ/h)

$$Q_{VTn} = (Q_{CVn} + Q_{rVn}) \times \frac{H}{1000}$$

เมื่อ Q_{VTn} คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนังที่หุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวตั้ง (MJ/y)

H คือ เวลาใช้งานอุปกรณ์ (h/y)

$$Q_{HTn} = (Q_{CHn} + Q_{rHn}) \times \frac{H}{1000}$$

เมื่อ Q_{HTn} คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนังที่หุ้มฉนวนใหม่พื้นผิวแนวนอน (MJ/y)

$$Q_{Tn} = Q_{VTn} + Q_{HTn}$$

เมื่อ Q_{Tn} คือ ความร้อนสูญเสียรวมของผนังที่หุ้มฉนวนใหม่ (MJ/y)

- การลดลงของความร้อนสูญเสีย

$$Q_{SAVE} = Q_T - Q_{Tn}$$

เมื่อ Q_{SAVE} คือ ความร้อนสูญเสียลดลง (MJ/y)

$$Q_{SAVEOF} = (Q_T - Q_{Tn}) \times OF$$

เมื่อ Q_{SAVEOF} คือ ความร้อนสูญเสียลดลง (MJ/y)

OF คือ ตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์ (%)

การวิเคราะห์การลงทุน

$$PB = C_I/S_S$$

เมื่อ PB คือ ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

C_I คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนทั้งหมด (บาท)

S_S คือ ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ที่สภาวะตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์เท่ากับ 46.99% (บาท/ปี)

ตารางที่ 4.71 ผลการคำนวณปริมาณความร้อนสูญเสียของผนังที่ฉนวนเสื่อม ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากผนังที่หุ้มฉนวนใหม่และปริมาณความร้อนสูญเสียลดลงที่สภาวะตัวประกอบการใช้งานอุปกรณ์เท่ากับ 100%

Area	Q_T (MJ/y)	Q_{Tn} (MJ/y)	Q_{SAVE} (MJ/y)
A_1	687,538.16	109,973.59	577,564.57
A_2	566,766.25	116,799.57	449,966.68
A_3	1,156,385.56	120,977.38	1,035,408.18
A_4	480,175.19	52,670.46	427,504.73
A_5	430,858.85	135,214.89	295,643.96
A_6	839,513.89	98,757.07	740,756.82
A_7	609,068.21	63,780.62	545,287.59
A_8	411,603.23	43,610.22	367,993.01
A_9	40,829.70	20,857.06	19,972.64
A_{10}	36,675.15	9,480.48	27,194.67
A_{11}	35,866.02	12,514.27	23,351.75
A_1 - A_{11}	5,295,280.21	784,635.61	4,510,644.60

ตารางที่ 4.72 การวิเคราะห์การลงทุนหุ้มฉนวนผนังใหม่

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนทั้งหมด (บาท)	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
500,000	1,577,001	0.32

วิเคราะห์ประเมินมาตรการหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน

ตารางที่ 4.73 วิเคราะห์การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 เวลาใช้งานระบบไอน้ำตลอดทั้งปี	h/y	wh	8,214.5	รายงานผลิต
1.2 ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/L	C_L	27.55	บัญชี
1.3 เลือกใช้ความหนาฉนวน	mm	t_insl	40	ตาราง
1.4 ค่าการนำความร้อนของฉนวน	W/m K	k_i	0.034	ตาราง
1.5 ค่าการแผ่รังสีของผิวท่อไม่ได้หุ้มฉนวน		ε_S	0.95	ตาราง
1.6 ค่าการแผ่รังสีของผิวฉนวน		ε_i	0.70	ตาราง
1.7 ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	%	η_B	88.15	ผลทดสอบ
1.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	kJ/L	HHV_L	42,006	Lab เคมี
1.9 เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	mm	d	50.80	แบบ PI
1.10 เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	mm	di	45	แบบ PI
1.11 ค่าใช้จ่ายวัสดุและค่าแรง	฿	C_I	50,000	สอบถาม
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 ขนาดท่อ nominal diameter	mm	dn	50.80	แบบ PI
- ความยาวท่อตรง	m	L	5.00	สำรวจ
2.2 จำนวนหน้าแปลนชนิด	G10	n	5.00	สำรวจ
- Flank 10 kg/cm^2 ความยาวเทียบเท่า = 1.2 x n	m	le1	6.00	
2.3 จำนวนวาล์ว ชนิด	G10	n	2.00	สำรวจ
- Globe Valve 10 kg/cm^2 ความยาวเทียบเท่า = 1.2 x n	m	le2	2.40	
2.4 จำนวนวาล์ว ชนิด	G10	n	6.00	สำรวจ
- Gate Valve 10 kg/cm^2 ความยาวเทียบเท่า = 1.2 x n	m	le3	7.20	

ตารางที่ 4.73 วิเคราะห์การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
2.5 จำนวนวาล์ว ชนิด	C10	n	6.00	สำรวจ
- Control Valve 10 kg/cm^2 ความยาวเทียบเท่า = 1.2 x n	m	le4	7.20	
2.6 ความยาวท่อเทียบเท่าทั้งหมด	Le	m	27.80	
Le = L + le1 + le2 + le3 + le4				
2.7 ความดันไอน้ำที่ท่อหรือวาล์ว	kg/cm^2	P_U	50.98	DCS
2.8 อุณหภูมิไอน้ำในท่อ	^OC	tb	250.00	DCS
2.9 อุณหภูมิผิวท่อ	^OC	Ts	183.70	ตรวจวัด
2.10 ความดันไอน้ำที่หม้อน้ำ	kg/cm^2	P_g	161.00	DCS
2.11 อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	^OC	Ta	33.40	ตรวจวัด
2.12 อุณหภูมิภายนอกฉนวน	^OC	T_2	60.00	ตรวจวัด
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
คำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน				
3.1 สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective coefficient)				
$hc = 1.32 \times ((Ts - Ta)/(d/1000))^{0.25}$	$W/m^2/K$	hc	9.74	-
3.2 สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Radiation cofficient)				
$hr = 5.6697 \times 10^{-8} \times \varepsilon_S \times [(Ts+273)^4 - (Ta+273)^4]/(Ts - Ta)$	$W/m^2/K$	hr	12.43	-
3.3 สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนรวม (Overall coefficient)				
h = hc + hr	$W/m^2/K$	h	22.17	-
3.4 Heat flux				
HFs = h x (Ts -Ta)	W/m^2	HFs	3,332.15	-

ตารางที่ 4.73 วิเคราะห์การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
3.5 ความร้อนที่สูญเสียจากท่อเปลือย				
Qs = HFs x p x d/1000	W/m	Qs	531.69	-
คำนวณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน				
3.6 เส้นผ่านศูนย์กลางรวมฉนวน = 2 x t_insl + d	mm	d_2	130.80	-
3.7 สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convective coefficient)				
hcl = 1.32 x ((T_2 - Ta)/(d_2/1000))	$W/m^2/K$	hcl	268.44	-
3.8 สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Radiation cofficient)				
hrl = $5.6697 \times 10^{-8} \times \varepsilon_i \times [(T_2+273)^4 - (Ta+273)^4]/(T_2 - Ta)$	$W/m^2/K$	hrl	5.20	-
3.9 สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนรวม (Overall coefficient)				
ho = hcl + hrl	$W/m^2/K$	ho	273.64	-
3.10 Thermal conductivity of insulator				
Rs = ln(d_2/d)/(2 x p x ki)	m^2K/W	Rs	4.43	-
3.11 U value				
U = 1/(Rs + (2 /(p x d_2 x ho)))	W/m^2	U	0.23	-
3.12 Heat flux				
HF = ho x (T_2 -Ta)	W/m^2	HF	7,278.82	-
3.13 ความร้อนสูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน				
Qinsl = (2 x p x (Ts - Ta)/(ln(d_2/d) x (l/ki))+(2/d_2 x ho)	W/m	Qinsl	29.50	-

ตารางที่ 4.73 วิเคราะห์การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
คำนวณศักยภาพการประหยัดพลังงาน				
3.14 ความร้อนที่สูญเสียลดลง				
Qsave = Qs - Qinsl	W/m	Qsave	502.19	-
3.15 ความร้อนที่สูญเสียลดลง				
Qsave% = (Qsave/Qs) x 100	%	Qsave%	0.94	-
3.16 ความร้อนที่ประหยัดได้				
Hsave = Qsave x Le x wh x 3.6/1000	MJ/y	Hsave	412,853.99	-
3.17 ความร้อนของเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้				
Hfsave = Hsave / (η_B/100)	MJ/y	Hfsave	468,353.93	-
3.18 เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้				
F_{SL} = Hfsave x 1000/ HHV_L	L/y	F_{SL}	11,149.69	-
3.19 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้				
S_{SL} = F_{SL} x C_L	฿/y	S_{SL}	307,173.96	-
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน				
PB = C_I / S_{CL}	y	PB	0.16	-

มาตรการลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater

ตารางที่ 4.74 วิเคราะห์ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater

รายการ	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
การวิเคราะห์ทางเทคนิค			
กำลังผลิต	MW	100	-
Air Heater Leakage			
Air Heater Duct A	%	10.21	ตรวจวัด
Air Heater Duct B	%	6.68	ตรวจวัด
ค่าเฉลี่ย	%	8.45	-
Heat Rate Increse	kJ/kWh	25.87585431	ผลการศึกษา
Energy Generation (ภายใต้สมมุติฐานตามแผนผลิต ปี 2016-2020)	kWh	186,400,000	แผนการผลิต
Heat Loss Save $_{(8.45\%)}$	kJ	4,823,259,243.65	-
HHV	kJ/L	42,006.12	Lab เคมี
Heat Loss เทียบเป็น Oil	L	114,822.77	-
สัดส่วน/% Leakage	L/%	13,588.49	-
ปรับปรุงใหม่ Leakage ไม่เกิน 5 %	L	46,880.30	-
Heat Loss Save $_{(3.45\%)}$	kJ	1,969,259,691.19	-
คิดเป็นเงิน	บาท	1,291,552	-
การวิเคราะห์การลงทุน			
เงินลงทุน	บาท	2,500,000	สอบถาม
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	1.94	-

จากตารางที่ 4.75 แสดงผลการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า จะพบว่าภาพรวมสามารถลดการใช้พลังงานได้ 13.71% ตารางที่ 4.76 แสดงเงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า จะพบว่าสามารถประหยัดเงินได้ 16,316,608.21 บาท เงินลงทุนใน 4 มาตรการ 24,870,000 บาท อีก 2 มาตรการไม่มีการลงทุน ส่วนตารางที่ 4.77 แสดงผลการลดการใช้พลังงานความร้อน จะพบว่าภาพรวมสามารถลดการใช้พลังงานได้ 57.62% และตารางที่ 4.78 เงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานความร้อน จะพบว่าสามารถประหยัดเงินได้ 4,467,280 บาท เงินลงทุนใน 3 มาตรการ 5,550,000 บาท

ตารางที่ 4.75 ผลการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

รายละเอียด	ใช้พลังงานก่อน (kWh/y)	ใช้พลังงานหลัง (kWh/y)	พลังงานลดลง (kWh/y)	พลังงานลดลง (%)
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	12,288,130.98	12,134,848.68	153,282.30	1.25
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	3,241,285.52	1,895,179.64	1,346,105.88	41.53
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	506,583.81	329,583.43	177,000.38	34.94
ปรับลดเวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศ	196,996.80	182,925.60	14,071.20	7.14
ปรับลดเวลาการเปิดหลอดไฟระบบแสงสว่าง	1,548,255.19	1,056,287.37	491,967.82	32.42
เปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED	905,177.37	525,586.86	379,590.51	41.94
ผลรวม/เฉลี่ย	18,686,429.67	16,124,411.58	2,562,018.09	13.71

ตารางที่ 4.76 เงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า

รายละเอียด	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	1,253,849	6,370,000
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	11,011,146.06	16,000,000
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	1,447,863.15	1,500,000
ปรับลดเวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศ	41,369	-
ปรับลดเวลาการเปิดหลอดไฟระบบแสงสว่าง	1,446,385	-
เปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED	1,115,996	1,000,000
รวม	16,316,608.21	24,870,000

ตารางที่ 4.77 ผลการลดการใช้พลังงานความร้อน

รายละเอียด	ใช้พลังงานก่อน (MJ/y)	ใช้พลังงานหลัง (MJ/y)	พลังงานลดลง (MJ/y)	พลังงานลดลง (%)
เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	5,295,280.21	784,635.61	4,510,644.60	85.18
การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	437,106.16	24,252.17	412,853.99	94.45
ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	9,646,518.49	5,707,999.10	3,938,519.38	40.83
ผลรวม/เฉลี่ย	15,378,904.86	6,516,886.88	8,862,017.97	57.62

