การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ

Increasing efficiency of Biomass Power Plant with Process Monitoring and Control

นางสาวณัฐธิดา อัมโร

Nattida Ammaro

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Industrial Management

Prince of Songkla University

2565

ชื่อสารนิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ

ผู้เขียน นางสาวณัฐธิดา อัมโร

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(ดร.ชุกรี แดสา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร)

.....กรรมการ

(ดร.ชุกรี แดสา)

.....กรรมการ

(ดร.กุลภัสร์ ทองแก้ว)

.....

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ
ผู้เขียน นางสาวณัฐธิดา อัมโร
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและติดตามอัตโนมัติ และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า พบว่าการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็นประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งข้อมูลของการผลิตไฟฟ้าถูกจัดเก็บอยู่ในระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) จะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงาน และเวลาในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ซึ่งกว่าจะได้ข้อมูลเพื่อมาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ก็เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพไปเสียแล้ว งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมประมวลผลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ โดยทำการติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) เพื่อเป็นตัวกลางในการนำข้อมูลออกมา เชื่อมต่อกับ OPC Client ผ่านโปรแกรม Matrikon OPC Explorer และโปรแกรมประมวลผล MATLAB 2020b ผลการทำงานของโปรแกรมสามารถคำนวณประมวลผลประสิทธิภาพให้กับโรงไฟฟ้าได้อย่างทันทีทันใด ได้แก่ ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าได้ ดังนี้ 1.) ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ เพิ่มขึ้น 4.48% 2.) ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า เพิ่มขึ้น 2.16% 3.) อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ลดลง 1,718.36 kJ/kWh ทำให้สามารถควบคุมประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลได้อย่างต่อเนื่อง ลดเวลาในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าได้

Minor Thesis Title	Increasing efficiency of Biomass Power Plant with Process Monitoring and Control
Author	Miss. Nattida Ammaro
Major Program	Industrial Management
Academic Year	2021

ABSTRACT

The objectives of this study were to design, develop a program to control, automatically track progress, and increase the overall efficiency of the power plant. It was found that the past efficiency analysis of power plants such as boiler efficiency, total plant efficiency, and OEE. Gross heat rate was not in accordance with criteria. Data of generating power were stored in the distributed control system, DCS. After that, the staff got the data for analysis. It took too much time to get data to improve production process, and the loss of proficiency occurred. This thesis has developed the processing program with automatic control and tracking by installing OPC server software to act as a medium to carry the data and connect OPC client via Matrikon OPC Explorer and MATLAB 2020b programs. The outcome of this program is that it was able to calculate and process power plant efficiency instantaneously such as the efficiency of boiler, of steam turbine, of total power plant, and of overall machinery efficiency, and net heat rate ratio for electricity generation. Moreover, this program also increases the power plant efficiency as follows: 1) boiler efficiency rose up to 4.48% 2). Total plant efficiency was up to 2.16%. Also, gross heat rate which was used to generate power continually decreased to 1,718.36 kJ/kWh. The increase of efficiency and decrease of gross heat rate led to the control of biomass efficiency, the time-saving work for the staff responsible for efficiency analysis and the decreasing costs of power generation.

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชุกรี แดสา ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา เสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตั้งแต่ต้นจนทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม สุวรรณวร ประธานกรรมการสอบสารนิพนธ์ และ ดร.กุลภัสร์ ทองแก้ว คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้สารนิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คณะผู้บริหาร และบุคลากรของบริษัท โกลบอลกรีนโฮลดิ้ง จำกัด และ บริษัท ดับเบิ้ลไนน์ โอแอนด์เอ็ม จำกัด ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในเรื่องของข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย ตลอดทั้งครอบครัวของผู้วิจัยเองที่เป็นกำลังใจมาตลอด ทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าหรือประโยชน์อันเกิดจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตา แด่ คุณพ่อ คุณแม่ บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐธิดา อัมโร

2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....(3)
ABSTRACT.....(4)
กิตติกรรมประกาศ.....(5)
สารบัญ.....(6)
สารบัญตาราง.....(8)
สารบัญภาพ.....(9)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ.....(11)
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....6
1.3 ประโยชน์ที่ว่าจะได้รับ.....6
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....6
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....7
2.1 ทรัพยากรชีวมวล.....7
2.2 โรงไฟฟ้าชีวมวล.....8
2.3 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.....9
2.4 วัฏจักรแรงคิน.....13
2.5 การคำนวณประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า และอุปกรณ์.....14
2.6 แหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการประมวลผลข้อมูล.....16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....19
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลที่ได้จากการวิจัย.....22
4.1 ข้อมูล และกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล.....22
4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล.....28
4.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า.....30
4.4 การติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server).....42
4.5 โปรแกรมประมวลผล.....44
4.6 การใช้งานโปรแกรมประมวลผล.....62
4.7 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหาตัวแปรเพื่อปรับปรุง.....64
4.8 การปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า.....68
4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าก่อนและหลังจากการปรับปรุง.....70

บทที่ 5 ผลที่ได้จากการวิจัย.....73
5.1 สรุปผลการวิจัย.....73
5.2 ข้อเสนอแนะ.....74

บรรณานุกรม.....75

ภาคผนวก.....77
ภาคผนวก ก. แสดงผลของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า.....78
ภาคผนวก ข. แสดงวิธีการคำนวณค่าความร้อน และเอนทัลปี.....171

ประวัติผู้เขียน.....179

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายได้ของการขายไฟฟ้าประจำปี 2563.....2
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ.....31
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ.....34
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า.....36
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และอัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า.....37
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.....39
ตารางที่ 4.6 สรุปผลการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล.....41
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า.....54
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ.....55
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ.....57
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า.....59
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.....61
ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....63
ตารางที่ 4.13 สรุปสาเหตุที่แก้ไขจากการทำการระดมสมอง (Brain Storming).....66
ตารางที่ 4.14 การดำเนินการแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ.....68
ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการการปรับปรุง จากโปรแกรมประมวลผล.....71

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อขายประจำเดือนสิงหาคม 2563.....1
ภาพที่ 1.2 ผลการสูญเสียโอกาสในการรับรายได้ประจำปี 2563.....2
ภาพที่ 1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าประจำปี 2563.....3
ภาพที่ 1.4 อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าประจำปี 2563.....4
ภาพที่ 1.5 ผังงาน (Flow Chart) ของการดึงข้อมูลเพื่อมาทำการวิเคราะห์ในปัจจุบัน.....5
ภาพที่ 2.1 ผังกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล.....9
ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของการหาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.....12
ภาพที่ 2.3 วัฏจักรทางทฤษฎีและ กราฟ T-S ของวัฏจักรแรงคิน.....13
ภาพที่ 4.1 วัฏจักรแรงคิน.....23
ภาพที่ 4.2 ไดอะแกรมอุณหภูมิ – เอนโทรปีของวัฏจักรแรงคิน.....23
ภาพที่ 4.3 แผนผังของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า.....26
ภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการควบคุมการเผาไหม้.....26
ภาพที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลการควบคุมหม้อต้มไอน้ำ.....27
ภาพที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลการควบคุมกังหันไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องควบแน่น.....27
ภาพที่ 4.7 หน้าจอแสดงผลการควบคุมหอหล่อเย็น.....28
ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งการติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) กับระบบควบคุมการผลิตไฟฟ้า.....43
ภาพที่ 4.9 การเชื่อมต่อโปรมแกรม OPC Client กับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server).....43
ภาพที่ 4.10 แผนผังการเชื่อมต่อเพื่อประมวลผล.....44
ภาพที่ 4.11 การเชื่อมต่อเพื่อดึงข้อมูลระบบผลิต.....45
ภาพที่ 4.12 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล FUEL CONSUMTION.....46
ภาพที่ 4.13 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล BOILER AND FEED WATER SYSTEM....47
ภาพที่ 4.14 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล STEAM TURBINE.....47
ภาพที่ 4.15 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล PLAN OPERATION SUMMARY.....48
ภาพที่ 4.16 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล SINGLE LINE DIAGRAM.....49
ภาพที่ 4.17 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล EXP AND COMSUME ENERGY SUM....49
ภาพที่ 4.18 การเชื่อมต่อโปรแกรม OPC Client เข้ากับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server).....50

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.19 การตั้งชื่อโฟลเดอร์ และเพิ่มกลุ่ม (Add Group) ของโปรแกรม OPC Client.....50
ภาพที่ 4.20 การกำหนดชื่อตำแหน่ง (Name Point) ที่ดึงเข้าสู่โปรแกรม OPC Client.....51
ภาพที่ 4.21 การดึงข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิตเข้าโปรแกรม OPC Client.....51
ภาพที่ 4.22 การเชื่อมต่อ OPC Configuration เข้ากับ OPC Client ในโปรแกรม MATLAB.....52
ภาพที่ 4.23 เครื่องมือ OPC Read ในโปรแกรม MATLAB.....53
ภาพที่ 4.24 การป้อนชื่อตำแหน่ง (Name Point) ในโปรแกรม MATLAB.....53
ภาพที่ 4.25 การประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า.....54
ภาพที่ 4.26 การประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า โดยกราฟ.....55
ภาพที่ 4.27 การประมวลผลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ.....56
ภาพที่ 4.28 การประมวลผลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยกราฟ.....56
ภาพที่ 4.29 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ.....58
ภาพที่ 4.30 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1.....58
ภาพที่ 4.31 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2.....59
ภาพที่ 4.32 การประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า.....60
ภาพที่ 4.33 การประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกราฟ.....60
ภาพที่ 4.34 การประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร.....61
ภาพที่ 4.35 การประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยกราฟ.....62
ภาพที่ 4.36 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....63
ภาพที่ 4.37 แผนภูมิควบคุมของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ก่อนการปรับปรุง.....64
ภาพที่ 4.38 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลดลง.....65
ภาพที่ 4.39 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล ETACOM COMBUSTION SYSTEM.....67
ภาพที่ 4.40 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล STEAM AIR PRE HEATER.....67
ภาพที่ 4.41 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล BOILER AND FEED WATER SYSTEM.....68
ภาพที่ 4.42 แผนภูมิควบคุมของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ หลังการปรับปรุง.....70
ภาพที่ 4.43 เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ก่อนและหลังการปรับปรุง.....70
ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ.....72

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

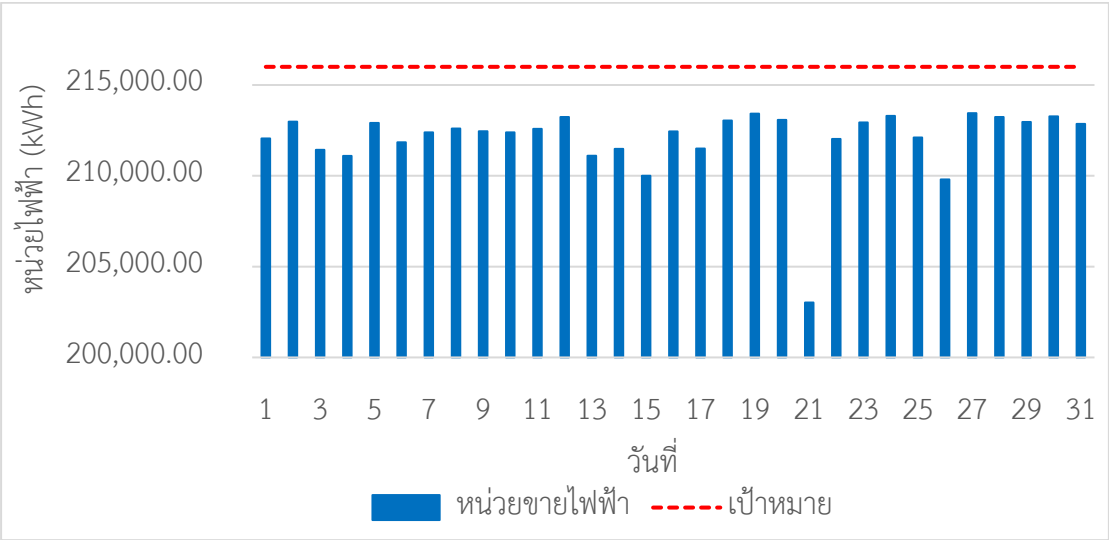
η	=	ประสิทธิภาพ
m_s	=	อัตราการผลิตไอน้ำ
m_f	=	อัตราการป้อนเชื้อพลิง
h	=	เอนทัลปี
L	=	ความร้อนแฝง
P_e	=	กำลังไฟฟ้า
LHV	=	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง
OEE	=	ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับภาวะวิกฤตด้านพลังงาน อันเนื่องมาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างน้ำมันและก๊าซธรรมชาติที่ใช้กันนั้นกำลังมีปริมาณลดน้อยลง ขณะที่ต้นทุนในการจัดหาและได้มาซึ่งพลังงานก็มีราคาแพงขึ้น ดังนั้นการมองหาแหล่งพลังงานใหม่ที่มีศักยภาพเพื่อเข้ามาเสริมความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นั่นคือ พลังงานชีวมวล ซึ่งนำมาใช้เพื่อผลิตพลังงานมากมาย โดยเฉพาะการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า หรือที่เรียกกันว่า โรงไฟฟ้าชีวมวล

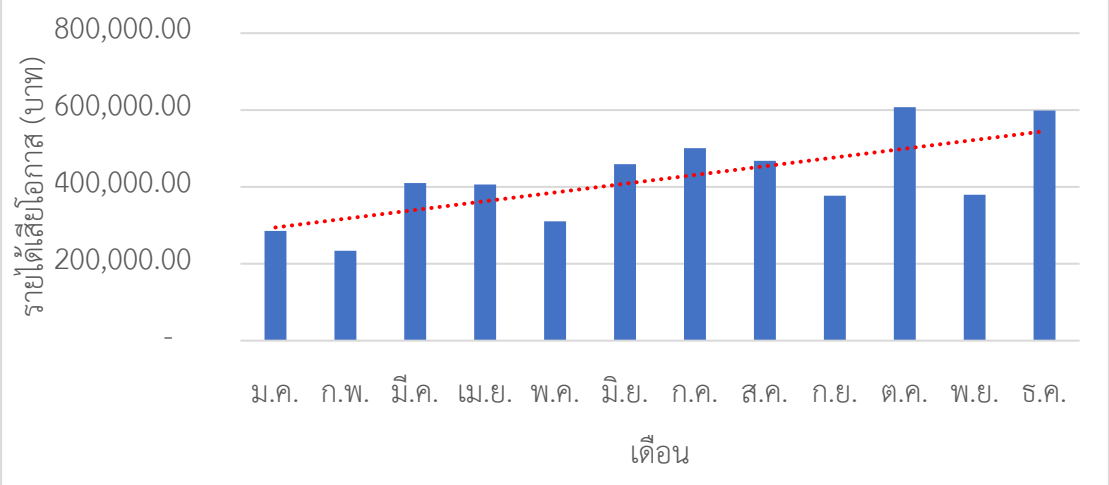
เนื่องด้วยโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา ที่มีกำลังการผลิตที่ 9.9 MW ส่งออกเพื่อขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ 9,000 kWh แต่ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าชีวมวลมีการขายไฟฟ้าเฉลี่ย 8,875 kWh ทำให้มีการสูญเสียการขาย 125 kWh หรือ 90,000 หน่วยต่อเดือน เกิดการเสียโอกาสในการขายไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 400,000 บาทต่อเดือนหรือ 4,800,000 บาทต่อปี ซึ่งแสดงหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อขายประจำเดือนสิงหาคม 2563 ได้ดังภาพที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าการผลิตไฟฟ้าประจำวันไม่ได้ตามศักยภาพที่ควรจะเป็น และรายได้ของการขายไฟฟ้าประจำปี 2563 ดังตารางที่ 1.1 ซึ่งเสียโอกาสในการขายไฟฟ้า 5,036,997 บาทต่อปี และการสูญเสียโอกาสในการขายไฟฟ้า แสดงได้ดังภาพที่ 1.2 จากกราฟการเสียโอกาสในการขายไฟฟ้ามีแนวโน้มที่เพิ่มสูงมากขึ้น จึงส่งผลให้ยอดขายไฟฟ้าลดลง



ภาพที่ 1.1 หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตเพื่อขายประจำเดือนสิงหาคม 2563

ตารางที่ 1.1 รายได้ของการขายไฟฟ้าประจำปี 2563

ลำดับที่	เดือน	รายได้ที่ควรจะได้รับ (บาท)	รายได้จริง (บาท)	รายได้ที่เสียโอกาส (บาท)
1	มกราคม	33,900,957	33,615,545	285,412
2	กุมภาพันธ์	31,225,755	30,992,003	233,752
3	มีนาคม	33,306,468	32,896,394	410,072
4	เมษายน	32,511,076	32,104,786	406,290
5	พฤษภาคม	32,545,320	32,234,763	310,557
6	มิถุนายน	31,520,260	31,061,269	458,991
7	กรกฎาคม	33,086,845	32,585,958	500,887
8	สิงหาคม	33,902,327	33,434,218	468,109
9	กันยายน	31,841,248	31,463,967	377,281
10	ตุลาคม	30,786,052	30,178,748	607,304
11	พฤศจิกายน	17,240,646	16,861,021	379,625
12	ธันวาคม	33,129,308	32,530,593	598,715



ภาพที่ 1.2 ผลการสูญเสียโอกาสในการรับรายได้ประจำปี 2563

เป้าหมายหลักของการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล คือเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุดขององค์กร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย 5 ประการ ในการดำเนินการผลิต คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) เงินทุน (Money) และวิธีการ (Method) เครื่องมือหรือวิธีการที่จะให้บรรลุเป้าหมายนี้ได้ จะต้องดำเนินการด้วยการวางแผนที่ดี เพื่อให้การผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างมี

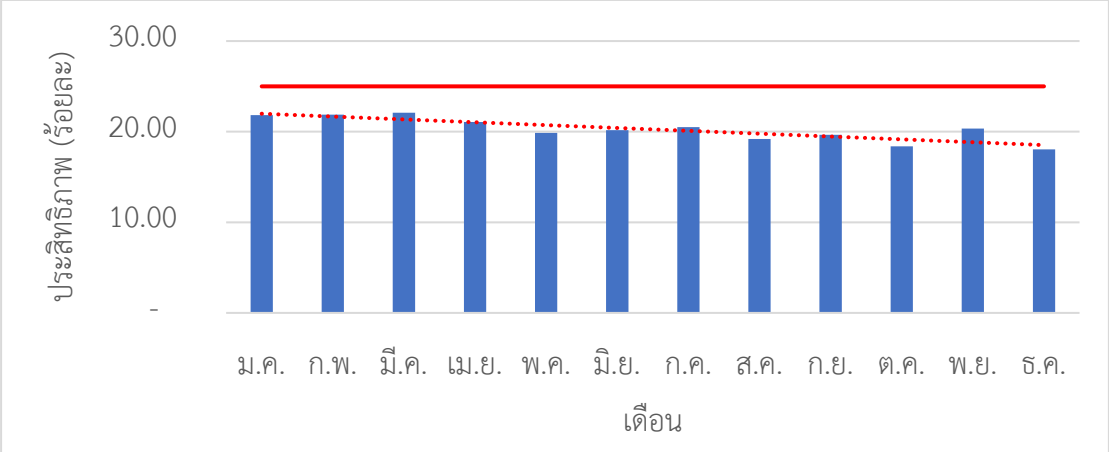
ประสิทธิภาพ ในการดำเนินงานที่ผ่านมาโรงไฟฟ้าสูญเสียกำลังการผลิต เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าไม่ได้คุณภาพ การหยุดเดินเครื่องฉุกเฉิน โดยประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) ประจำปี 2563 ของโรงไฟฟ้าชีวมวลเฉลี่ย 94.30% และเพื่อการวางแผน การจัดระบบการทำงานล้วนจำเป็นต้องนำข้อมูลในการทำงานของเครื่องจักรมาทำการวิเคราะห์เพื่อวางแผนผลิต และแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรในอนาคต

การควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า มีตัวแปรหนึ่งที่สำคัญคือการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าเพื่อควบคุมหน่วยผลิตไฟฟ้า และพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตตามนโยบายของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยแสดงตัวอย่างการคำนวณของเดือนกันยายนดังสมการที่ 1.1 มีค่าเท่ากับ 19.65 % ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าควรเท่ากับ 25% แต่ปัจจุบันประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าที่ผ่านมาเฉลี่ยเท่ากับ 20.25% ดังภาพที่ 1.3 แสดงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าประจำปี 2563 จากกราฟจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้ามีแนวโน้มที่ลดลงเรื่อย ๆ และพลังงานความร้อนหรือวัตถุดิบหลักที่ใช้ในโรงไฟฟ้าชีวมวล คือ ไม้ยางพาราสับ ซึ่งในปัจจุบันมีปริมาณการใช้ในกระบวนการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้น ทำให้มีการใช้ต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่สูงมากขึ้น อีกทั้งราคาของเชื้อเพลิงยังมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในอนาคต เนื่องจากมีการแข่งขันด้านวัตถุดิบเชื้อเพลิง ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญในการบริหารจัดการโรงไฟฟ้า เพื่อให้ได้ซึ่งรายได้สูงสุด

ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ / (อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา x ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง) (1.1)

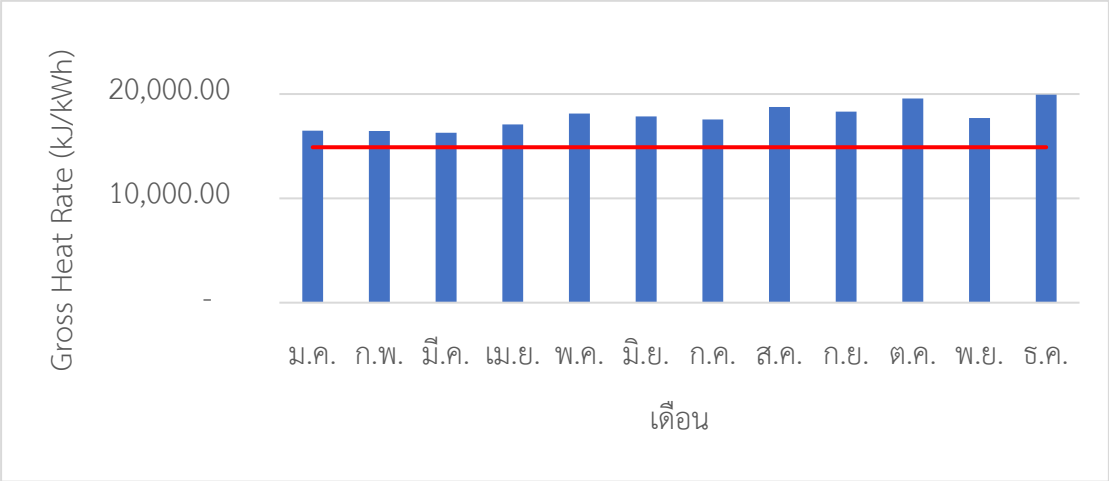
= 6,944,720.00 kWh / [12,406.53 Ton x 10,255.38 kJ/kg x (1,000 / 3,600)]

= 19.65 %



ภาพที่ 1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าประจำปี 2563

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงสามารถแสดงได้จากข้อมูลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ผ่านมาปี 2563 เฉลี่ย 17,847.07 kJ/kWh ซึ่งตามนโยบายบริษัทควรจะเท่ากับ 14,900.00 kJ/kWh แสดงดังภาพที่ 1.4 นั่นแสดงให้เห็นว่าสูญเสียพลังงานความร้อนเกินความจำเป็นจากแนวโน้มของประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่ลดต่ำลงนั้น เนื่องมาจากการขาดการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อให้มีการควบคุมกระบวนการผลิตแบบทันทีทันใดได้



ภาพที่ 1.4 อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าประจำปี 2563

ปัจจุบันข้อมูลของการผลิตไฟฟ้าถูกจัดเก็บอยู่ในระบบควบคุมการเดินเครื่องจักร หรือที่เรียกว่าระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) ซึ่งการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ต้องใช้พนักงาน และต้องใช้เวลาในการดึงข้อมูล โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที หรือขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่ต้องการ ถึงจะสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้แสดงผังงาน (Flow Chart) ของการดึงข้อมูลเพื่อมาทำการวิเคราะห์ในปัจจุบันได้ดังภาพที่ 1.5 ซึ่งกว่าจะได้ข้อมูลเพื่อมาทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ก็ทำให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพไปเสียแล้ว ทำให้ไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพของการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าต่ำลง และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อลดการสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จึงจัดทำโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ รวมถึงการติดตาม และควบคุมกระบวนการผลิต โปรแกรมนี้จะใช้ในการควบคุมการผลิต เช่น ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า เป็นต้น

ภาพที่ 1.5 ผังงาน (Flow Chart) ของการดึงข้อมูลเพื่อมาทำการวิเคราะห์ในปัจจุบัน

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการผลิต ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าจะใช้เครื่องมือประเมินในการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้ สามารถควบคุมประสิทธิภาพได้ หากสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ก็สามารถติดตามและควบคุมกระบวนการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ต่อเนื่อง เพื่อรายงานให้กับผู้บริหารและพนักงานได้ทันที ทำให้พนักงานควบคุมการเดินเครื่องจักรสามารถแก้ปัญหาได้ทันทีทันใด พนักงานสามารถควบคุมประสิทธิภาพ และต้นทุนการผลิตได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไฟฟ้า นอกจากนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่การคาดคะเนการผลิต เพื่อบริหารโรงไฟฟ้าในอนาคตได้อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุน กำไร เวลาในการผลิตไฟฟ้า เพื่อให้สามารถบริหารงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและติดตามอัตโนมัติ
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า 2%

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีเครื่องมือวิเคราะห์ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อติดตามและควบคุมแบบอัตโนมัติ
2. มีการวิเคราะห์และควบคุมประสิทธิภาพต่างๆ ของโรงไฟฟ้า รวมถึงสามารถติดตามและควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง
3. ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น
4. ลดต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า
5. ลดเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล และสามารถติดตามและควบคุมการผลิตไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. สร้างเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ผ่านระบบคอมพิวเตอร์แบบทันทีทันใด (Real Time) โดยใช้โปรแกรมเพื่อประมวลผล ซึ่งทำการคำนวณ และประมวลผลข้อมูลดังนี้
   1.1 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)
   1.2 ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)
   1.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency)
   1.4 อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate)
   1.5 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย
   2.1 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)
   2.2 ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)
   2.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency)
   2.4 อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate)
   2.5 ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล การพัฒนาโปรแกรมประมวลผลอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล เช่น ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าโดยรวม ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ เป็นต้น

2.1 ทรัพยากรชีวมวล

ราเชนทร์ สกุล [1] ได้กล่าวว่า ทรัพยากรชีวมวล คือมวลสารของสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นไม้ ผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งกากของเหลือจากการเกษตร เช่น ฟางแก้ว แกลบ ชานอ้อย กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม หรือของเสียอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร รวมทั้งมูลสัตว์ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นมูลวัว มูลสุกร เป็ด ไก่ เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ผลิตพลังงานเหล่านี้เป็นของเหลือ จึงหาง่ายและมีราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงานจึงเป็นการกำจัดของเสีย สร้างมูลค่าเพิ่มให้เกษตรกร ลดการนำเข้าพลังงาน และยังเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นการลดปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซที่สร้างภาวะเรือนกระจกที่ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น

การคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิง [2]

ค่าความร้อนสูงสุด (Higher Heating Value, HHV) ของเชื้อเพลิงชีวมวล สามารถคำนวณได้จากองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ดังสมการ

$$HHV = 0.35X_C + 1.18X_H + 0.10X_S - 0.02X_N - 0.10X_O - 0.02X_{ash} \quad (2.1)$$

โดย HHV = ค่าความร้อนสูงสุด (kJ/kg)

X_C = ปริมาณคาร์บอนของชีวมวลแห้ง (%)

X_H = ปริมาณไฮโดรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_S = ปริมาณซัลเฟอร์ของชีวมวลแห้ง (%)

X_N = ปริมาณไนโตรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_O = ปริมาณออกซิเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_{ash} = ปริมาณเถ้าของชีวมวลแห้ง (%)

ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) ของเชื้อเพลิงชีวมวล สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$LHV = HHV\left(1-\frac{H_2O}{100}\right) - 2.444\frac{H_2O}{100} - \left[2.444 \times \frac{X_H}{100} \times 8.936 \times \left(1 - \frac{H_2O}{100}\right)\right] \quad (2.2)$$

โดย LHV = ค่าความร้อนต่ำ (kJ/kg)

H_2O = ค่าความชื้นเชื้อของเชื้อเพลิง (%)

X_H = ปริมาณไฮโดรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

2.2 โรงไฟฟ้าชีวมวล

ปริยานุช ตันสกุล [3] ได้ให้ความหมายของโรงไฟฟ้าชีวมวล (Biomass Power Plant) ไว้ว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุจากเชื้อเพลิงชีวมวล ได้แก่ กาก หรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กากจากผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรสภาพแล้ว เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย เศษไม้ กากปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว ส่าเหล้า ฯลฯ มาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและพลังไอน้ำ ซึ่งอาจเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ โดยชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ส่วนหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลจะคล้ายคลึงกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal Power Plant) ทั่วๆไป แต่เปลี่ยนมาใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดความร้อนในการผลิตไอน้ำแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (น้ำมันถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ) ซึ่งปริยานุช ตันสกุล [3] อธิบายหลักการทำงานของการผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลได้ดังนี้

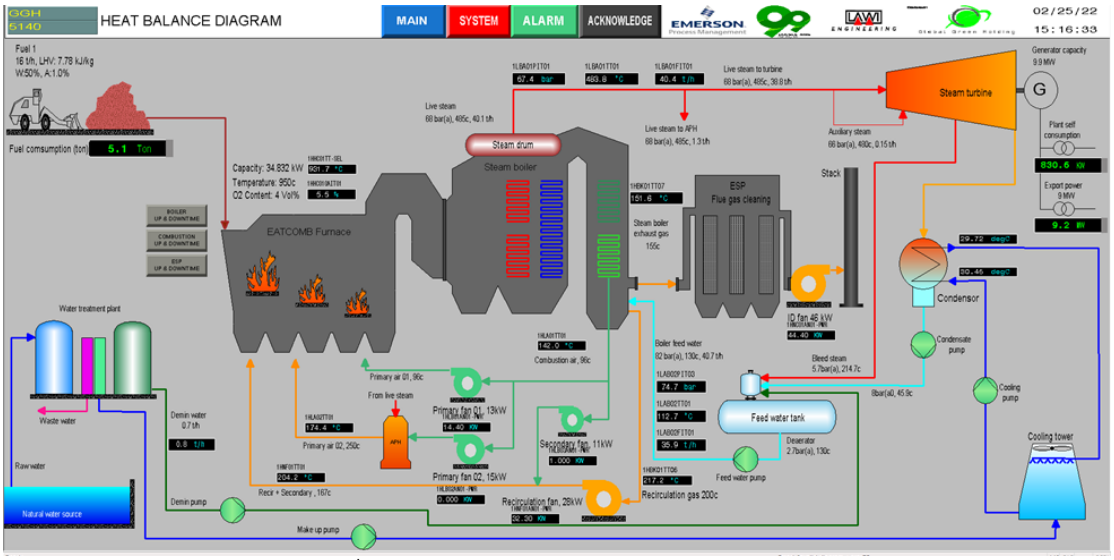
1. ขั้นตอนการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา โดยจะมีสายพานที่ใช้ในการลำเลียงเชื้อเพลิงจากโรงเก็บเข้าสู่เตาเผาเพื่อทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลเปลี่ยนเป็นความร้อน

2. ขั้นตอนการผลิตไอน้ำและผลิตไฟฟ้า เมื่อเชื้อเพลิงได้รับการเผาไหม้แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูง นำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำในหม้อน้ำจนเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ จะถูกส่งไปขยายตัวในกังหันไอน้ำ ขับเคลื่อนเพลาที่เชื่อมติดกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า

3. ขั้นตอนการหมุนเวียนน้ำ ไอน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตไฟฟ้าแล้วจะถูกทำให้เย็นลงด้วยกระบวนการควบแน่น แล้วส่งเข้าหม้อน้ำด้วยปั๊มน้ำ เพื่อให้หมุนเวียนไปผลิตเป็นไอน้ำต่อไป ส่วนน้ำหล่อเย็นที่ใช้ระบายความร้อนในการควบแน่นแล้วมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากได้รับความร้อนที่ถ่ายเทมาจากไอน้ำจะถูกทำให้เย็นลงโดยใช้หอผึ่งเย็นเป็นการระบายความร้อนออกจากน้ำหล่อเย็นสู่อากาศ ส่วนน้ำที่อุณหภูมิลดลงแล้ว ก็จะถูกนำมาใช้ใหม่ในระบบหล่อเย็นต่อไป

โดยอุปกรณ์หลักของโรงไฟฟ้าชีวมวล มณฑล เนตรทิพย์ [4] ได้ระบุอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และแสดงดังภาพที่ 2.1 ไว้ดังนี้

1. ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง (Fuel Handling)
2. หม้อไอน้ำ (Steam)
3. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine)
4. เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator)
5. เครื่องควบแน่น (Condenser)
6. ระบบกำจัดฝุ่น (Duct Disposal)
7. ระบบลำเลียงขี้เถ้า (Ash Handling System)
8. หอหล่อเย็น (Cooling Tower)
9. ระบบควบคุมด้านระบบไฟฟ้า (Electrical System)
10. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water Treatment System)



ภาพที่ 2.1 ผังกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

2.3 การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ภัททรียา กิตติเจริญเกียรติ [5] ได้กล่าวไว้ว่า การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) เป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งที่นอกจากทำให้รู้ประสิทธิผลของเครื่องจักรแล้ว ยังรู้ถึงสาเหตุของความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งในภาพใหญ่ คือ สามารถแยกประเภทการสูญเสียและรายละเอียดของสาเหตุนั้น ทำให้สามารถที่จะปรับปรุงลดความสูญเสียที่

เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ ความสูญเสียนั้น ภัททรียา กิตติเจริญเกียรติ [5] ได้ระบุไว้ 6 ประการดังนี้

2.3.1 ความสูญเสียเวลา เนื่องจากเครื่องจักรเสียหรือขัดข้อง (Machine Breakdown)

- การทำงานของเครื่องจักรหยุดลง อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น สายพานขาด มอเตอร์ไหม้ ลูกปืนแตก ระบบทำความร้อน (Heater) ไม่ทำงาน เป็นต้น

- ต้องมีการหยุดการผลิตเพื่อทำการซ่อมแซม รวมถึงการเปลี่ยนชิ้นส่วน ใช้เวลาในการแก้ไขมากกว่า 1 ชั่วโมง

- เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิต และจำนวนการผลิตที่ได้ยังลดลงอีกด้วย

เป้าหมาย “เครื่องจักรเสียต้องเป็นศูนย์ (Zero Breakdown)”

2.3.2 ความสูญเสียเวลา เนื่องจากการปรับตั้งและปรับแต่ง (Set up and Adjustment)

- เป็นเวลาที่สูญเสียในการเปลี่ยนรุ่นการผลิตในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นเวลาตั้งแต่การผลิตผลิตภัณฑ์เดิมเสร็จสิ้นไปจนถึงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่ดีตัวแรกผลิตเสร็จ

- การทดสอบหาเงื่อนไขการผลิตที่ดีที่สุดในการผลิตแต่ละครั้ง

- เกิดการสูญเสียเวลาในการผลิตและจำนวนการผลิตที่ได้ยังลดลงอีกด้วย

เป้าหมาย “ลดเวลาในการปรับตั้งและปรับแต่งต้องเป็นศูนย์”

2.3.3 ความสูญเสียประสิทธิภาพ เนื่องจากความเร็วของการเดินเครื่องจักรช้าลง (Speed Loss)

- มีความแตกต่างของความเร็วมาตรฐานกับความเร็วจริงในการผลิต

- เครื่องจักรมีความเร็วมาตรฐาน / กำลังผลิต / Cycle Time ต่ำกว่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

- ได้ชิ้นงานหรือผลผลิตน้อยกว่าที่ควรจะเป็น

เป้าหมาย “ลดความแตกต่างระหว่างความเร็วมาตรฐาน กับความเร็วจริงในการผลิตเป็นศูนย์”

2.3.4 ความสูญเสียประสิทธิภาพ เนื่องจากเครื่องหยุดเล็กน้อยและการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle time and Minor stoppages)

- เครื่องจักรหยุดทำงานชั่วคราวเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น เครื่องจักรหยุดกะทันหัน ไฟตก สวิทซ์ไฟตัด เป็นต้น

- เครื่องจักรทำงานแต่ไม่มีชิ้นงานป้อน เช่น รอวัตถุดิบป้อน เป็นต้น

- เครื่องจักรไม่ต้องการซ่อมแซม แต่มีการเสียเวลารอ การแก้ไขปัญหาเล็กน้อย ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 – 10 นาที

เป้าหมาย “เครื่องจักรหยุดเล็กน้อย และเดินเครื่องเปล่าต้องเป็นศูนย์”

2.3.5 ความสูญเสียเนื่องจากผลได้ลดลง และได้ของเสียเมื่อเริ่มเดินเครื่อง (Start up and Reduced yield)

- การสูญเสียวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดอันเนื่องมาจากสาเหตุ

1. การผลิตในช่วงเริ่มต้น

2. เริ่มผลิตหลังจากหยุดพัก

3. ช่วงเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือวัตถุใหม่

4. เริ่มผลิตหลังจากหยุดซ่อม

2.3.6 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียและชิ้นงานรอแก้ไข (Defects and rework)

- ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด แต่สามารถซ่อมแซมปรับแต่งให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดได้ ต้องสูญเสียเวลาในการซ่อมแซม หรือสูญเสียชิ้นงาน