ตารางที่ 4.78 เงินที่ประหยัดได้และเงินลงทุนมาตรการทางด้านพลังงานความร้อน

รายละเอียด	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)
เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	1,577,001	500,000
การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	307,174	50,000
ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	2,583,105	5,000,000
รวม	4,467,280	5,550,000

การคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบโดยใช้ ระยะเวลาคืนทุน (PB) ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) กำหนดอายุโรงไฟฟ้า 12 ปี และอัตราดอกเบี้ย 8% ซึ่งค่า PB ควรพิจารณาที่ค่าต่ำ ROI ค่าที่สูง NPV ค่าเป็นบวก และ IRR ค่าที่สูง ประกอบก่อนตัดสินใจลงทุนปรับปรุง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.79

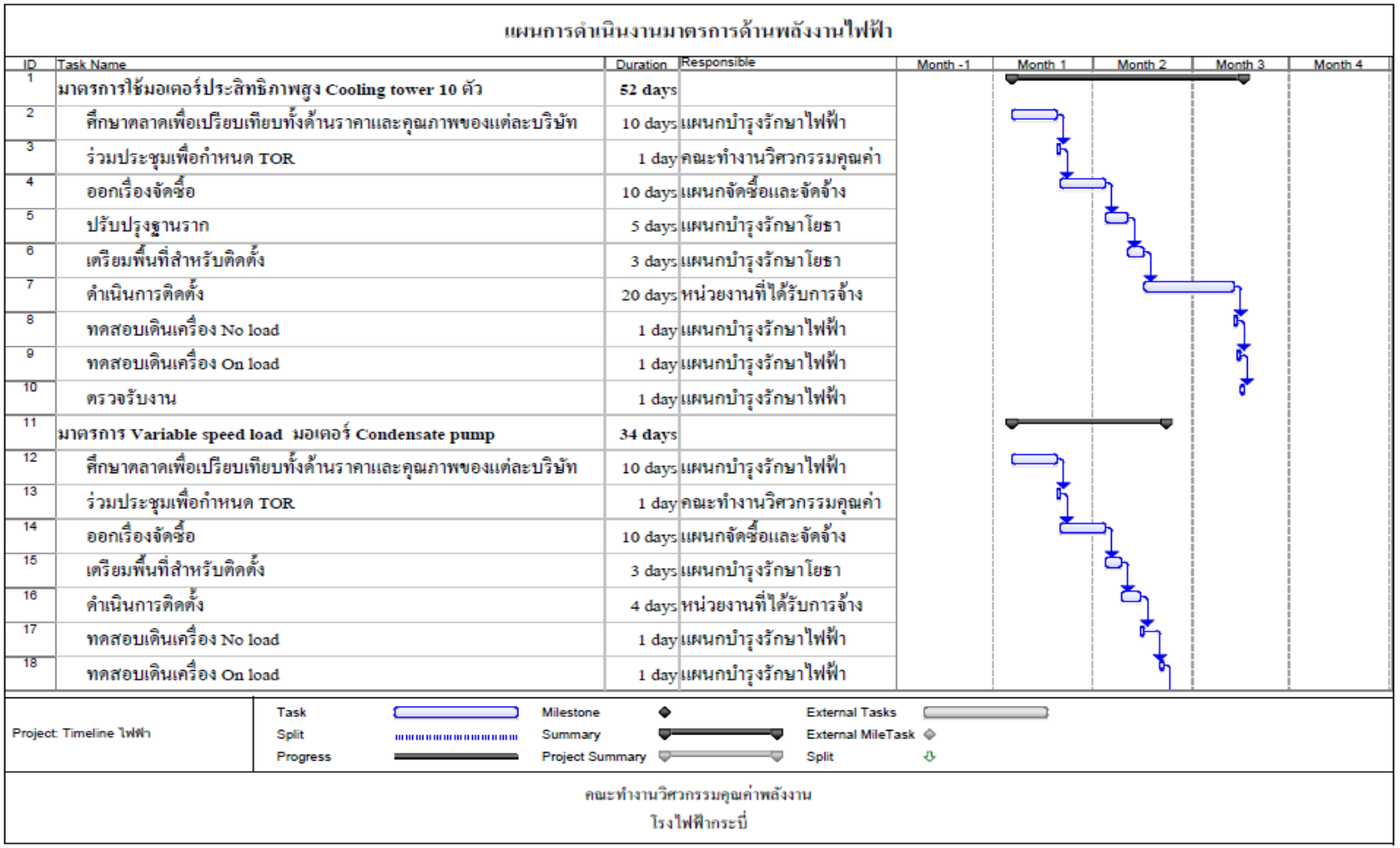
ตารางที่ 4.79 ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายละเอียด	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	ผลตอบแทนการลงทุน (%)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนภายใน (%)
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	5.08	136.20	3,079,109	16.55
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	1.45	725.84	66,980,856.55	68.69
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	1.04	1,058.29	9,411,210.44	96.50
เปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED	0.90	1,239.20	7,412,219.24	111.59
เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	0.32	3,684.80	11,384,402.97	315.40
การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	0.16	7,272.18	2,264,894.47	614.35
ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	1.94	519.95	14,466,479.87	51.30

4.5 ขั้นตอนพัฒนาความคิด

กระบวนการในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 2 หัวข้อหลักคือ การประชุมร่วมกันและเขียนแผนปฏิบัติงาน โดยคณะทำงานร่วมกันพิจารณาถึงแนวทางการปฏิบัติงาน กำหนดออกมาเป็นแผนงาน เขียนแนวทางการปฏิบัติงานในลักษณะ Timeline ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้คือ ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ระยะเวลาในการดำเนินการ ผู้รับผิดชอบแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้เป็นแนวทางหากต้องดำเนินการมาตรการ ส่วนงานที่ต้องรับไปทำจะได้มีเข้าใจขั้นตอนการปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจนในแผนการดำเนินงาน ดังแสดงในภาพที่ 4.94 ตัวอย่างแผนการดำเนินงานมาตรการ ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อมาตรการหลัก ขั้นตอนการดำเนินงาน ตัวอย่างเช่น หัวข้อหลักมาตราการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Coolling tower ขั้นตอนประกอบไปด้วย 1. ศึกษาตลาดเพื่อเปรียบเทียบทั้งด้านราคาและคุณภาพของแต่ละบริษัท ใช้เวลา 10 ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้า 2. ร่วมประชุมเพื่อกำหนด TOR ใช้เวลา 1 วัน ผู้รับผิดชอบคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่า 3. ออกเรื่องจัดซื้อ ใช้เวลา 10 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกจัดซื้อและจัดจ้าง 4. ปรับปรุงฐานราก ใช้เวลา 5 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาโยธา 5. เตรียมพื้นที่สำหรับติดตั้ง ใช้เวลา 3 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาโยธา 6. ดำเนินการติดตั้ง ใช้เวลา 20 วัน รับผิดชอบหน่วยงานที่ได้รับการจ้าง 7. ทดสอบเดินเครื่อง No load ใช้เวลา 1 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้า 8. ทดสอบเดินเครื่อง On load ใช้เวลา 1 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้า และ 9. ตรวจรับงาน ใช้เวลา 1 วัน ผู้รับผิดชอบแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนมาตรการอื่น ๆ ก็ดำเนินการในลักษณะเดียวกัน

โดยปกติโรงไฟฟ้าจะดำเนินการงานซ่อมแซมและปรับปรุงอุปกรณ์ในช่วงหยุดซ่อมประจำปีที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า เพื่อหลีกเลี่ยงในส่วนของค่าปรับ เพราะโรงไฟฟ้าจะเดินเครื่องหรือหยุดเครื่องขึ้นอยู่กับการสั่งการของศูนย์ควบคุมกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ กรณีมีการหยุดนอกแผนจะโดนปรับเงิน



ภาพที่ 4.94 ตัวอย่างแผนการดำเนินงานมาตรการ

4.6 ขั้นตอนการนำเสนอ

นำเสนอผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติดำเนินการมาตรการที่มีศักยภาพ โดยทำรูปแบบการนำเสนอที่เข้าใจง่ายแสดงถึงประโยชน์ที่จะได้รับ แสดงตัวเลขการประหยัดพลังงานที่ชัดเจนเพื่อประกอบการตัดสินใจว่าควรมีการลงทุนหรือไม่ ถ้ามีการลงทุนมีระยะเวลาคืนทุนเมื่อไหร่ แสดงรายละเอียดข้อมูลดังในตารางที่ 4.80 มาตรการด้านพลังงานไฟฟ้า และตารางที่ 4.81 มาตรการด้านพลังงานความร้อน

ตารางที่ 4.80 มาตรการด้านพลังงานไฟฟ้า

รายละเอียด	ลดการใช้พลังงาน (%)	เงินประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	1.25	1,253,849	6,370,000	5.08
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	41.53	11,011,146.06	16,000,000	1.45
อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	34.94	1,447,863.15	1,500,000	1.04
ปรับเวลาการปิดระบบปรับอากาศ	7.14	41,369	-	-
กำหนดตารางการปิดหลอดไฟแสงสว่าง	32.42	1,446,385	-	-
เปลี่ยนปลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED	41.94	1,115,996	1,000,000	0.90

ตารางที่ 4.81 มาตรการด้านพลังงานความร้อน

รายละเอียด	ลดการใช้พลังงาน (%)	เงินประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	85.18	1,577,001	500,000	0.32
การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	94.45	307,174	50,000	0.16
ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	40.83	2,583,105	5,000,000	1.94

กรณีพิจารณาในด้านการลงทุนและนำมาจัดลำดับความสำคัญเพื่อเป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร จะพบว่ามี 2 มาตรการที่ไม่มีการลงทุน ส่วนใช้เงินลงทุนระดับกลางมี 4 มาตรการ และใช้เงินลงทุนระดับสูงมี 3 มาตรการ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.82

ตารางที่ 4.82 ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเมื่อพิจารณาจากเงินลงทุน

รายละเอียด	มาตรการ	เงินลงทุน (บาท)
ไม่มีการลงทุน	ปรับเวลาการปิดระบบปรับอากาศ	ไม่มี
	กำหนดตารางการปิดหลอดไฟแสงสว่าง	ไม่มี
ลงทุนระดับกลาง	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ LP heater drain pump	1,500,000
	เปลี่ยนปลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นหลอดชนิด LED	1,000,000
	เปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ	500,000
	การหุ้มฉนวนท่อ วาล์ว และหน้าแปลน	50,000
ลงทุนระดับสูง	อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump	16,000,000
	มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง Cooling tower	6,370,000
	ลดการรั่วของอากาศที่ Air Heater	5,000,000

4.7 การดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการปฏิบัติตามแผนงานในส่วนของมาตรการที่ผ่านความเห็นชอบและได้รับการอนุมัติแล้วจากผู้บริหาร ซึ่งผลจากขั้นตอนการนำเสนอผู้บริหารเห็นชอบให้ดำเนินการได้ในมาตรการที่ไม่ส่งผลต่อระบบผลิตและไม่มีการลงทุนก่อน ส่วนมาตรการที่อาจจะส่งผลต่อระบบผลิตและมีการลงทุน มีความจำเป็นต้องพิจารณาดำเนินการในช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น การซ่อมบำรุงตามแผน เป็นต้น ซึ่งจะได้นำข้อมูลในงานวิจัยนี้ไปเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สำหรับมาตรการที่เห็นชอบอนุมัติให้ดำเนินการได้แก่