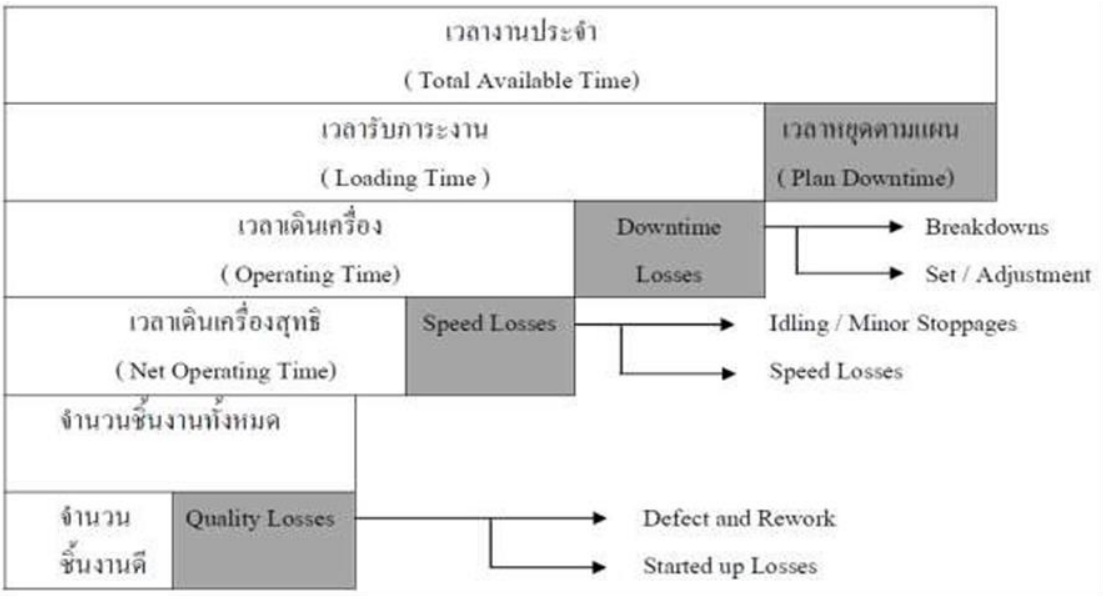
เป้าหมาย “ของเสียต้องเป็นศูนย์”

ซึ่งความสูญเสียที่กล่าวมาข้างต้น จะนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงไฟฟ้า

การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE)

ภัททรียา กิตติเจริญเกียรติ [5] ได้กล่าวไว้ว่า การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งมีตัวแปร 3 ค่า คือ อัตราการเดินเครื่อง (Availability), ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) และอัตราคุณภาพ (Quality Rate) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$OEE\ (\%) = Availability\ (\%) \times Performance\ (\%) \times Quality\ Rate\ (\%) \qquad (2.3)$$



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของการหาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

1. อัตราการเดินเครื่อง (Availability) คือ การแสดงความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time) โดย

อัตราการเดินเครื่อง = (เวลารับภาระงาน – เวลาที่เครื่องจักรหยุด) / เวลารับภาระงาน (2.4)

= เวลาเดินเครื่อง / เวลารับภาระงาน

2. ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) คือ การแสดงสมรรถนะเครื่องจักรในการทำงานเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = (เวลามาตรฐาน x จำนวณชิ้นงานที่ผลิตได้) / เวลาเดินเครื่อง (2.5)

= เวลาเดินเครื่องสุทธิ / เวลาเดินเครื่อง

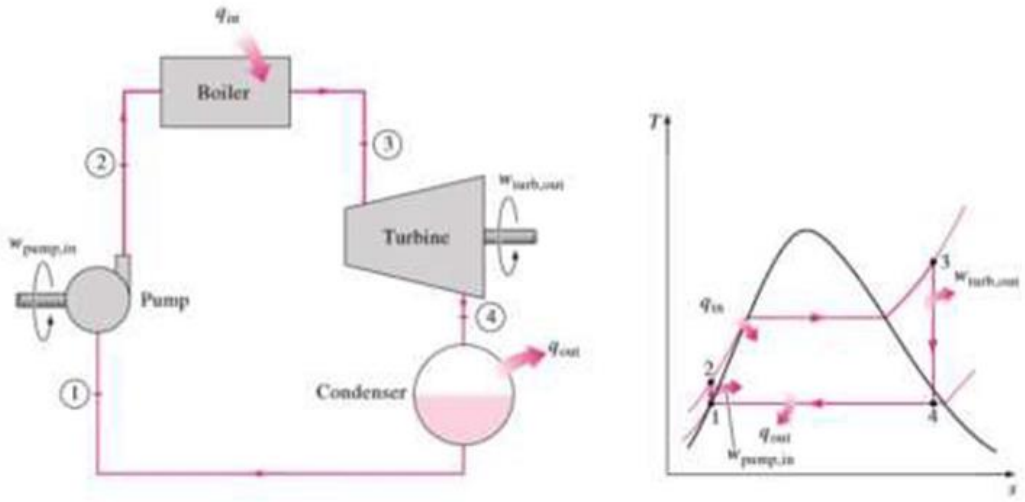
3. อัตราคุณภาพ (Quality Rate) คือ การแสดงความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

อัตราคุณภาพ = (จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ – จำนวนชิ้นงานเสีย) / จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ (2.6)

= จำนวนชิ้นงานดี / จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้

2.4 วัฏจักรแรงคิน

มณฑล เนตรทิพย์ [4] ได้กล่าวว่า วัฏจักรแรงคิน (Rankine Cycle) เป็นวัฏจักรพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบโรงจักรกำลังไอน้ำ (Steam Power Plant) หรือ Steam plant ซึ่งเป็นต้นแบบของโรงจักรไอน้ำจะใช้วัฏจักรแรงคินเป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 วัฏจักรทางทฤษฎีและ กราฟ T-S ของวัฏจักร แรงคิน [9]
ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน

โครงสร้างพื้นฐานของโรงจักรกำลังไอน้ำ จะประกอบไปด้วยหม้อไอน้ำ (Boiler) กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เครื่องควบแน่น (Condenser) และปั๊มน้ำ (Pump) กระบวนการของวัฏจักรแรงคินเกิดขึ้นดังนี้

ไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่อุณหภูมิและที่ความดันสูงที่เกิดที่หม้อไอน้ำ ไปขยายตัวแบบแอเดียแบติกที่ย้อนกลับได้ที่กังหันไอน้ำทำให้เกิดงานขึ้น (กระบวนการที่ 3 ไป 4)

3 ไป 4 การขยายตัวอย่างไอเซนโทรปิก

$$w_{Turbine,\ out} = h_3 - h_4 \qquad (2.7)$$

โดย $w_{Turbine,out}$ = กำลังที่ได้จากกังหันไอน้ำ

h_3 = เอนทัลปีของไอน้ำที่เข้าขับกังหันไอน้ำ

h_4 = เอนทัลปีของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำ

ไอน้ำออกมาจากกังหันไอน้ำก็จะถูกทำให้เย็นตัวลง และควบแน่นกลายเป็นน้ำอิ่มตัว (กระบวนการที่ 4 ไป 1)

4 ไป 1 การถ่ายเทความร้อนออกจากระบบที่ความดันคงที่

$$q_{out} = h_4 - h_1 \quad (2.8)$$

โดย q_{out} = ความร้อนที่ระบายออกจากเครื่องควบแน่น

h_4 = เอนทัลปีของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำ

h_1 = เอนทัลปีของน้ำจากการควบแน่นของไอน้ำ

น้ำอิ่มตัวนี้ก็จะถูกปั๊ม ทำให้เกิดการอัดตัวแบบแอเดียแบติกที่ย้อนกลับได้ กลายเป็นน้ำอัดตัวความดันสูงก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ (กระบวนการที่ 1 ไป 2)

1 ไป 2 การอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก

$$w_{pump,\,in} = h_2 - h_1 \quad (2.9)$$

โดย q_{in} = ความร้อนที่ได้จากหม้อไอน้ำ

h_3 = เอนทัลปีของน้ำที่ป้อนหม้อไอน้ำ

h_2 = เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนทางทฤษฎีของวัฏจักรแรงคิน หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$X = \frac{w}{q} \quad (2.10)$$

$$W_{net} = w_{turbine} - w_{pump} \quad (2.11)$$

$$\eta_{th,Rankine} = \frac{(h_3-h_4)-(h_2-h_1)}{(h_3-h_2)} \quad (2.12)$$

2.5 การคำนวณประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า และอุปกรณ์

ปริยานุช ตันสกุล [3] ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพ และสมรรถนะการดำเนินงานปัจจุบันของโรงไฟฟ้าชีวมวล และศึกษาโอกาสในการประหยัดพลังงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งสามารถสรุปวิธีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องจักรได้ดังนี้

2.5.1 ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานความร้อนของไอน้ำกับพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำ คำนวณหาจากสมการ

$$\eta_B = \frac{m_s \times (h_2 - h_1)}{m_f \times LHV} \quad (2.13)$$

โดยที่ m_s = อัตราการผลิตไอน้ำที่ได้จากหม้อน้ำ, kg/s

m_f = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา, kg/s

h_1 = เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อน้ำผลิตออกมา, kJ/kg

h_2 = เอนทัลปีของน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ, kJ/kg

2.5.2 ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)

ประสิทธิภาพของกังหันในช่วงแรก และช่วงที่สองจะไม่เท่ากันซึ่งกำหนดเป็น η_{t1} และ η_{t2} โดยที่ η_{t1} เป็นประสิทธิภาพของกังหันจากทางเข้ากังหันจนถึงตำแหน่งระบายออก (Extraction) ส่วน η_{t2} เป็นประสิทธิภาพของกังหันจากตำแหน่งที่ไอน้ำระบายออก (Extraction) จนถึงไอน้ำที่ไหลออกไปยังเครื่องควบแน่น คำนวณหาประสิทธิภาพ 2 อย่างนี้จากสมการ

$$\eta_{t1} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \qquad (2.14)$$

$$\eta_{t2} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3s}} \qquad (2.15)$$

โดยที่ h_1 = เอนทัลปีของไอน้ำที่ไหลเข้ากังหัน, kJ/kg

h_2 = เอนทัลปีของไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหัน (Extraction), kJ/kg

h_3 = เอนทัลปีของไอน้ำที่ไหลออกจากตัวกังหัน, kJ/kg

h_{2S}= เอนทัลปีของไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหัน (Extraction) กรณีการไหลเป็นแบบไอเซนโทรปิค, kJ/kg

h_{3S}= เอนทัลปีของไอน้ำขาออกจากกังหัน กรณีไอเซนโทรปิค, kJ/kg

2.5.3 ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพโดยรวมนี้ (η) จากสมการ

$$\eta = \frac{P_e}{m_f \times LHV} \qquad (2.16)$$

โดยที่ P_e = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้, kW

m_f = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา, kg/s

LHV = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง, kJ/kg

2.6 แหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการประมวลผลข้อมูล

จิรสิน กิตานุวัฒน์ [6] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และจัดการข้อมูลเพื่อความสำเร็จของกิจการ ได้ให้ความสำคัญกับข้อมูลขนาดใหญ่ เนื่องจากว่าข้อมูลขนาดใหญ่สามารถที่จะใช้ประโยชน์ให้กับธุรกิจได้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