- มาตรการปรับลดเวลาปิดระบบปรับอากาศ
- มาตรการกำหนดตารางการปิดระบบแสงสว่าง

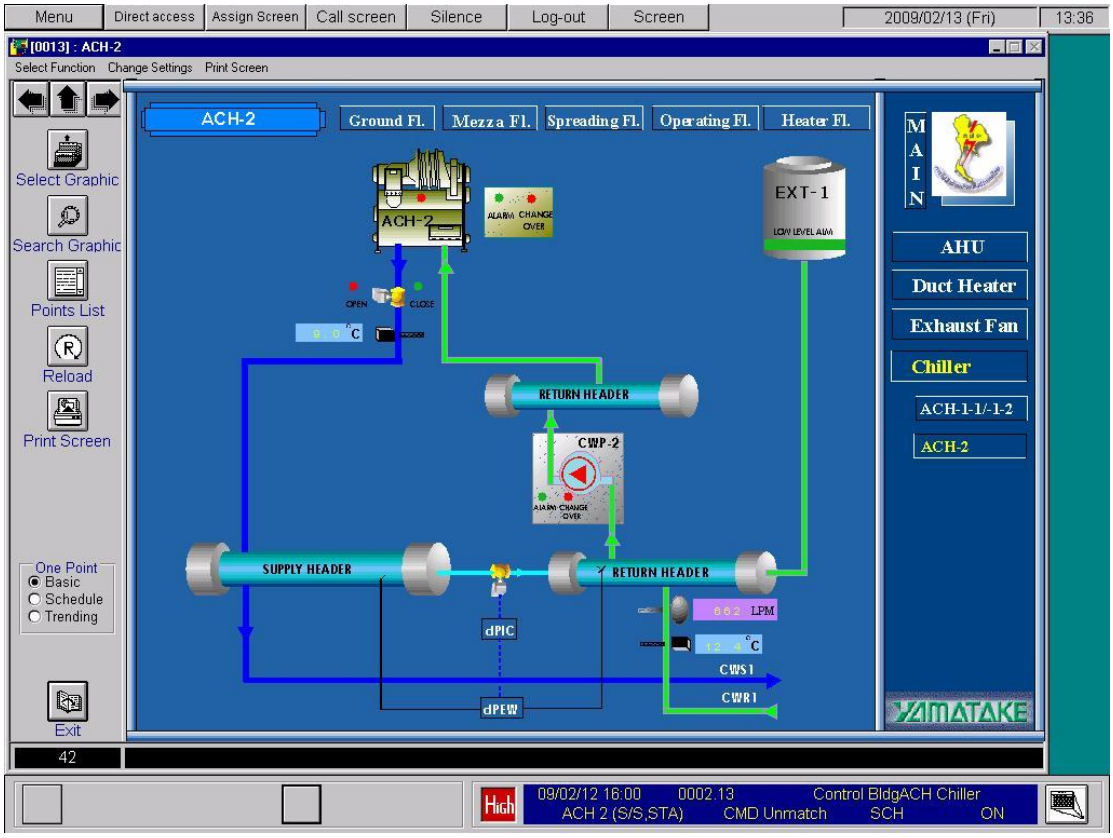
ขั้นตอนการดำเนินการมาตรการที่ได้รับอนุมัติ

1. มาตรการปรับลดเวลาการปิดระบบปรับอากาศ

มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดพื้นที่ดำเนินการ
2. วางแผนร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3. ดำเนินการตามแผนงาน
4. ตรวจสอบผลกระทบ

ส่วนนี้ดำเนินการระบบปรับอากาศในห้อง Office ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้าดังภาพที่ 4.95 หน้าจอโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศห้อง Office โดยการปรับลดเวลาการทำงานลงครึ่งชั่วโมงตามแผน



ภาพที่ 4.95 หน้าจอโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศห้อง Office

ดำเนินการปรับตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมระบบใหม่ดังแสดงในภาพที่ 4.96 หน้าจอตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศโดยตั้งค่าใหม่ตาม ตารางที่ 4.83 เวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศใหม่

ภาพที่ 4.96 หน้าจอตั้งค่าในโปรแกรมควบคุมระบบปรับอากาศ

ตารางที่ 4.83 เวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศใหม่

อุปกรณ์	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Chiller 2	8:30								15:00
CWP 2	8:30								15:00
AHU 3-8	8:30								15:00

ตรวจสอบผลหลังจากปรับลดเวลาแล้วตรวจสอบผลอุณหภูมิหลังปิดระบบ 1 ชั่วโมง อุณหภูมิอยู่ที่ 24.7 ˚C ดังแสดงในภาพที่ 4.97 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ

ภาพที่ 4.97 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิ

2. มาตรการกำหนดเวลาการปิดระบบแสงสว่าง

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำรวจตรวจสอบพื้นที่
2. กำหนดพื้นที่ที่จะดำเนินการ
3. วางแผนร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
4. ดำเนินการตามแผนงาน
5. ตรวจสอบผลกระทบ
6. มาตรการกำหนดเวลาปิดหลอดไฟที่ไม่จำเป็น

สำรวจและกำหนดพื้นที่ประกอบด้วยอาคารโรงไฟฟ้า ดังในภาพที่ 4.98 พื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารโรงไฟฟ้า อาคารหม้อไอน้ำและอาคาร FGD ดำเนินการตามขั้นตอน

ภาพที่ 4.98 พื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารโรงไฟฟ้า

เนื่องจากการออกแบบระบบไฟแสงสว่างของโรงไฟฟ้าจะทำจุดรวมสวิตช์ระบบไว้เป็นจุด ๆ แบ่งเป็นโซน บางครั้งต้องการแสงสว่างเพียงบริเวณที่จะทำงานแต่เมื่อเปิดแล้วไฟแสงสว่างจะติดทั้งหมดในโซนนั้น เมื่อปฏิบัติงานเสร็จบางครั้งก็ไม่ได้ปิด หลังจากนั้นจุดนั้นไม่มีผู้ไปปฏิบัติงานไฟก็ถูกเปิดทิ้งไว้ เนื่องจากไม่มีหน่วยงานใดมีหน้าที่ ที่จะต้องไปตรวจพื้นที่ ทางผู้รับผิดชอบมาตรการนี้จึงได้จัดทำใบ Check list ดังในภาพที่ 4.99 ตัวอย่างใบตรวจสอบการปิดระบบไฟแสงสว่าง ไว้ตรวจสอบและกำหนดผู้รับผิดชอบในการปิดระบบตามเวลาที่กำหนด ผู้รับผิดคือผู้ปฏิบัติงานแผนกเดินเครื่อง เนื่องจากต้องทำงานแบบเข้ากะ แบ่งเป็น 4 กะ ซึ่งจัดให้ผู้ปฏิบัติงานกะเวลา 00:00 น.- 08:00 น. เป็นผู้รับผิดชอบ กำหนดเวลาการตรวจสอบไว้เวลา 7:00 น. เพราะปกติผู้ปฏิบัติงานจะต้องเดินจดค่าควบคุมของอุปกรณ์ตามพื้นที่ต่าง ๆ

ใบตรวจสอบการปิดระบบไฟแส่งสว่าง

.....	พื้นที่						ผู้ตรวจสอบ	หมายเหตุ
วันที่	TB1	TB2	TB3	TB4	B	FGD		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

หมายเหตุ ; พบการชำรุดเสียหายให้ระบุไว้ด้วย

ภาพที่ 4.99 ตัวอย่างใบตรวจสอบการปิดระบบไฟแสงสว่าง

4.8 การประเมินผลกิจกรรม

วิเคราะห์และประเมินผลการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการที่ได้ดำเนินการ

1. มาตรการปรับลดเวลาการปิดระบบปรับอากาศ

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อมีการควบคุมเวลาการทำงานของระบบปรับอากาศในห้อง Office ทั้งหมดในอาคารโรงไฟฟ้า ซึ่งจากเดิมเปิดเวลา 8:00 น.-15:30 น. เป็นเวลาปิด 15:00 น. ซึ่งส่งผลให้เวลาทำงานของระบบปรับอากาศลดลง

ระยะเวลาดำเนินการ	ได้ดำเนินการแล้ว
เงินลงทุน	ไม่มีการลงทุน
ผลประหยัดที่ได้	14,071 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	41,369 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	ไม่มีการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

ตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปรับอากาศก่อนเปิดระบบปรับอากาศ ซึ่งจากข้อสรุปร่วมกันกำหนดไว้ว่าถ้าหากอุณหภูมิห้องไม่เกิน 26 °C และความชื้นต่ำกว่า 65% จะไม่เปิดระบบปรับอากาศห้อง Office โดยจะเปิดพัดลมระบายอากาศให้อากาศหมุนเวียนแทน ซึ่งได้ขออนุมัติจัดซื้อปรอทวัดอุณหภูมิและความชื้น มาติดที่ผนังห้องและดำเนินการตามที่เสนอแนะต่อไป

2. มาตรการกำหนดตารางเวลาการปิดระบบแสงสว่าง

สภาพหลังปรับปรุง

ความสว่างหลังจากดำเนินมาตรการแล้วไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต

ระยะเวลาดำเนินการ	ได้ดำเนินการแล้ว
เงินลงทุน	ไม่มีการลงทุน
ผลประหยัดพลังที่ได้	491,968 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	1,446,385 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	ไม่มีการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

ควรจัดทำป้ายแสดงตำแหน่งสวิทซ์ควบคุมหลอดไฟและชื่อผู้รับผิดชอบที่จะปิดไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบผู้รับผิดชอบ

แนวทางการขยายผล

การควบคุมการปิดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างสามารถขยายผลได้โดยการติดหลอดไฟเฉพาะบริเวณที่จำเป็นต้องใช้ เช่น บริเวณเครื่องจักรและเปิดใช้งานหลอดไฟที่บริเวณเครื่องจักรและทางเดินเท่าที่จำเป็น ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างได้ นอกจากการควบคุมการปิดการใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างโดยจัดให้มีพนักงานรับผิดชอบแล้วสามารถควบคุมการปิดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างโดยใช้สวิทซ์ควบคุมแบบอัตโนมัติ (Photo switch) ซึ่งจะช่วยลดภาระของพนักงานได้ แต่ต้องศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.1 สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน ช่วงเวลา 11 ปี คือ ปี 2548-ปี 2558 ซึ่งได้ประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ

$$y = 61.351520x + 165,845.922094$$

เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายวัน (kWh)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 11 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 33,233,020.42 kWh หรือคิดเป็น 4.08%

จากข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายวัน ช่วงเวลา 1 ปี คือ ปี 2557 ซึ่งได้ประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ

$$y = 56.153361x + 162,324.343510$$

เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายวัน (kWh)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 5,365,166.83 kWh หรือคิดเป็น 3.99%

จากข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนรายวัน ช่วงเวลา 11 ปี คือ ปี 2548-ปี 2558 ซึ่งได้ประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานความร้อน คือ

$$y = 8{,}312.838979x + 5{,}089{,}308.088087$$

เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้รายวัน (MJ)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 11 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนได้สูงถึง 876,724,855.28 MJ หรือคิดเป็น 1.15%

จากข้อมูลการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนรายวัน ช่วงเวลา 1 ปี คือ ปี 2557 ซึ่งได้ประยุกต์ใช้กราฟการกระจายตัวของข้อมูลและการวิเคราะห์ด้วยกราฟค่าผลต่าง (DIFF) และค่าผลรวมสะสมของผลต่าง (CUSUM) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นในรูปของสมการ เพื่อใช้ในการทำนายการใช้พลังงานเมื่อทราบปริมาณการผลิตและศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนในช่วงที่ผ่านมา โดยมีข้อสรุปดังนี้

1. Target line ที่ใช้ประเมินศักยภาพในการลดการอนุรักษ์พลังงานความร้อน คือ

$$y = 8{,}467.220384x + 4{,}439{,}041.303368$$

เมื่อ y = คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้รายวัน (MJ)

x = คือ ปริมาณการผลิตรายวัน (MWh)

2. ช่วง 1 ปี ที่ผ่านมา หากโรงไฟฟ้าสามารถควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้เป็นไปตาม Target line โรงไฟฟ้ามีศักยภาพที่จะประหยัดพลังงานความร้อนได้สูงถึง 103,190,606.87 MJ หรือคิดเป็น 0.81%

จากผลการวิจัยนี้พบว่ากิจกรรมที่ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า โดยนำแผนการดำเนินงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนของสมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาที่ประยุกต์ขึ้นมาใหม่นั้น ประกอบด้วยขั้นตอน 1. การรวบรวมข้อมูล 2. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน 3. การสร้างสรรค์ความคิด 4. การประเมินผล 5. การพัฒนาความคิด และ 6. การนำเสนอ สามารถกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานออกมาได้ 2 ประเภท คือ 1) ด้านไฟฟ้าประกอบด้วยมาตรการเปลี่ยนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงของ Cooling tower ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ Condensate pump และ Low pressure heater drain pump ปรับลดเวลาการเดินเครื่องระบบปรับอากาศอาคารโรงไฟฟ้า การลดเวลาการใช้งานระบบไฟแสงสว่าง และการเปลี่ยนหลอดไฟแสงสว่างชนิด T5 เป็นชนิด LED 2) ด้านความร้อนประกอบด้วยมาตรการเปลี่ยนฉนวนส่วนที่เสียหายและเสื่อมคุณภาพ การหุ้มฉนวนท่อ วาล์วและหน้าแปลน และลดการรั่วของอากาศที่ Air heater

ช่วงที่เก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยในปี 2557 พบว่าพลังงานไฟฟ้าก่อนดำเนินการใช้ 18,686,429.67 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี หลังดำเนินการใช้ 16,124,411.58 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ผล 2,562,018.09 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็น 13.71% และพลังงานความร้อนก่อนดำเนินการใช้ 15,378,904.86 เมกะจูล/ปี หลังดำเนินการใช้ 6,516,886.88เมกะจูล/ปี มีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานความร้อนได้ผล 8,862,017.97 เมกะจูล/ปี คิดเป็น 57.62%

เงินที่ประหยัดได้รวมทุกมาตรการ 20,783,888 บาท/ปี เงินลงทุนรวม 30,420,000 บาท ระยะเวลาคืนทุนเมื่อคิดทั้งโครงการ 1.58 ปี ผลตอบแทนการลงทุน 661.19% มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 114,999,173 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน 63.26%

การดำเนินการปฏิบัติตามแผนงานในส่วนของมาตรการที่ผ่านความเห็นชอบและได้รับการอนุมัติจากผู้บริหาร ซึ่งผลจากขั้นตอนการนำเสนอผู้บริหาร เห็นชอบให้ดำเนินการได้ในมาตรการที่ไม่ส่งผลต่อระบบผลิตและไม่มีการลงทุน ประกอบด้วย 2 มาตรการ คือ มาตรการปรับลดเวลาปิดระบบปรับอากาศและมาตรการกำหนดตารางการปิดระบบแสงสว่าง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้รวม 506,039 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 1,487,754 บาท/ปี

การนำหลักการดำเนินงานแผนงานวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้สามารถช่วยให้การดำเนินการมีแบบแผนและเป็นระบบ การวิเคราะห์ที่เป็นรูปแบบเชิงการจัดการนำไปสู่วิธีการลดพลังงานที่สูญเสีย โดยประยุกต์ใช้แนวคิดต่าง ๆ เข้ามาช่วย ร่วมกันคิดหาวิธีการ ส่งผลให้ได้ค่าการลดการสูญเสียพลังงาน และแผนงานที่นำไปสู่การปฏิบัติได้ ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการปฏิบัติงานได้ง่ายและสะดวกขึ้น ส่งเสริมให้เกิดการทำงานเป็นทีม

นอกจากนั้นแล้วงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่ประยุกต์ขึ้นใหม่ดังแสดงในภาพที่ 5.1 แผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่ประยุกต์ขึ้น และสามารถนำขั้นตอนการดำเนินงานนี้ไปใช้ค้นหามาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานในกลุ่มโรงไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ ได้ในอนาคต

สรุปข้อดี - ข้อด้อย ที่ได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ข้อดี

1. ส่งผลให้เกิดความคิดใหม่ ๆ ในการนำเครื่องมือการจัดการทางด้านวิศวกรรมมาใช้
2. ส่งผลให้เกิดการทำกิจกรรมการลดการใช้พลังงานในสถานประกอบการ
3. ส่งผลให้เกิดการทำงานเป็นทีมของบุคลากรในองค์กรที่มาจากหลากหลายส่วนงาน
4. ส่งผลให้เกิดนักอนุรักษ์พลังงานใหม่ ๆ ในองค์กร
5. ส่งผลให้องค์กรประหยัดต้นทุนทางด้านพลังงาน

ข้อด้อย

1. เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีข้อมูลที่ต้องควบคุมและตรวจสอบเพื่อให้การเดินเครื่องไม่เกิดปัญหาค่อนข้างมาก ดังนั้นการเก็บข้อมูลเพื่อจะนำมาใช้ในส่วนที่ต้องการตามแนวทางของวิศวกรรมคุณค่าจะต้องใช้เวลาและทวนสอบความถูกต้อง

แผนงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน								
ขั้นตอน/แผนก	หปภบต-ฟ.	หบดบต-ฟ.	หบฟบต-ฟ.	หบคบต-ฟ.	หลสบต-ฟ.	หพจบต-ฟ.	เป้าหมายหลัก	ตัวชี้วัดผลสำเร็จ
1. การรวบรวมข้อมูล	ภาพรวมโรงไฟฟ้า	ด้านการเดินเครื่อง	ด้านระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์	ด้านระบบเครื่องกลและอุปกรณ์	ด้านเคมีและคุณภาพน้ำ	ด้านจัดซื้อและจัดจ้าง	รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนแต่ละระบบ	ได้ข้อมูลการใช้พลังงาน
2. การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน	ประสานงานบูรณาการร่วมกัน						วิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละระบบโดยการใช้พลังงานบนพื้นฐานหน้าที่หลัก	ได้ข้อมูลผลการวิเคราห์ใช้พลังงานแต่ละระบบ โดยการใช้พลังงานบนพื้นฐานหน้าที่หลัก
	วิเคราะห์หน้าที่ (คำกริยา-คำนาม) หน้าที่หลัก-หน้าที่สนับสนุน							
	วิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละระบบและการใช้พลังงานในแต่ประเภทอุปกรณ์							
3. การสร้างสรรค์ความคิด	ระดมความคิดเห็นและประเมินเพื่อหามาตรการลดการใช้พลังงาน						ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยกับคณะทำงานงานวิศวกรรมคุณค่า ขั้นตอนนี้จะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อหาจุดที่จะลดการใช้พลังงาน	ได้แนวทางการ มาตรการลดการใช้พลังงาน
4. การประเมินผล	วิเคราะห์ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์						ศึกษาวิเคราะห์มาตรการที่เป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์	ได้ข้อมูลการลดการใช้พลังงานและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละมาตรการ
5. การพัฒนาความคิด	เขียน Timeline โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย ขั้นตอนการปฏิบัติ ระยะเวลาดำเนินการและผู้รับผิดชอบ						พิจารณาและกำหนดแนวทางรายละเอียดในการดำเนินการ เพื่อเขียน Timeline โดยมีข้อมูลดังนี้คือ ขั้นตอนการปฏิบัติ ระยะเวลาในการดำเนินการและผู้รับผิดชอบ	ได้แผนการดำเนินการงานในลักษณะ Timeline โดยมีรายละเอียด ขั้นตอนการปฏิบัติ ระยะเวลาในการดำเนินการและผู้รับผิดชอบ
6. การนำเสนอ	หน่วยงานผู้รับผิดชอบโครงการ						นำเสนอผู้บริหาร	ได้มีการนำเสนอผู้บริหาร
	สร้างรูปแบบเพื่อนำเสนอ							
	นำเสนอเพื่อขอการอนุมัติ							
มาตรการที่ได้รับการอนุมัติ	ดำเนินการมาตรการที่ได้รับการอนุมัติ							
ประเมินผล	สรุปผลจากการดำเนินการ							

ภาพที่ 5.1 แผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่ประยุกต์ขึ้น

1.2 ข้อเสนอแนะ

การจัดทำกิจกรรมการลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนต้องได้รับความร่วมมือตั้งแต่ระดับสูงสุดไปจนถึงระดับล่างสุด ไม่เช่นนั้นกิจกรรมจะไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์เป้าหมายได้ และที่สำคัญโรงไฟฟ้าควรจะต้องพัฒนาบุคลากรในทุกส่วนงานให้มีความรู้ ให้มีจิตสำนึกด้านการจัดการพลังงาน และการนำเครื่องมือทางการบริหารจัดการพลังงานมาช่วยในการลดการใช้พลังงาน ซึ่งจะช่วยเพิ่มนักอนุรักษ์พลังงานให้มากขึ้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นจะช่วยกระตุ้นเพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนการลดการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนให้เป็นไปอย่างมีระบบต่อเนื่องและยั่งยืน

งานวิจัยนี้ดำเนินการตรวจวัดและเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ในรูปแบบภาพรวมของระบบและเป็นอุปกรณ์หลัก ๆ ของระบบ เช่น ทางด้านพลังงานไฟฟ้าดำเนินการวิเคราะห์เฉพาะที่มีขนาดพลังไฟฟ้า 100 กิโลวัตต์ ขึ้นไปตามขอบเขต ส่วนทางด้านพลังงานความร้อนหลัก ๆ ก็จะวิเคราะห์ที่อุปกรณ์สร้างความร้อนและใช้ความร้อนหลักของระบบ ซึ่งอาจไม่ได้เจาะลึกลงไปที่ระดับอุปกรณ์ย่อยต่าง ๆ ในระบบ ทั้งด้านไฟฟ้าและด้านความร้อน ดังนั้นสิ่งที่ควรจะดำเนินการต่อคือการศึกษาวิเคราะห์เฉพาะแยกเป็นระบบและลงไปถึงระดับอุปกรณ์ย่อยต่าง ๆ โดยใช้แผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่ประยุกต์ขึ้นเป็นแนวทางในการดำเนินการ

เอกสารอ้างอิง

[1] World Energy Outlook, ทิศทางพลังงานโลกใน 2 ทศวรรษหน้า. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.eppo.go.th/doc/index.html. [06 ธันวาคม 2556].

[2] U.S. Energy Information Administration, Developing economies in Asia lead projected growth in world energy use, May-2016.

[3] อนุชิต บุญจันทร์คง, การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานด้วยระบบการจัดการตามมาตรฐาน ISO 50001. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oie.go.th. [20 พฤศจิกายน 2556].

[4] ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย, กระทรวงพลังงาน, 2559.

[5] ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย ปี 2558, กระทรวงพลังงาน, 2559.

[6] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานประจำปี 2558, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559.

[7] ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานสถิติพลังงานไฟฟ้าที่ซื้อและผลิต, 2558.

[8] ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานสถิติ Peak Demand ประเทศไทย, 2558.

[9] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานการใช้เชื้อเพลิงในการผลิต. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=84&Itemid=200. [25 มกราคม 2558].

[10] แผนกบริหารท่าเรือ กองบริหาร, ความเป็นมาโรงไฟฟ้ากระบี่, โรงไฟฟ้ากระบี่.

[11] ฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานสถิติ Peak Demand ภาคใต้, 2558.

[12] ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กำลังผลิตรวมของระบบแยกตามภาคต่างๆ ประจำเดือนมกราคม.
[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://control.egat.co.th/fsd/ps/install/indexreg.htm. [20 กุมภาพันธ์ 2558]

[13] ฝ่ายปฏิบัติการภาคใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายงานเหตุการณ์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://sac.egat.co.th/sac/report/index.php. [20 กุมภาพันธ์ 2558].

[14] แผนกประสิทธิภาพและวางแผนโรงไฟฟ้ากระบี่, รายงานการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่, โรงไฟฟ้ากระบี่, 2558.

[15] ฝ่ายสัญญาซื้อขายไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, รายละเอียดการส่งมอบกระแสไฟฟ้า ณ จุดส่งมอบต่าง ๆ และการคำนวณค่าไฟฟ้า เขตภาคใต้. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://ppa.egat.co.th/sales/South/insouth.htm. [20 กุมภาพันธ์ 2558].

[16] ฝ่ายบัญชีและงบประมาณสายงานผลิตไฟฟ้าและเชื้อเพลิง, รายงานต้นทุนกระแสไฟฟ้าโรงไฟฟ้า Thermal, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2558.

[17] ฝ่ายประสิทธิภาพการผลิต, รายงานข้อมูลความพร้อมจ่ายด้านการผลิตของโรงไฟฟ้า กฟผ., การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2559.

[18] พีรพงษ์ ปวิดาภา, การลดต้นทุนด้วยแนวคิดทางวิศวกรรมคุณค่าสำหรับชิ้นส่วนภายในรถยนต์, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2556, พัทยา ชลบุรี, 2556, หน้า 1889–1894.

[19] ศกุนี เครือวัลย์, การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ (วิศวกรรมคุณค่า) กรณีศึกษาของโรงงานอาหารและสิ่งทอ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.

[20] กิตติ วิบูลย์ศิริเสวีกูล, การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า/การวิเคราะห์คุณค่า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชุดสายไฟรถยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

[21] อัมพิกา ไกรฤทธิ์, วิศวกรรมคุณค่า, พิมพ์ครั้งที่ 5, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

[22] อัมพิกา ไกรฤทธิ์, การประหยัดพลังงานด้วยเทคนิคการจัดการ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2007.

[23] Kaneo Akiyama, การวิเคราะห์หน้าที่ Function Analysis, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.

[24] คะเนโอะ อะกิยามา, ขั้นตอนเชิงปฏิบัติของกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า, พิมพ์ครั้งที่ 1, TPA PUBLISHING: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2541.

[25] SANNO Daigaku Sougokenkyujyo VM Center, รากฐานของวิศวกรรมคุณค่า แนวคิดในการวิเคราะห์คุณค่าและกระบวนการเชิงปฏิบัติ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547.

[26] สิทธิชัย ธานี, การลดต้นทุนของชิ้นส่วนแผ่นกันโคลนสำหรับชิ้นส่วนรถยนต์ โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า, โครงงานวิจัยปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[27] SAVE International, Value Methodology Standard and Body of Knowledge. SAVE International, Jun-2007.