จิรสิน กิตานุวัฒน์ [6] ได้กล่าวไว้ว่า ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) คือข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และความซับซ้อนของข้อมูลมาก อาจได้มาจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งรวมกันจนมีขนาดใหญ่ หรืออาจมาจากแหล่งข้อมูลเดียวกันในปริมาณมาก แต่เมื่อข้อมูลเหล่านี้รวมตัวในปริมาณที่มาก สามารถแสดงให้เห็นถึงแง่มุมต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมีคุณค่าทั้งทางด้านธุรกิจ ด้านบริหาร หรือแม้กระทั้งด้านการศึกษา และแนวโน้มในอนาคตของข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นหลายเท่าตัว ธุรกิจให้ความสำคัญข้อมูลจากระบบบันทึกการเปลี่ยนแปลง (Logs หรือ Transaction Logs) ของระบบงานต่างๆ รวมถึงข้อมูลจากเครื่องมือวัด (Sensor) ต่างๆ ซึ่งมีลักษณะสำคัญคือ เกิดได้ตลอดเวลาที่ระบบทำงาน และสามารถบ่งชี้สถานะในแง่ปริมาณและคุณภาพของการทำงานในระบบได้ ผู้ประกอบการจะสามารถ หาประโยชน์หรือคุณค่าที่ซ่อนอยู่ ด้วยวิธีการประมวลผลข้อมูลกลุ่มนี้ได้อย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ เพื่อรับรู้สถานการณ์ ป้องกันปัญหา แก้ปัญหาให้ทันท่วงที นอกจากจะหวังผลคุณค่าข้อมูลที่ซ่อนอยู่แล้ว การประมวลผลต้องมีความรวดเร็วตั้งแต่ระดับวันต่อวัน ชั่วโมงต่อชั่วโมง หรือวินาทีต่อวินาทีเลยทีเดียว

จิรสิน กิตานุวัฒน์ [6] ได้ทำการสรุปผลการวิเคราะห์ทางข้อมูลเกี่ยวกับความสำเร็จของกิจการ ดังนี้

1. ด้านข้อมูลสารสนเทศ (Information) พบว่าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อความสำเร็จด้านข้อมูลสารสนเทศอยู่ในระดับมาก โดยได้รับประโยชน์จากการนำข้อมูลมาประกอบการวางแผนงานของกิจการเป็นอันดับหนึ่งอยู่ในระดับมาก

2. ด้านคุณภาพ (Quality) พบว่าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อความสำเร็จด้านคุณภาพอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญต่อความสามารถในการผลิตสินค้าหรือบริการที่เป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานการผลิตเป็นอันดับหนึ่งอยู่ในระดับมาก

3. ด้านการตลาด (Marketing) พบว่าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อความสำเร็จด้านการตลาดอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญต่อการเจริญเติบโตสามารถขยายธุรกิจเป็นอันดับหนึ่งอยู่ในระดับมาก

4. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) พบว่าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญต่อความสำเร็จด้านประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพผลผลิตเทียบกับจำนวนผลผลิตที่ต้องการเป็นไปตามเป้าหมายของกิจการเป็นอันดับหนึ่งอยู่ในระดับมาก

Prabhas Hundia, Rouzbeh Shahsavari.[7] ให้ความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการผลิต ซึ่งในงานวิจัยได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน เป็นตัวอย่างที่สำคัญของระบบเทอร์โมไดนามิกส์ที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าเต็มรูปแบบกล่าวคือกำลังไฟฟ้าสูงสุดขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง เช่น สภาพอากาศ ความดันสุญญากาศ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ฯลฯ ซึ่งทำให้เป็นที่นิยมเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางฟิสิกส์ที่แม่นยำ อย่างไรก็ตามการประมาณกำลังไฟฟ้าเต็มกำลังการผลิตอย่างถูกต้องนั้น เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงาน และการดำเนินงานทางเศรษฐกิจ เครื่องมือประเมินกำลังไฟฟ้าที่เชื่อถือได้ สามารถช่วยในการประหยัดพลังงานและเพิ่มรายได้สูงสุด จากเมกะวัตต์ชั่วโมงที่มีอยู่ (MWh) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของโรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออยู่ภายใต้ข้อจำกัดในการประหยัดวัสดุบริสุทธิ์ เช่น ก๊าซ และความสามารถในการผลิตสูง ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อโรงไฟฟ้า ต่อโรงงานและความรับผิดตามสัญญาอย่างรวดเร็ว คือการหยุดทำงานโดยไม่คาดคิด เนื่องจากความสามารถในการออกแบบของโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมา การหยุดทำงานจึงกลายเป็นประเด็นสำคัญมากขึ้นทุกวันนี้ แม้จะมีโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก 560 เมกะวัตต์ชั่วโมง การหยุดทำงานโดยไม่ได้วางแผนไว้ ก็อาจนำไปสู่การสูญเสียจำนวนมากถึง 11,000 ดอลลาร์ต่อชั่วโมง ในขณะเดียวกันเครื่องมือวัด (Sensor) ที่ทำงานผิดพลาดไม่เพียงก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อเศรษฐกิจของโรงงานเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความปลอดภัยด้วย ดังนั้นการประมาณประสิทธิภาพและการตรวจสอบเครื่องจักรจึงเป็นภารกิจสำคัญสองประการในการดำเนินงานของโรงไฟฟ้า

นที ทองอุ่น และประเสริฐ สินนอย [8] ได้ทำการวิจัยวิธีการควบคุมเครื่องมือวัดผ่านคอมพิวเตอร์ (PC) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการทดสอบ ต้องใช้เครื่องมือวัดหลายๆ ประเภทพร้อมกันในหลายสภาวะการทดสอบ และโปรแกรมที่ได้รับความนิยมนำมาใช้งาน เพื่อควบคุมเครื่องมือวัดก็มีหลายโปรแกรม เช่น โปรแกรมภาษาซี โปรแกรม LabVIEW และ โปรแกรม MATLAB สำหรับโปรแกรม MATLAB เป็นโปรแกรมคำนวณทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนด้านวิศวกรรม โปรแกรม MATLAB ยังมีกล่องเครื่องมือ (Toolbox) ให้เลือกใช้ตามความต้องการในงานแต่ละประเภท เช่น Control System, Signal Processing, Image Processing เป็นต้น ส่วนงานด้านวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด โปรแกรม MATLAB ได้ออกแบบกล่องเครื่องมือสำหรับใช้ควบคุมเครื่องมือวัด มีชื่อว่า Instrument Control Toolbox รองรับการใช้งานรวมกับการเชื่อมโยงแบบ GPIB, Serial, TCP/IP UDP และ VISA Standard ดังนั้นในการทำวิจัยสามารถที่จะเลือกใช้โปรแกรม MATLAB มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ เช่น ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency) และประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) รวมถึงลดต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า พิเชษฐ์ สิทธิโชคสกุลชัย [10] กล่าวว่าลีน (LEAN) มีวัตถุประสงค์ที่จะพยายามขจัดความสูญเปล่า ปรับการทำงานให้เป็นแบบอัตโนมัติ ลดเวลาในการรอคอยข้อมูล การวิจัยนี้จึงนำข้อมูลจากระบบกระบวนการผลิตซึ่งมีขนาดใหญ่ (Big Data) และใช้โปรแกรม MATLAB สำหรับการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลแบบทันทีทันใด เพื่อให้สามารถควบคุมประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง สามารถดำเนินการปรับปรุงการผลิตได้ทันที และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโรงไฟฟ้าได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและติดตามอัตโนมัติ และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาข้อมูล และกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยทำการสืบค้นหนังสือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ศึกษากระบวนการผลิตไฟฟ้าจากคู่มือปฏิบัติงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล ศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการ

3.1.2 ศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล

1. ศึกษาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
2. ศึกษาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)
3. ศึกษาประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)
4. ศึกษาประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency)

รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยทำการสืบค้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรืองานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.1.3 เก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า เช่น เวลาในการเดินเครื่อง เวลาในการหยุดเดินเครื่องฉุกเฉิน ในส่วนของกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ แรงดัน อัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไป การใช้วัตถุดิบที่เพิ่มมากขึ้นต้นทุนของการผลิตไฟฟ้า และรายรับของโรงไฟฟ้า การเกิดการสูญเสียภายในกระบวนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น การทำงานโดยใช้พนักงานในการควบคุมกระบวนการผลิต เป็นต้น ซึ่งจะเก็บข้อมูลจากการทำงานจริง บันทึกในเอกสารตรวจสอบ (Check Sheet) ซึ่งข้อมูลการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดจะสามารถดาวน์โหลดได้จากระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) เพื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3.1.4 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล โดยค้นคว้าหาบทความหรืองานวิจัยในอดีตมาใช้ประกอบการแก้ปัญหา เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพของ

โรงไฟฟ้า การจัดการโดยใช้ทฤษฎีของลีน (Lean) การจัดการระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ การปรับปรุงระบบให้เป็นปัญญาประดิษฐ์ (Machine Learning) การวิเคราะห์ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เป็นต้น โดยจะทำการค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ต บทความ ห้องสมุด