[28] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรณีศึกษาหลักการลดต้นทุนพลังงานด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า. ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2545.

[29] ประกอบ เอี่ยมสอาด, การบริหารจัดการพลังงานในระบบอัดอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549.

[30] วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน, การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

[31] ชณิชา หมอยาดี, มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[32] C. Wang *et al.*, Application of a low pressure economizer for waste heat recovery from the exhaust flue gas in a 600 MW power plant, *Energy*, vol. 48, no. 1, pp. 196–202, Dec. 2012.

[33] J. Bujak, Energy savings and heat efficiency in the paper industry: A case study of a corrugated board machine, *Energy*, vol. 33, no. 11, pp. 1597–1608, Nov. 2008.

[34] นพดล ศรีพุทธา, การจัดการพลังงานในกระบวนการผลิตแกนสตาร์ทและการตัดแต่งก้านสูบรถจักรยานยนต์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[35] ชัชวาล คาดการณ์ไกล, เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีไคเซ็น, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

[36] บุญญารัตน์ แสงปิยะ, จันทนา จันทโร และ ไชยะ แช่มช้อย, ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม, วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 8 ฉบับที่ 2554/2, หน้า 1–10, 2554.

[37] วุฒิพงศ์ ศุภวิทยาภินันท์, การประเมินความต่อเนื่องของกิจกรรมการจัดการการ อนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

[38] ศิริมล เอี่ยมสำอางค์, ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของพนักงาน บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขา 2 โรงงานผลิต โอเลฟินส์ I-1 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง, การค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม) คณะพัฒนาสังคม และสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2556.

[39] N. N. Kang, S. H. Cho, and J. T. Kim, The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior, *Energy Build.*, vol. 46, pp. 112–122, Mar. 2012.

[40] ณัฐวุฒิ เพิ่มขุนทด, มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในกระบวนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมแก้วและกระจก, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[41] B. Lin, Y. Wu, and L. Zhang, Electricity saving potential of the power generation industry in China, *Energy*, vol. 40, no. 1, pp. 307–316, Apr. 2012.

[42] G. Ciwei and L. Yang, Evolution of China's power dispatch principle and the new energy saving power dispatch policy, *Energy Policy*, vol. 38, no. 11, pp. 7346–7357, Nov. 2010.

[43] C. Drumm, J. Busch, W. Dietrich, J. Eickmans, and A. Jupke, STRUCTese® – Energy efficiency management for the process industry, *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 67, pp. 99–110, May 2013.

[44] วุฒิศักดิ์ ทะนวนรัมย์, ศักยภาพการประหยัดพลังงานและอุปสรรคของโรงงานที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.

[45] B. Lin, Y. Wu, and L. Zhang, Electricity saving potential of the power generation industry in China, *Energy*, vol. 40, no. 1, pp. 307–316, Apr. 2012.

[46] I. H. Aljundi, Energy and exergy analysis of a steam power plant in Jordan, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 29, no. 2–3, pp. 324–328, Feb. 2009.

[47] B. Lin, L. Zhang, and Y. Wu, Evaluation of electricity saving potential in China's chemical industry based on cointegration, *Energy Policy*, vol. 44, pp. 320–330, May 2012.

[48] X. Zhao, H. Li, L. Wu, and Y. Qi, Implementation of energy-saving policies in China: How local governments assisted industrial enterprises in achieving energy-saving targets, *Energy Policy*, vol. 66, pp. 170–184, Mar. 2014.

[49] คเณศ ว่องวิษณุพงศ์ และ แนบบุญ หุนเจริญ, นโยบายการส่งเสริมระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อน-ความเย็นร่วมสำหรับประเทศไทย, วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 10 ฉบับที่ 1, หน้า 34–48, 2556.

[50] วลีรัตน์ ทศไนยธาดา, การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วมในโรงงานน้ำตาล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551.

[51] S. C. Kamate and P. B. Gangavati, Exergy analysis of cogeneration power plants in sugar industries, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 29, no. 5–6, pp. 1187–1194, Apr. 2009.

[52] S. C. Kaushik, V. S. Reddy, and S. K. Tyagi, Energy and exergy analyses of thermal power plants: A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 4, pp. 1857–1872, May 2011.

[53] Y. Li and L. Liu, Exergy Analysis of 300MW Coal-Fired Power Plant, *Energy Procedia*, vol. 17, Part A, pp. 926–932, 2012.

[54] G. P. Verkhivker and B. V. Kosoy, On the exergy analysis of power plants, *Energy Convers. Manag.*, vol. 42, no. 18, pp. 2053–2059, Dec. 2001.

[55] T. K. Ray, A. Datta, A. Gupta, and R. Ganguly, Exergy-based performance analysis for proper O&M decisions in a steam power plant, *Energy Convers. Manag.*, vol. 51, no. 6, pp. 1333–1344, Jun. 2010.

[56] P. Regulagadda, I. Dincer, and G. F. Naterer, Exergy analysis of a thermal power plant with measured boiler and turbine losses, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 30, no. 8–9, pp. 970–976, Jun. 2010.

[57] B. Hoffmann, S. Häfele, and U. Karl, Analysis of performance losses of thermal power plants in Germany – A System Dynamics model approach using data from regional climate modelling, *Energy*, vol. 49, pp. 193–203, Jan. 2013.

[58] A. N. Anozie and O. J. Odejobi, The search for optimum condenser cooling water flow rate in a thermal power plant, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 31, no. 17–18, pp. 4083–4090, Dec. 2011.

[59] V. N. RajakoviĆ-OgnjanoviĆ, D. Z. Živojinovic, B. N. Grgur, and L. V. RajakoviĆ, Improvement of chemical control in the water-steam cycle of thermal power plants, *Appl. Therm. Eng.*, vol. 31, no. 1, pp. 119–128, Jan. 2011.

[60] อรรณพ วรรณทองศรี, การพัฒนาระบบการจัดการพลังงานสำหรับอาคารรัฐวิสาหกิจ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[61] ศักดิ์ดา ชูศรี และ ชาญชัย ทองประสิทธิ์, การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 19 ฉบับที่ 2, หน้า 231–237, 2552.

[62] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), วิศวกรรมคุณค่า. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2523.

[63] สมชาติ ฉันทศิริวรรณ, วิศวกรรมโรงไฟฟ้า (Power Plant Engineering). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2554.

[64] ฝ่ายควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, เอกสารนำเสนอแผนการผลิตไฟฟ้า, 2556.

[65] สมเกียรติ บุญณสะ, วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง (Powerplant Engineering), พิมพ์ครั้งที่ 4, โรงพิมพ์ทักษ์อักษร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

[66] สมเกียรติ บุญณสะ, การจัดการพลังงานในงานอุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์ทักษ์อักษร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

[67] วรภัทร์ ภู่เจริญ, KPI ทำให้ง่ายๆ (make it easy). กรุงเทพฯ: หจก.สามลดา, 2550.

[68] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573). [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://www.eppo.go.th/ccep/energy_3-6.html. [01 กรกฎาคม 2558].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
หนังสือขออนุญาตทำวิจัยในโรงไฟฟ้ากระบี่

ที่ ศร.๐๕๕๓.๓.๓๐๐๔.๑/๐๕๑

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เข้าไปสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำสารนิพนธ์
เรียน ผู้อำนวยการโรงไฟฟ้าภาคใต้

ด้วย นายมานพ นิลรัตน์ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์เข้าไปสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง"การลดหลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทกานต์ ทวีกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ฉะนั้นเพื่อให้การศึกษาเรื่องดังกล่าวมีความสมบูรณ์และสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ได้จริง และเพื่อประโยชน์แก่หน่วยงานของท่าน จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์เข้าไปสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลในหน่วยงานของท่าน

อนึ่ง รายงานสารนิพนธ์ฉบับสมบูรณ์จะต้องได้รับการตรวจสอบและยินยอมจากหน่วยงานของท่านก่อนการเผยแพร่

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบคุณยิ่ง ทั้งนี้หากมีความขัดข้องประการใด กรุณาติดต่อประสานงานกับ นายมานพ นิลรัตน์ หมายเลขโทรศัพท์ ๐๘ ๗๗๙๒ ๖๒๔๒

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย ชูโฉม)
ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการอุตสาหกรรม

สำนักงานหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
โทร.๐-๗๒๒๑-๗๒๒๘ โทรสาร. ๐-๗๒๒๑-๗๒๒๗

(นายสมชาย สันติสถาวร)
ร.อฟล. ทำการแทน อฟภ.

INFOMA โรงไฟฟ้าภาคใต้ (อฟภ.)
รับที่ ๗๔๖ วันที่ ๒๔ ก.พ. ๒๕๕๗
ส่งที่..... วันที่.....

กรมอ.ฟ.
รับที่ ๐๕๓ วันที่ ๒๔ ก.พ. ๒๕๕๗
ส่งที่..... วันที่.....

ภาพที่ ก-1 หนังสือขออนุญาตทำวิจัยในโรงไฟฟ้า

ภาคผนวก ข.
บันทึกขออนุญาตเผยแพร่และใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ในงานวิจัย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

บันทึก

จาก นายมานพ นิลรัตน์	**เรียน**
เรื่อง ขออนุญาตเผยแพร่และใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ ในงานวิจัย ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	อฟภ. ผ่าน กผบต-พ.
วันที่ 25 มกราคม 2560	

ตามที่กระผม นายมานพ นิลรัตน์ หมายเลขประจำตัว 591834 ตำแหน่ง ช่างระดับ 4 สังกัดแผนกประสิทธิภาพและวางแผน กองการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่ กำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท (ภาคสมทบ) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และได้ทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อเรื่อง การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งได้รับอนุญาตให้ทำการศึกษาวิจัยที่โรงไฟฟ้ากระบี่ ตามเอกสารที่มหาวิทยาลัยขอความอนุเคราะห์ ที่ ศธ.0551.1.1008.1/051

บัดนี้การศึกษาได้ผ่านเกณฑ์ตามหลักสูตรครบแล้ว คงเหลือส่วนของรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ ที่จะต้องจัดพิมพ์ส่งมหาวิทยาลัย ซึ่งเนื้อหาในเล่มมีชื่อของโรงไฟฟ้ากระบี่ และประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลจำนวนหน่วยผลิต ข้อมูลการใช้พลังงานความร้อน ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ข้อมูลค่าความร้อนสูง ข้อมูลราคาเชื้อเพลิง ข้อมูลต้นทุนผลิต และข้อมูลราคาขายฯ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลบางส่วนมีประกาศในหน้าเว็ปไซต์ กฟผ. (www.egat.co.th) ที่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ และข้อมูลบางส่วนกระทรวงพลังงานก็นำออกเผยแพร่ (รายงานการจัดการพลังงาน โรงงานควบคุม) สู่สาธารณะอยู่แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและอนุญาตการเผยแพร่ รวมถึงการใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ในงานวิจัย เพื่อประโยชน์ต่อระบบการศึกษาและผู้ที่สนใจข้อมูลดังกล่าวต่อไป

(นายมานพ นิลรัตน์)
ผู้ทำวิจัย

อนุญาต
(นายเชมญาติ ยมานันตกุล)
อฟภ.

แผนกประสิทธิภาพและวางแผนโรงไฟฟ้ากระบี่
โทร. 03-735-3139
โทรสาร 03-735-3138
มือถือ 087-7966242

ภาพที่ ข-1 บันทึกขออนุญาตเผยแพร่และใช้ชื่อโรงไฟฟ้ากระบี่ในงานวิจัย

ภาคผนวก ค.
บันทึกขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

บันทึก

จาก	นายมานพ นิลรัตน์	**เรียน**	กผบต-ฟ. ผ่าน หปภบต-ฟ.
เรื่อง	ขออนุมัติให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานฯ		
วันที่	14 มกราคม 2558		

ด้วยกระผม นายมานพ นิลรัตน์ หมายเลขประจำตัว 591834 ตำแหน่ง ช่างระดับ 3 สังกัดแผนกประสิทธิภาพและวางแผน กองการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่ กำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท (ภาคสมทบ) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีความสนใจที่จะทำการศึกษาวิจัยในหัวข้อเรื่องการลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

จากการศึกษากระผมเห็นว่าการวิจัยหัวเรื่องดังกล่าว สามารถตอบสนองต่อนโยบายอนุรักษ์พลังงานของโรงไฟฟ้ากระบี่ได้ แต่จำเป็นที่จะต้องมีศึกษาตามกระบวนการและขั้นตอน โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดและเทคนิควิศวกรรมคุณค่าเข้ามาช่วยค้นหามาตรการและแนวทางลดการใช้พลังงานทั้งด้านไฟฟ้าและด้านความร้อน ซึ่งจากผลการศึกษางานวิจัย กรณีศึกษาและในตำรา พบว่ากิจกรรมที่ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสามารถช่วยได้ ส่งผลให้การใช้พลังงานเกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่า เพื่อประโยชน์ที่คาดว่าองค์กรจะได้รับ คือ สามารถนำความรู้วิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในโรงไฟฟ้า ทำให้ทราบถึงปัญหาการสูญเสียการใช้พลังงาน ได้แนวทางในการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานในโรงไฟฟ้า เพื่อจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้า สร้างบุคลากรด้านการอนุรักษ์พลังงาน สนองต่อ CSR-DIW ขององค์กร และสนองต่อการส่งเสริมการทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กร เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้การวิจัยดังกล่าวดำเนินการให้เกิดประสิทธิภาพและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับองค์กร จึงใคร่ขอความเห็นชอบและอนุมัติให้ผู้ปฏิบัติงานในสังกัด กผบต-ฟ. ร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานในโรงไฟฟ้ากระบี่ตามรายชื่อแนบ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

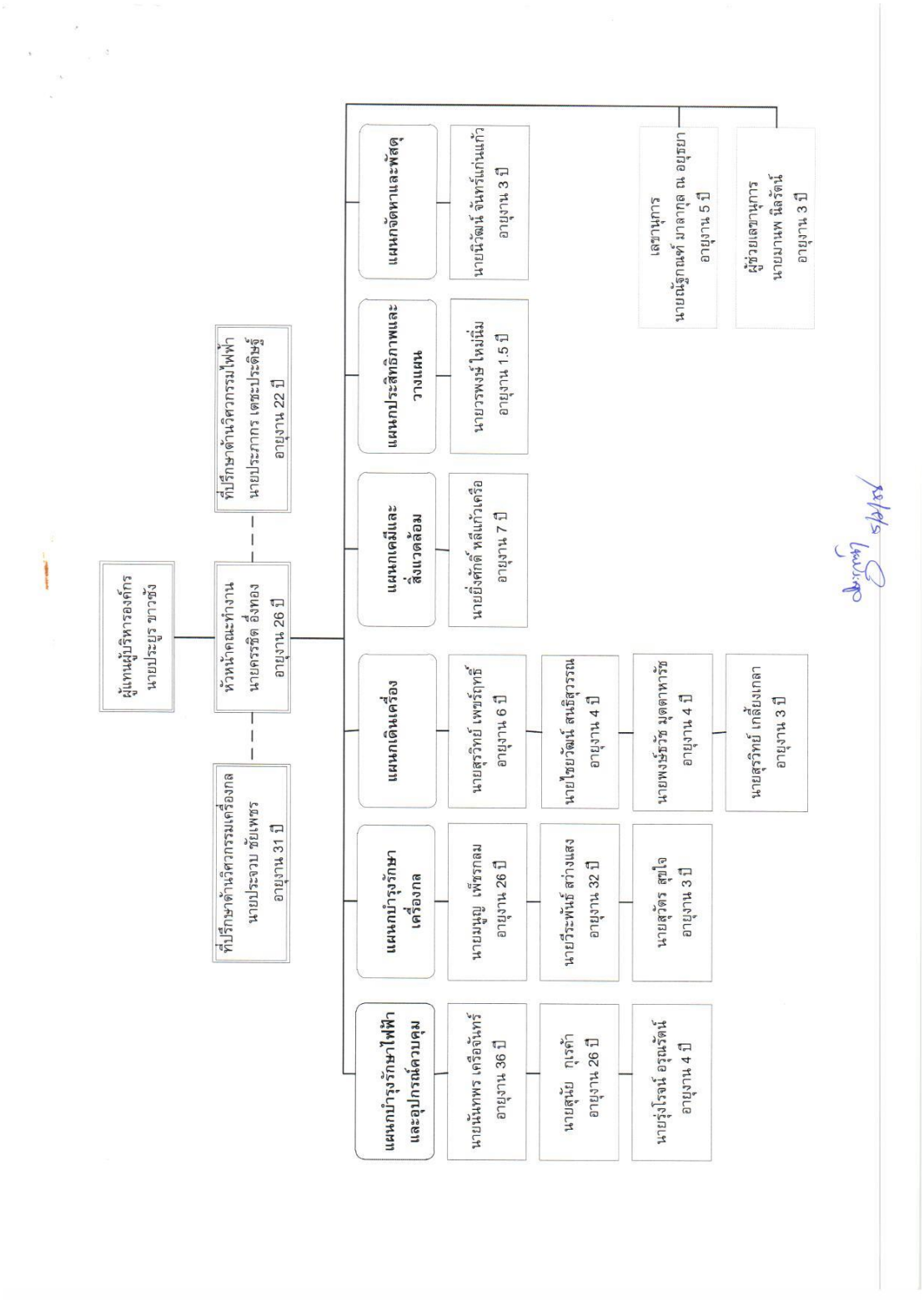
(นายมานพ นิลรัตน์)
ผู้ทำวิจัย

(นายประยุ) 5/2/58
กผบต-ฟ.

(นายณัฐกณฑ์ มาลากุล ณ อยุธยา)
ตำแหน่ง วิศวกรระดับ 5
ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำโรงไฟฟ้า

แผนกประสิทธิภาพและวางแผน
กองการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่
โทร. 03-735-3139
มือถือ 087-7966242

ภาพที่ ค-1 บันทึกขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน



ภาพที่ ค-1 หนังสือขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน (ต่อ)

รายชื่อคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน (คณะทำงาน EVE)

เรื่อง การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

1. นายประยูร	ขาวชัง	ผู้แทนผู้บริหารองค์กร
2. นายประจวบ	ชัยเพชร	ที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมเครื่องกล
3. นายประภากร	เตชะประดิษฐ์	ที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมไฟฟ้า
4. นายครรชิต	อึ่งทอง	หัวหน้าคณะทำงาน
5. นายนันทพร	เครือจันทร์	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม
6. นายสุนัย	กุเรค้า	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม
7. นายรุ่งโรจน์	อรุณรัตน์	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม
8. นายมนูญ	เพ็ชรกลม	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล
9. นายวีระพันธ์	สว่างแสง	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล
10.นายสุวัตร	สุขใจ	คณะทำงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล
11.นายสุรวิทย์	เพชร์ฤทธิ์	คณะทำงานแผนกเดินเครื่อง
12.นายไชยวัฒน์	สนธิสุวรรณ	คณะทำงานแผนกเดินเครื่อง
13.นายสุรวิทย์	เกลี้ยงเกลา	คณะทำงานแผนกเดินเครื่อง
14.นายพงษ์ธวัช	มุตตาหารัช	คณะทำงานแผนกเดินเครื่อง
15.นายยิ่งศักดิ์	หลีแก้วเครือ	คณะทำงานแผนกเคมีและสิ่งแวดล้อม
16.นายวรพงษ์	ใหม่นิ่ม	คณะทำงานแผนกประสิทธิภาพและวางแผน
17.นายนิวัฒน์	จันแก่นแก้ว	คณะทำงานแผนกจัดหาและพัสดุ
18.นายมานพ	นิลรัตน์	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ
19.นายณัฐกณฑ์	มาลากุล ณ อยุธยา	คณะทำงานและเลขานุการ

5/2/58

ภาพที่ ค-1 หนังสือขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน (ต่อ)

คณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน (คณะทำงาน EVE) มีหน้าที่ดังนี้

1. เข้ารับการอบรมสัมนาเชิงปฏิบัติการ (Work Shop Seminar: WSS) เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดวิศวกรรมคุณค่ากับการลดพลังงานและขั้นตอนการดำเนินงานโครงการศึกษาวิจัย
2. สื่อสาร ถ่ายทอดความรู้แนวความคิดวิศวกรรมคุณค่ากับการลดพลังงานและขั้นตอนการดำเนินงานโครงการศึกษาวิจัย
3. รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนแต่ละระบบ
4. วิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละระบบและการใช้พลังงานในแต่ประเภทอุปกรณ์
5. ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน ระดมความคิดเห็นและประเมินโดยสังเขปร่วมกันซึ่งคณะทำงานจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อหาจุดที่คาดว่าจะลดการใช้พลังงานได้
6. ศึกษามาตรการที่เป็นไปได้ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์และจัดลำดับความสำคัญแต่ละมาตรการ
7. ร่วมพัฒนาความคิด พิจารณาถึงต้นทุนประมาณการโดยครอบคลุม 3 องค์ประกอบคือ ต้นทุนครั้งแรก ต้นทุนประจำปี และต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นเป็นครั้งและเขียน Timeline โดยมีรายละเอียด ขั้นตอนการปฏิบัติและผู้รับผิดชอบ
8. นำเสนอผลการดำเนินงานศึกษาวิจัยต่อผู้บริหาร เพื่ออนุมัติมาตรการที่สามารถทำได้
9. ดำเนินการมาตรการที่ได้รับอนุมัติ (ถ้ามี)
10. ติดตามผล วิเคราะห์และประเมินผลการประหยัดพลังงานในแต่ละมาตรการ (ถ้ามี)

5/2/58

ภาพที่ ค-1 หนังสือขอให้ผู้ปฏิบัติงานร่วมเป็นคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงาน (ต่อ)

ภาคผนวก ง.
อบรมคณะทำงานวิศวกรรมคุณค่าพลังงานและอบรมพนักงาน

ภาพที่ ง-1 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำโรงไฟฟ้า

ภาพที่ ง-2 ผู้วิจัย

ภาพที่ ง-3 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม

ภาพที่ ง-4 ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุม

ภาพที่ ง-5 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมแผนกเดินเครื่อง แผนกประสิทธิภาพและวางแผน

ภาพที่ ง-6 ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกเดินเครื่องและแผนกประสิทธิภาพและวางแผน

ภาพที่ ง-7 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล

ภาพที่ ง-8 ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล

ภาพที่ ง-9 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาโยธา

ภาพที่ ง-10 ผู้วิจัยอบรมพนักงานแผนกบำรุงรักษาโยธา

ภาคผนวก จ.

Performance Data Sheet for Oil Firing

Table 2.1.5.1 Performance Data Sheet for Oil Firing (1/3)

Item		Load "D"	Load condition "A"			
		MCR	100 %	80 %	50 %	25 %
1. Flow Quantities						
Superheater outlet	kg/h	1,078,000	987,097	775,468	519,184	286,305
Reheater inlet	kg/h	958,478	876,308	688,714	463,511	262,122
Superheater spray	kg/h	49,000	49,000	61,000	32,000	11,000
Reheater spray	kg/h	4,000	0	0	0	0
Fuel	kg/h	77,280	71,460	58,060	38,990	22,050
2. Pressure						
Superheater outlet	bar(g)	167.0	165.9	163.6	161.7	160.5
Drum	bar(g)	175.1	172.7	167.8	163.5	161.1
Economizer inlet	bar(g)	178.5	175.8	170.5	165.8	163.2
Reheater inlet	bar(g)	44.5	40.6	31.9	20.6	11.0
Reheater outlet	bar(g)	42.7	38.8	30.5	19.6	10.4
Reheater pressure drop	bar	1.8	1.8	1.4	1.0	0.6
Pressure drop from economizer inlet to superheater outlet	bar	11.5	9.9	6.9	4.1	2.7
3. Steam and Water Temperature						
Superheater outlet	°C	541	541	541	520	496
Economizer outlet	°C	282	280	274	253	231
Feedwater to economizer	°C	256.5	251.9	238.9	217.5	189.6
Reheater outlet	°C	540	540	540	508	474
Reheater inlet	°C	353.7	343.4	325.8	303.9	275.4
4. Gas and Air Temperature						
Gas entering superheater	°C	1,320	1,260	1,140	1,030	860
Gas leaving furnace	°C	1,090	1,050	966	864	731
Gas leaving economizer	°C	350	346	334	300	263
Gas leaving air heaters						
(without air leakage)	°C	158	154	147	138	128
(with air leakage)	°C	153	150	143	133	123
Cold end metal temperature	°C	101	99	99.5	99	99
Acid dew point at air heater outlet	°C	148	148	148	148	145
Air to burners	°C	261	260	258	228	196
Air leaving air heaters	°C	261	260	258	228	196
Air entering air heater (with hot air recirculation)	°C	44	44	52	60	70
Ambient air	°C	27.5	27.5	27.5	27.5	27.5

ภาพที่ จ-1 Performance Data Sheet for Oil Firing

Table 2.1.5.1 Performance Data Sheet for Oil Firing (2/3)