3.1.5 ติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) เพื่อเชื่อมต่อกับระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) และโปรแกรมประมวลผลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะทำการจัดจ้างผู้ขายเข้ามาดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ และทดสอบระบบให้สามารถใช้งานได้

3.1.6 ทำการเขียนโปรแกรมประมวลผลเพื่อทำการคำนวนข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมการผลิตแบบทันทีทันใด เพื่อให้พนักงานหรือผู้บริหารสามารถทราบข้อมูลได้โดยทันที โดยจะทำการจัดหาโปรแกรมที่เหมาะสม และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลข้อมูล ซึ่งการจัดทำระบบการจัดการการผลิตไฟฟ้าจะปรับปรุงให้มีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นแบบทันทีทันใด โดยสามารถตรวจสอบ (Monitoring) การผลิตไฟฟ้าได้ทันที ระบบจะเชื่อมโยงข้อมูลจากการผลิตเข้ากับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) ซึ่งเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อข้อมูลอย่างปลอดภัยต่อกับโปรแกรมประมวลผล เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังต่อไป

1. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
2. ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)
3. ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)
4. ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency)
5. อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า

3.1.7 ทดสอบการใช้งานของโปรแกรมประมวลผล และวัดประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าปัจจุบันของระบบการผลิต โดยการทดลองใช้งานระบบ ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลของการผลิตไฟฟ้าเพื่อเลือกประสิทธิภาพมาปรับปรุง ตรวจสอบกระบวนการโดยหลักการแผนภูมิควบคุม (Control Chart) และทำการประมวลผลออกมาเป็นประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

3.1.8 วิเคราะห์ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าของระบบการผลิตเพื่อหาตัวแปรที่จะทำการปรับปรุงแก้ไข โดยศึกษาตัวแปรควบคุมที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า และหาจุดที่เหมาะสมสำหรับค่าตัวแปรควบคุมนั้น ซึ่งวิเคราะห์ปัญหาโดยการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) จัดตั้งทีมงานที่เกี่ยวข้องขึ้นมา เพื่อทำการระดมสมอง (Brain Storming) ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ และทำการหาตัวแปรควบคุมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว หรือที่มีผลกับประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า และหาค่าที่เหมาะสม

3.1.9 ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าของตัวแปรนั้น โดยทำการแก้ไขหรือปรับปรุงตัวแปรควบคุมของกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า และทำการบันทึกผลการทดลอง

3.1.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากข้อมูลก่อนการปรับปรุงกับข้อมูลหลังการปรับปรุงในรูปแบบของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

3.1.11 สรุปผลการดำเนินงาน และจัดทำรายงานผลการดำเนินงาน

บทที่ 4
ผลที่ได้จากการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดของผลการวิจัย จะแสดงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจริงของประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เป็นต้น โดยการใช้โปรแกรมประมวลผล เพื่อทำการแสดงผลการวิเคราะห์แบบทันทีทันใด จากนั้นทำการหาตัวแปรที่ทำให้ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าต่ำ และแสดงการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูล และกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ซึ่งทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์
2. วัฏจักรแรงคิน

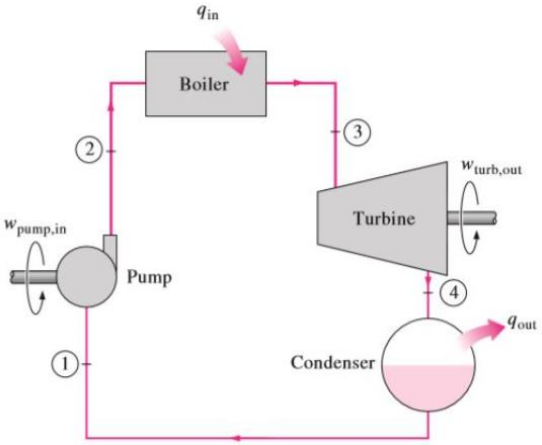
เทอร์โมไดนามิกส์ (Themodynamics) หมายถึง การเคลื่อนที่ของความร้อน ความสัมพันธ์ของความร้อน (Heat) และงาน (Work) รวมถึงคุณสมบัติต่างๆ ของสสารโดยการนำเอาการเปลี่ยนแปลงของสาร เช่น การเก็บสะสมพลังงาน การขยายตัว การถ่ายเทพลังงานของสสารมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการทำงานของเครื่องจักรกลความร้อนต่างๆ ภายในโรงไฟฟ้า เช่น หม้อไอน้ำ กังหันไอน้ำ เครื่องควบแน่นไอน้ำ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอื่นๆ ซึ่งใช้หลักการของเทอร์โมไดนามิกส์ในการพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องจักรในส่วนของวัฏจักรแรงคินนั้นเป็นทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์การทำงานของโรงจักรไอน้ำในอุดมคติ (Ideal Cycle) ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพด้านพลังงานของโรงไฟฟ้า โดยแต่ละหัวข้อเนื้อหาทางทฤษฎี ดังนี้

1. กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์

กฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความร้อน (Heat) และกำลังงาน (Work) ซึ่งนิยามของกฎข้อที่ 1 มีอยู่ว่า ในระบบปิดใดๆ ก็ตามที่มีการทำงานครบวัฏจักร (Thermodynamic Cycle) นั้นผลรวมทางพีชคณิตของกำลังงานจะเท่ากับผลรวมทางพีชคณิตของอัตราความร้อน

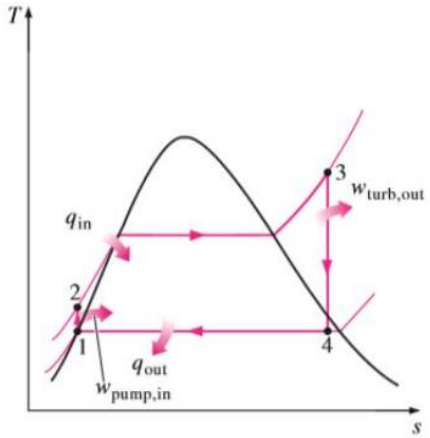
2. วัฏจักรแรงคิน

วัฏจักรแรงคินนั้นเป็นวัฏจักรไอน้ำทางทฤษฎี (Ideal Cycle) ซึ่งเป็นต้นแบบของโรงจักรไอน้ำพลังความร้อนในปัจจุบัน สำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของโรงจักรไอน้ำจะใช้วัฏจักรแรงคินเป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4.1 วัฏจักรแรงคิน

การทำงานของวัฏจักรแรงคิน เริ่มต้นจากน้ำที่มาจากเครื่องควบแน่นซึ่งมีความดันและอุณหภูมิต่ำ (สภาวะที่ 1) ซึ่งจะต้องถูกปั๊มให้มีความดันสูงพอที่จะส่งเข้าหม้อไอน้ำ (สภาวะที่ 2) จากนั้นน้ำจะรับความร้อนและเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ (สภาวะที่ 3) ซึ่งไอน้ำนี้นำไปใช้ขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกำลังงาน เมื่อไอน้ำออกจากกังหันไอน้ำจะมีสถานะเป็นไอน้ำเปียกและมีความชื้น (สภาวะที่ 4) มีความดันและอุณภูมิต่ำ ไอน้ำเปียกนี้ต้องการคายความร้อนออกเพื่อให้ตัวเองควบแน่นกลับมาเป็นน้ำอีกครั้ง



ภาพที่ 4.2 ไดอะแกรมอุณหภูมิ – เอนโทรปีของวัฏจักรแรงคิน

กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล

โรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา ใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพาราสับเป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า มีกำลังการผลิตที่ 9.9 MW ส่งออกเพื่อขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 9.0 MW และใช้ภายในโรงไฟฟ้า 0.9 MW ซึ่งแผนผังกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล แสดงดังภาพที่ 4.3 โดยมีขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ดังนี้

1. โรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาใช้เชื้อเพลิงไม้ยางพาราสับเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งรับซื้อมาจากผู้ขายภายนอก และนำเชื้อเพลิงมาเก็บในโกดังเก็บเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล

2. เชื้อเพลิงไม้สับจะถูกป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้ผ่านสายพานลำเลียง เตาเผาไหม้ (Combustion) มี 5 โซน โดยโซนที่ 1-2 เป็นโซนไล่ความชื้นให้กับเชื้อเพลิง โซนที่ 3-4 คือโซนเผาไหม้เชื้อเพลิง และโซนที่ 5 คือโซนเถ้า ในการเผาไหม้จะมีพัดลมที่ใช้ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งนำอากาศจากภายนอกเข้าผ่าน Air Pre-Heater เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และเข้าไปยังพัดลมต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 4.4 สามารถอธิบายการทำงานของพัดลมได้ดังนี้

- Primary Air Fan I ป้อนเข้าสู่เตาเผาเพื่อใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง
- Primary Air Fan II ซึ่งต่อกับ Steam Air Pre-heater เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับลมร้อน ซึ่งจะป้อนเข้าไปสู่เตาเผาไหม้ในโซนที่ 1 และโซนที่ 2 เพื่อไล่ความชื้นออกจากเชื้อเพลิง
- Recirculation Gas Fan เป็นพัดลมที่นำลมร้อนที่ผ่านการเผาไหม้แล้วจากเตาเผาวนกลับมาเข้าสู่เตาเผาใหม่ เพื่อลดการสูญเสียความร้อน
- Secondary Air Fan เป็นพัดลมที่นำลมร้อนจาก Air Pre-Heater เข้ารวมกับลมร้อนที่มาจาก Recirculation Gas Fan เพื่อเพิ่มออกซิเจน
- ID Fan เป็นพัดลมที่ระบายลมร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไปยังปากปล่องระบายสู่ภายนอก

เมื่อไม้สับถูกเผาไหม้ พลังงานความร้อนที่ได้จะถูกนำไปต้มน้ำในหม้อต้มไอน้ำให้เดือด กลายเป็นไอน้ำที่ร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam) และความดันสูงภายในหม้อไอน้ำ (Boiler)