Item		Load "D"	Load condition "A"			
		MCR	100 %	80 %	50 %	25 %
5. Combustion Air Draft Losses						
Air Heater	mmWG	55	50	40	30	20
Dampers and ducts (including silencer)	mmWG	88	77	57	37	22
Burners and wind boxes (including furnace stack effect)	mmWG	134	112	74	33	73
Air flow measuring device	mmWG	25	21	15	8	4
Total	mmWG	302	260	186	108	119
6. Flue Gas Draft Losses						
Furnace to economizer outlet	mmWG	195	189	169	78	33
Air heater	mmWG	65	60	45	25	15
Gas ducts to air heater	mmWG	50	43	31	18	8
Gas ducts from air heater to IDF	mmWG	30	26	19	11	5
Total	mmWG	340	318	264	132	61
7. Boiler Efficiency						
Dry gas loss	%	3.89	3.75	3.37	3.07	2.76
Loss due to H_2 and H_2O in fuel	%	6.91	6.89	6.79	6.67	6.59
Loss due to H_2O in air	%	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
Loss due to atomizing steam	%	0.03	0.04	0.04	0.06	0.05
Loss due to radiation	%	0.19	0.21	0.26	0.38	0.68
Unaccounted Loss	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manufacturer's margin	%	0.75	0.78	1.14	1.10	1.03
Total loss	%	11.91	11.80	11.72	11.39	11.21
Boiler efficiency based on HHV	%	88.09	88.20	88.28	88.61	88.79
8. Flue Gas Flow						
Flue gas leaving economizer (including gas recirculation)	kg/h	1,291,300	1,271,900	1,234,700	860,800	564,500
Flue gas entering air heater	kg/h	1,230,300	1,138,200	958,900	709,800	474,200
Flue gas leaving air heater (including air leakage)	kg/h	1,292,000	1,195,200	1,011,700	750,800	512,800
Air heater leakage	kg/h	61,700	57,000	52,800	41,000	38,600
Gas recirculation	kg/h	61,700	133,700	275,800	151,000	90,300
9. Gas velocity						
Across superheater surfaces	m/s	24	23	22	14	8
Across reheater surfaces	m/s	25	24	22	14	8
Across economizer surfaces	m/s	18	18	17	11	7

ภาพที่ จ-1 Performance Data Sheet for Oil Firing (ต่อ)

Table 2.1.5.1 Performance Data Sheet for Oil Firing (3/3)

Item		Load "D"	Load condition "A"			
		MCR	100 %	80 %	50 %	25 %
10. Heat Quantities						
Fuel input based on HHV	$x10^6$kJ/h	3,293	3,045	2,468	1,652	923
Heat in combustion air above 27.5 °C	$x10^6$kJ/h	271	250	209	135	77
Heat loss due to H_2 and H_2O	$x10^6$kJ/h	228	210	168	110	61
Heat loss due to atomizing	$x10^6$kJ/h	1	1	1	1	1
Heat loss due to radiation	$x10^6$kJ/h	6	6	6	6	6
Heat available to furnace	$x10^6$kJ/h	3,329	3,078	2,502	1,670	932
Heat release	kJ/h/m^3	796,500	736,500	598,500	399,500	222,900
Burner level heat release (based on plan area at burner level)	MJ/s/m^2	5.3	4.9	4.0	2.6	1.5
Furnace cooling factor (EPRS)	MJ/s/m^2	0.30	0.28	0.22	0.15	0.08
11. Excess Air Percent						
Economizer outlet	%	6.0	6.0	10.0	21.5	45.0
Air heater outlet	%	11.7	11.7	16.5	29.0	57.5

ภาพที่ จ-1 Performance Data Sheet for Oil Firing (ต่อ)

ภาคผนวก ฉ.
ผลการศึกษาลดการใช้พลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ กฟผ.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

บันทึก

จาก หสพ-ฟ.	เรียน อปผ. ผ่าน กวผ-ฟ.
เรื่อง สรุปการลดพลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์	
วันที่ 20 มีนาคม 2558	

ตามที่แผนกส่งเสริมและพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน ซึ่งมีหน้าที่ดูแลการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ ได้เห็นว่าในกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนและพลังความร้อนร่วมนั้น สัดส่วนการใช้พลังงานที่ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งเป็นต้นกำลังของปั๊มจะอยู่ที่ประมาณ 60-80% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด เนื่องจากจำเป็นต้องใช้งานอย่างต่อเนื่อง และมีการออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าความต้องการของการใช้งานจริง โดยการควบคุมอัตราการไหลจะใช้ Throttling valve ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมที่ไม่ช่วยให้ประหยัดพลังงานเนื่องจากทำให้เกิดแรงต้านการไหล เมื่อเทียบกับการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เปลี่ยนไปตามโหลดการใช้งาน โดยใช้ Variable Frequency Drive (VFD) หรือ Hydraulic Coupling โดยเป็นไปตาม Affinity Law คือกำลังที่ใช้จะแปรผันกับความเร็วรอบยกกำลังสาม ($P \propto N^3$) ซึ่งจะทำให้ผลประหยัดสูง

ดังนั้นจึงทำการศึกษาและหาผลประหยัดจากการใช้ควบคุมโดยการปรับรอบ โดยเลือกโรงไฟฟ้าที่มีลักษณะการเดินเครื่องแบบ Cyclic และเลือกปั๊มที่มีขนาดใหญ่ได้แก่

- Boiler Feed Pump เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ Power มาก จะเลือกใช้แบบ Hydraulic Coupling ซึ่งชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการติดตั้งมีไม่มาก, บำรุงรักษาง่ายกว่า VFD และไม่เสี่ยงกับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- Condensate Pump จะใช้แบบ VFD เนื่องจากมอเตอร์ขนาดเล็กการใช้ Hydraulic Coupling นั้นจะลงทุนสูงกว่า ไม่เหมาะกับการลงทุน

จากการศึกษาจะได้ผลประหยัด และการลงทุนต่อโรงไฟฟ้าโดยสรุปดังต่อไปนี้

Plant	Total Investment (ราคาโดยประมาณ รวมค่าอุปกรณ์และติดตั้ง	ผลประหยัด			Pay Back
	ล้านบาท	%	ล้านบาท	ล้าน kWh	ปี
NPO-C1	37.6	31.4	10.7	3.5	3.5
NPO-C2	37.6	31.6	11.6	3.9	3.2
BPK-C3	40.2	36.9	10.5	3.5	3.8
BPK-C4	40.2	35.8	10.6	3.5	3.8
SB-C2	42.2	24.2	11.0	3.7	3.8
SB-C3	51.0	20.9	21.8	7.2	2.3
NB-C1	21.0	50.6	7.9	2.6	2.7
CHN-C1	51.0	29.7	14.7	4.9	3.5
WN-C1	54.0	48.3	32.6	10.8	1.7
WN-C2	54.0	45.9	3.1	1.0	17.5
WN-C3	69.0	48.1	36.0	11.9	1.9

โดยมีรายละเอียดแยกตามโรงไฟฟ้าตามเอกสารแนบ 2

ภาพที่ ฉ-1 สรุปผลการลดพลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และการลงทุนเบื้องต้นแล้วจะเห็นได้ว่าระยะการคืนทุนนั้นอยู่ในช่วง 2-4 ปี ยกเว้น WN-C2 เนื่องจากปัจจุบันมีการเดินเครื่องที่น้อยลงทำให้ระยะคืนทุนนานไม่เหมาะสมกับการลงทุน สำหรับความเป็นไปได้ในการลงทุนปรับปรุงนั้นยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงอายุที่เหลืออยู่ของโรงไฟฟ้า พื้นที่สำหรับการติดตั้ง และระยะเวลาในการติดตั้ง โดยการติดตั้งอุปกรณ์นั้นจะใช้เวลาประมาณ 10 วัน แต่การเตรียมพื้นที่นั้นจะใช้เวลามากโดยขึ้นอยู่กับสถานที่

การปรับปรุงนี้จะเป็นการลดการใช้พลังงานในภาพรวมของโรงไฟฟ้าค่อนข้างมาก ซึ่งหากโรงไฟฟ้าสนใจเห็นสมควรที่จะนำบริษัทผู้ผลิตเข้ามานำเสนอ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลโดยละเอียด เพื่อเสนองบประมาณในการปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานตั้งแต่ต้น หาก กฟผ. มีการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่สมควรนำการควบคุมมอเตอร์ด้วยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เข้าใช้งานตั้งแต่ต้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายปิติมณ บุณยาคม)

หัวหน้าแผนกส่งเสริมและพัฒนาประสิทธิภาพพลังงาน

เอกสารแนบ 1: ตัวอย่างการคำนวณ
เอกสารแนบ 2: ตารางผลประหยัด และรายละเอียดการปรับปรุง
โทรศัพท์ 66732
โทรสาร 66790

ภาพที่ ฉ-1 สรุปผลการลดพลังงานโดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์(ต่อ)

ภาคผนวก ช.
รายละเอียดค่าความร้อนสูงและค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเตา ปี 2557

ตารางที่ ช-1 ค่าความร้อนสูงและค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันเตา ปี 2557

FO 0.5 % S ปี 2557				
เดือน	Specific Gravity	Gross Heat of Combustion	HHV	
	at 60/60^{o} F	kCal/kg	BTU/litre	kJ/litre
ม.ค.	0.9753	10,235	39,615.32	41,768.42
ก.พ.	0.9800	10,245	39,842.34	42,007.78
มี.ค.	0.9820	10,236	39,886.04	42,053.85
เม.ย.	0.9787	10,200	39,617.79	41,771.03
พ.ค.	0.9820	10,241	39,908.06	42,077.07
มิ.ย.	0.9825	10,265	40,022.73	42,197.97
ก.ค.	0.9850	10,255	40,084.70	42,263.32
ส.ค.	0.9840	10,264	40,079.15	42,257.46
ก.ย.	0.9808	10,278	40,002.77	42,176.93
ต.ค.	0.9791	10,276	39,926.26	42,096.26
พ.ย.	0.9730	10,281	39,696.05	41,853.53
ธ.ค.	0.9867	10,064	39,407.99	41,549.82
เฉลี่ย	0.9808	10236.6807	39840.7684	42,006.12

หมายเหตุ; 1 kCal = 3.968321 BTU

1 BTU = 1.055056 kJ

1 kCal = 4.184 kJ

ภาคผนวก ซ.
รายละเอียดการคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างหลอดไฟแส่งสว่างชนิด T5

รายละเอียด	หน่วย	สัญลักษณ์	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h	8,760	การใช้งานจริง
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	66.67	การใช้งานจริง
จำนวนหลอด T5 ขนาด 28 วัตต์	หลอด	n	5,000	สำรวจ
พลังไฟฟ้าต่อหลอด 31 วัตต์ รวมบัลลาสต์	W	W	31	ข้อมูลหลอดไฟ
พลังงานไฟฟ้าที่ควรใช้ E = (W/1000) x n x h x OF	kWh/y	E	905,177	-

- เปิด 24 ชม. 2,500 หลอด
- เปิด 8 ชม. 2,500 หลอด

ตารางที่ ซ-2 รายละเอียดคำนวณพลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างหลอดไฟแส่งสว่างชนิด High pressure sodium

รายละเอียด	หน่วย	สัญลักษณ์	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ชั่วโมงการเปิดใช้งานต่อปี	h/y	h	4,380	การใช้งานจริง
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	%	OF	100	การใช้งานจริง
จำนวนหลอด HPS 400W	หลอด	n_1	55	สำรวจ
จำนวนหลอด HPS 250W	หลอด	n_2	50	สำรวจ
พลังไฟฟ้าต่อหลอด 400 W	W	W_1	400	ข้อมูลหลอดไฟ
พลังไฟฟ้าต่อหลอด 250 W	W	W_2	250	ข้อมูลหลอดไฟ
พลังงานไฟฟ้าที่ควรใช้				
$E_1 = (W_1/1000) \times n_1 \times h \times OF$	kWh/y	E_1	96,360	-
$E_2 = (W_2/1000) \times n_2 \times h \times OF$	kWh/y	E_2	54,750	
$E_O = E_1+E_2$	kWh/y	E_O	151,110	

- เปิด 12 ชม. 55 หลอด HPS 400W
- เปิด 12 ชม. 50 หลอด HPS 250W

ภาคผนวก ฌ.
ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 - 2563

คำสั่งกระทรวงพลังงาน
ที่ ๒๕ /๒๕๕๙
เรื่อง ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน (พ.ศ. ๒๕๕๙-๒๕๖๓)

ด้วยกระทรวงพลังงานมีภารกิจหลักในการกำหนดนโยบาย แผน และมาตรการด้านพลังงานของประเทศ เพื่อให้มีการจัดหาพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการและความมั่นคงของประเทศ โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์พลังงาน และการพัฒนาด้านพลังงานที่ยั่งยืนที่มิตรกับสิ่งแวดล้อม การกำกับกิจการพลังงานและราคาพลังงานให้มีความเหมาะสม รวมถึงทำหน้าที่ในการเป็นศูนย์ข้อมูลด้านพลังงาน และสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงาน ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินการตามภารกิจของกระทรวงพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศในปัจจุบัน จึงเห็นควรประกาศยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน (พ.ศ. ๒๕๕๙-๒๕๖๓) โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ ๑ การจัดหาพลังงานเพียงพอต่อความต้องการ มีความมั่นคง และส่งเสริมการลงทุน

เป้าประสงค์ ๑.๑ มีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการใช้ของประเทศ และมีโครงสร้างพื้นฐานและระบบการบริหารจัดการที่เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน

กลยุทธ์ ๑.๑.๑ เร่งรัดจัดหาปิโตรเลียมทั้งบนบกและในทะเล อาทิ การเปิดให้สำรวจและผลิตปิโตรเลียมรอบใหม่ บริหารจัดการกับสัมปทานที่จะหมดอายุในปี ๒๕๖๕ และ ๒๕๖๖ แสวงหาแนวทางการผลิตปิโตรเลียมจากแหล่งที่ยังไม่มีความคุ้มค่าในปัจจุบัน

๑.๑.๒ กระชับความร่วมมือเพื่อการซื้อ-ขาย พัฒนา และร่วมทุนโครงการพลังงานจากประเทศเพื่อนบ้านและต่างประเทศเพิ่มขึ้น

๑.๑.๓ สนับสนุนการมีส่วนร่วมกับภาคประชาชนเพื่อสร้างความเข้าใจในการจัดหาพลังงาน และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน โดยการทำความเข้าใจกับเยาวชนและประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนในพื้นที่พัฒนาโครงการ

๑.๑.๔ ผลักดันการพัฒนาและส่งเสริมการลงทุน โดยเฉพาะด้านโครงสร้างพื้นฐานและระบบบริหารจัดการที่เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานตามแผนพลังงานที่กำหนด ได้แก่ แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง และแผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ

๑.๑.๕ พัฒนาระบบรองรับสภาวะฉุกเฉิน ป้องกันและแก้ไขการขาดแคลนพลังงาน โดยการพัฒนาและซักซ้อมระบบรองรับสภาวะฉุกเฉินด้านพลังงาน และการพัฒนาโรงไฟฟ้าให้ใช้เชื้อเพลิงสำรองได้

/๑.๒ ส่งเสริม...

ภาพที่ ฌ-1 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 - 2563

๑.๒ ส่งเสริมการลงทุนและอุตสาหกรรมพลังงานที่สร้างมูลค่าเพิ่ม

๑.๒.๑ ปรับปรุงกฎระเบียบส่งเสริมการค้าการลงทุน พัฒนาคุณภาพมาตรฐานเชื้อเพลิงและมาตรฐานของโครงสร้างพื้นฐานในภูมิภาคอาเซียนให้มีความสอดคล้องกัน และสร้างภาคีความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อสนับสนุนการค้าและการลงทุนในกิจการพลังงาน กำหนดมาตรฐานคุณภาพของเชื้อเพลิง

๑.๒.๒ ส่งเสริมอุตสาหกรรมพลังงานที่สร้างมูลค่าเพิ่ม อาทิ อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพ และการผลักดันให้ประเทศไทยเป็น bio-hub ของภูมิภาค อาทิ Biochemical และ Bio-plastic

ยุทธศาสตร์ที่ ๒ การกำกับดูแลกิจการพลังงานและราคาพลังงาน

เป้าประสงค์ ๒.๑ การผลิต การแปรรูป บรรจุ จำหน่าย และการขนส่งมีความปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ประชาชนได้ใช้พลังงานที่มีคุณภาพและปลอดภัย

กลยุทธ์ ๒.๑.๑ วางมาตรการในการกำกับดูแลคุณภาพและความปลอดภัยของสถานประกอบการพลังงาน รวมทั้งวางมาตรการป้องกันการลักลอบและการใช้ผิดประเภท

๒.๑.๒ ผลักดันและสนับสนุนการดำเนินงานด้านชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม (SSHE) ของผู้ประกอบการด้วยการตรวจติดตามอย่างเป็นระบบและส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการของสถานประกอบกิจการด้านพลังงาน

๒.๑.๓ สร้างระบบการบริหารจัดการอุบัติภัยด้านพลังงาน

๒.๒ ประชาชนเข้าถึงพลังงานในราคาที่เหมาะสม เป็นธรรมต่อทุกภาคส่วนและสะท้อนต้นทุนที่แท้จริง

กลยุทธ์ ๒.๒.๑ ปรับโครงสร้างราคาพลังงานให้สะท้อนต้นทุน และกำหนดหลักเกณฑ์การอุดหนุนเฉพาะกลุ่มที่ชัดเจนเท่าที่จำเป็นและเหมาะสม และสร้างความตระหนักและความเข้าใจให้แก่ประชาชนเกี่ยวกับโครงสร้างต้นทุนและโครงสร้างราคาพลังงาน

๒.๒.๒ บริหารจัดการกองทุนน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นกลไกเพื่อลดความผันผวนด้านราคาและช่วยสนับสนุนพลังงานทดแทนอย่างเป็นธรรมเหมาะสม

๒.๓ ส่งเสริมการแข่งขันในกิจการพลังงาน

กลยุทธ์ ๒.๓.๑ สนับสนุนให้มีผู้เล่นรายใหม่เข้ามาในอุตสาหกรรมพลังงานมากขึ้น เช่น การขจัดอุปสรรคต่อการแข่งขันเสรีในอุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ

ยุทธศาสตร์ที่ ๓ การพัฒนาพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เป้าประสงค์ ๓.๑ ประเทศใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

กลยุทธ์ ๓.๑.๑ ภาคบังคับ ได้แก่ มาตรการการจัดการโรงงานและอาคารควบคุม มาตรการใช้เกณฑ์มาตรฐานอาคาร และมาตรการใช้เกณฑ์มาตรฐานและติดฉลากอุปกรณ์

/๓.๑.๒ ภาคความ...

ภาพที่ ฌ-1 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 – 2563 (ต่อ)

๓.๑.๒ ภาคความร่วมมือ ได้แก่ มาตรการสนับสนุนด้านการเงิน มาตรการส่งเสริม LED มาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง และมาตรการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน

๓.๓.๓ ภาคสนับสนุน ได้แก่ มาตรการพัฒนาบุคลากรด้านอนุรักษ์พลังงาน และมาตรการประชาสัมพันธ์สร้างปลูกจิตสำนักการอนุรักษ์พลังงาน

๓.๒ สัดส่วนการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น

กลยุทธ์ ๓.๒.๑ พัฒนาวัตถุดิบทางเลือกอื่น รวมถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพ และเทคโนโลยีให้เหมาะกับความสามารถการผลิตและการใช้พลังงานทดแทน

๓.๒.๒ พัฒนาระบบสายส่งและโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อรองรับการพัฒนาพลังงานทดแทน

๓.๒.๓ ส่งเสริมการลงทุน การลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพธุรกิจอย่างเหมาะสม แก่ผู้ผลิต ผู้ใช้ทั้งในและต่างประเทศ

๓.๒.๔ พัฒนากฎหมาย และผลักดันการแก้ไขกฎหมาย รวมทั้งกฎระเบียบที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาพลังงานทดแทน

๓.๒.๕ พัฒนาระบบสารสนเทศ ปรับปรุงข้อมูล องค์ความรู้ ให้มีความทันสมัยเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้

๓.๒.๖ เผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ พัฒนาบุคลากรและสร้าง เครือข่าย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องและการมีส่วนร่วม

๓.๓ ชุมชนมีการพึ่งพาตนเองในการพัฒนาพลังงานเพื่อสนองความต้องการตามศักยภาพของพื้นที่

กลยุทธ์ ๓.๓.๑ ส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์และผลิตพลังงานทดแทนในชุมชนเพิ่มมากขึ้นผ่านโครงการส่งเสริมชุมชนลงทุนพลังงานทดแทน ได้แก่ ต้นแบบการเรียนรู้ Biogas/ CBG/ พลังงานทดแทนประเภทอื่นๆ ใช้กลไกของกองทุนพัฒนารอบโรงไฟฟ้าในการพัฒนาพลังงานทดแทนระดับชุมชน

๓.๓.๒ พัฒนาชุมชนหรือเมืองต้นแบบในการจัดการพลังงาน

ยุทธศาสตร์ที่ ๔ การเป็นองค์กรสมรรถนะสูงที่ยึดมั่นในหลักธรรมาภิบาล

๔.๑ กระทรวงพลังงานเป็นองค์กรภาครัฐระดับแนวหน้าสมรรถนะสูงตามมาตรฐานสากล

กลยุทธ์ ๔.๑.๑ ยกระดับการมีส่วนร่วมของบุคลากรกระทรวงพลังงานในการเสริมสมรรถนะองค์กรและมุ่งสู่รางวัลคุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐ

๔.๑.๒ ยกระดับสมรรถนะบุคลากร สอดคล้องและก้าวทันกับสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอกประเทศ มีความพร้อมในการสืบทอดตำแหน่ง มีความพึงพอใจจากการได้รับมอบหมายงานท้าทายและผลตอบแทน ความสำเร็จของงานที่เป็นธรรม

๔.๒ กระทรวงพลังงานเป็นศูนย์กลางข้อมูลและเครือข่ายองค์ความรู้ด้านพลังงานของประเทศที่ได้รับความเชื่อถือ

กลยุทธ์ ๔.๒.๑ พัฒนาขอบข่ายเนื้อหา รูปแบบ และช่องทางการนำเสนอข้อมูลและองค์ความรู้ด้านพลังงานให้เหมาะสม ถูกต้อง แม่นยำ เป็นปัจจุบันทันสมัย เข้าใจง่ายและสอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายทั้งภายในและภายนอกกระทรวงพลังงาน

/๔.๒.๒ พัฒนา...

ภาพที่ ฌ-1 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 – 2563 (ต่อ)

๔

๔.๒.๒ พัฒนาข้อมูลให้มีการจัดเก็บและประมวลผลเป็นมาตรฐานเดียวกัน และจัดตั้งศูนย์ข้อมูลพลังงาน

๔.๒.๓ พัฒนาระบบการเชื่อมโยง ติดต่อประสานงานจากส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ที่มีความทันสมัย และความปลอดภัยของการเข้าถึงข้อมูล

๔.๓ กระทรวงพลังงานมีการบริหารจัดการตามหลักธรรมาภิบาลอย่างมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

กลยุทธ์ ๔.๓.๑ สร้างเสริมความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน/มวลชน ให้โอกาสมีส่วนร่วมของประชาชนอย่างกว้างขวาง

๔.๓.๒ ติดตามแก้ไขปัญหาข้อร้องเรียนอย่างมีประสิทธิภาพและมีความโปร่งใสในการปฏิบัติงาน

๔.๓.๓ เป็นองค์กรที่น่าเชื่อถือ มีความโปร่งใส ตรวจสอบได้

ทั้งนี้ ให้หน่วยงานในสังกัดกระทรวงพลังงานใช้เป็นกรอบในการปฏิบัติราชการตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๕ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

(นายอารีพงศ์ ภู่ชอุ่ม)
ปลัดกระทรวงพลังงาน

ภาพที่ ฌ-1 ยุทธศาสตร์กระทรวงพลังงาน ปี 2559 – 2563 (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายมานพ นิลรัตน์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610121013

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง)	มหาวิยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยและคณะวิศวกรรมศาสตร์ภายใต้เงื่อนไข สนับสนุนไปนำเสนอผลงานวิชาการ

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นายช่างระดับ 4 แผนกประสิทธิภาพและวางแผน กองการผลิตโรงไฟฟ้ากระบี่ ฝ่ายโรงไฟฟ้าภาคใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

[1] มานพ นิลรัตน์, เสกสรร สุธรรมานนท์ และจันทกานต์ ทวีกุล, การลดการใช้พลังงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2559, โรงแรมโฆษะ จังหวัดขอนแก่น, ระหว่างวันที่ 7-8 กรกฎาคม 2559, หน้า 969-976.

[2] มานพ นิลรัตน์, เสกสรร สุธรรมานนท์ และจันทกานต์ ทวีกุล, การวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนจากฉนวนเสื่อมสภาพโดยประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน, วิศวกรรมสารมหาวิทยาลัยนเรศวร, ปีที่ 12 ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2560.