3. หม้อต้มไอน้ำ (Boiler) จะใช้น้ำบริสุทธิ์ (Electro Deionization Water, EDI) จากระบบการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เข้าไปยัง Deaerator Tank เพื่อกำจัดออกซิเจน และเพิ่มความร้อนให้กับน้ำป้อน (Feed Water) จากนั้นใช้ปั๊มน้ำป้อน (Feed Water Pump) ป้อนน้ำเข้าสู่ Economizer เพื่อทำการอุ่นน้ำ และเข้าสู่ Steam Drum ซึ่งจะมีน้ำที่เป็นสถานะน้ำ และไอน้ำ โดยไอน้ำจะเข้าสู่ท่อ LT Superheat, MT Superheat และ HT Superheat เพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam) แสดงได้ดังภาพที่ 4.5

4. ไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่ได้นี้จะถูกส่งไปตามท่อส่งไอน้ำไปยังเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) กังหันไอน้ำจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานกล โดยไอน้ำจะถูกฉีดเข้า

ไปยังกังหันไอน้ำ เพื่อทำให้กังหันไอน้ำหมุนรอบตัวเอง การหมุนของกังหันไอน้ำนี้จะมีการควบคุมความเร็วรอบด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก งานที่ได้จากการหมุนของกังหันไอน้ำจะส่งกำลังต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แสดงได้ดังภาพที่ 4.6

5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้ส่วนหนึ่งใช้เองภายในโรงไฟฟ้าชีวมวล 0.9 MW อีกส่วนหนึ่งจำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 9.0 MW

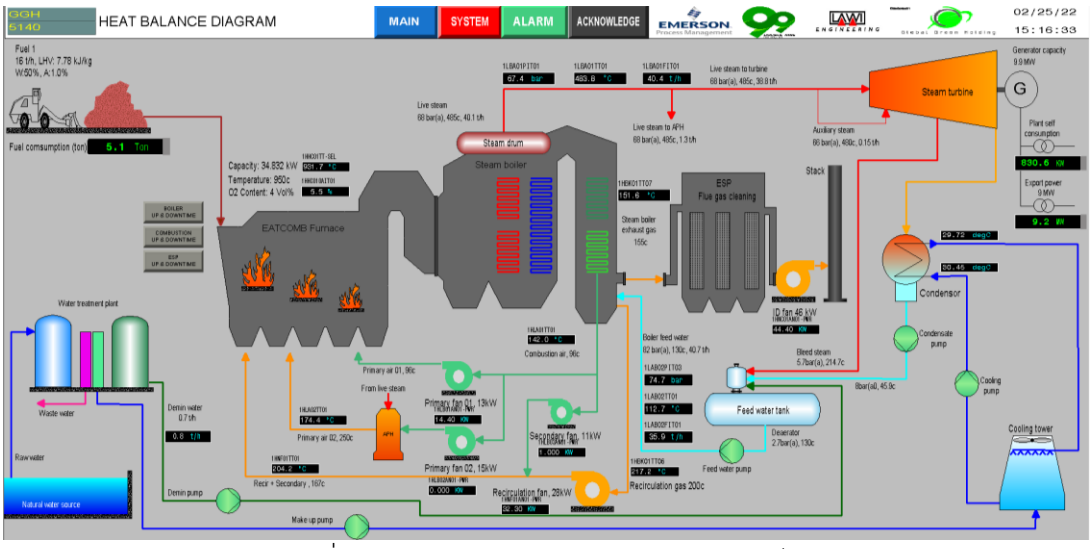
6. ส่วนไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำจนอุณหภูมิและแรงดันลดลงแล้ว จะถูกทำให้เย็นลงด้วยกระบวนการควบแน่น (Condenser) จะกลายเป็นน้ำ ซึ่งน้ำที่ได้นี้เป็นน้ำสะอาด ดังภาพที่ 4.6 ก็จะถูกส่งไปยังหม้อไอน้ำต่อไป เพื่อนำไปต้มใหม่และกลายเป็นไอน้ำ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) ที่ใช้จากการควบแน่นและมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากได้รับการถ่ายเทความร้อนจากเครื่องควบแน่น ก็จะถูกนำมาทำให้เย็นลงภายในหอหล่อเย็น (Cooling Tower) เมื่ออุณหภูมิเย็นลงก็จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่อีก แสดงได้ดังภาพที่ 4.7

7. ลมร้อนที่ปล่อยออกจากปล่องควันจะถูกดูดด้วยพัดลมดูด (ID Fan) ผ่านระบบกำจัดฝุ่นละเอียดจากระบบดักจับฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators, ESP) ซึ่งเป็นการดักจับฝุ่นละเอียดโดยใช้ประจุไฟฟ้าก่อนออกไปยังปล่องควัน และลมร้อนอีกส่วนก็เข้าสู่ระบบกำจัดฝุ่นแบบไซโคลน (Muti Cyclone) เพื่อแยกอนุภาคออกจากอากาศโดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสอากาศหมุนวน โดยมี Recirculation Gas Fan นำลมร้อมกลับไปยังเตาเผาไหม้อีกครั้ง เพื่อลดการสูญเสียความร้อน ดังภาพที่ 4.4

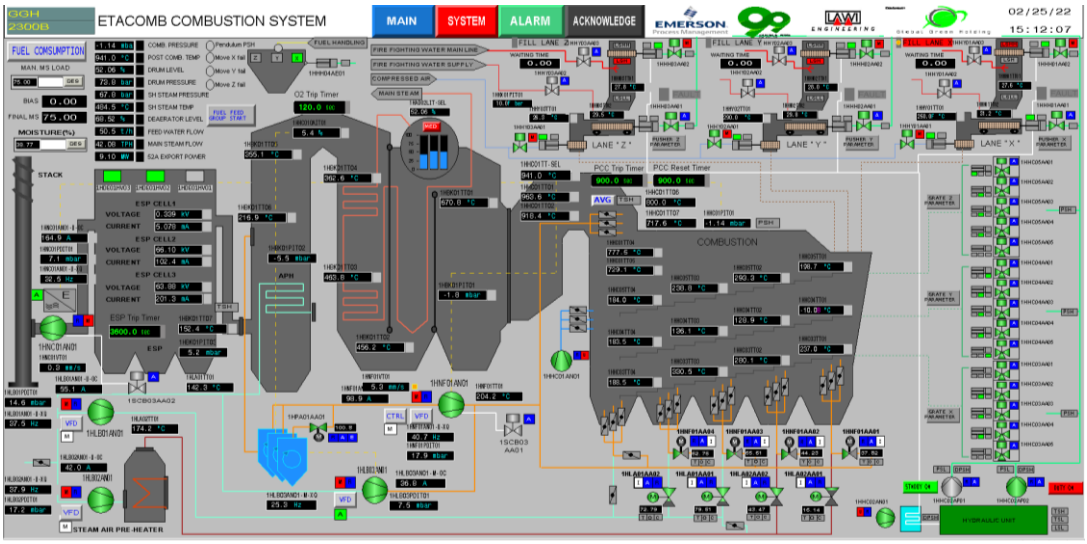
8. ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกลำเลียงด้วยระบบลำเลียงขี้เถ้า เพื่อฝังกลบภายในโรงไฟฟ้าต่อไป

อุปกรณ์หลักของโรงไฟฟ้า

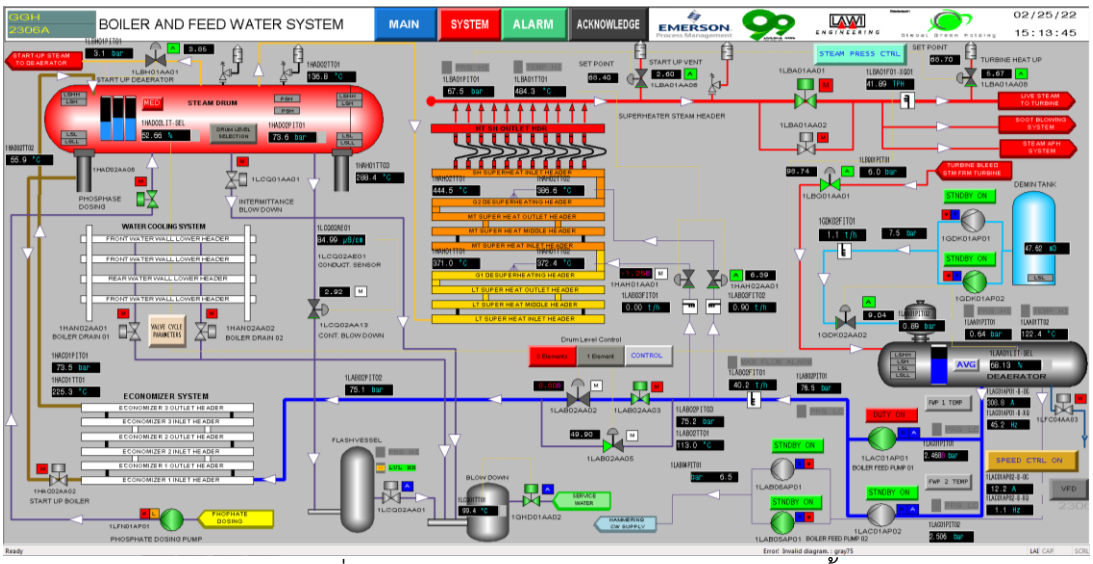
1. ระบบลำเลียงเชื้อเพลิง (Fuel Handling)
2. หม้อไอน้ำ (Boiler)
3. เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)
4. เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator)
5. เครื่องควบแน่น (Condenser)
6. ระบบกำจัดฝุ่น (Dust Disposal)
7. ระบบลำเลียงขี้เถ้า (Ash Handling System)
8. หอหล่อเย็น (Cooling tower)
9. ระบบควบคุมด้านระบบไฟฟ้า (Electrical System)
10. ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water treatment system)



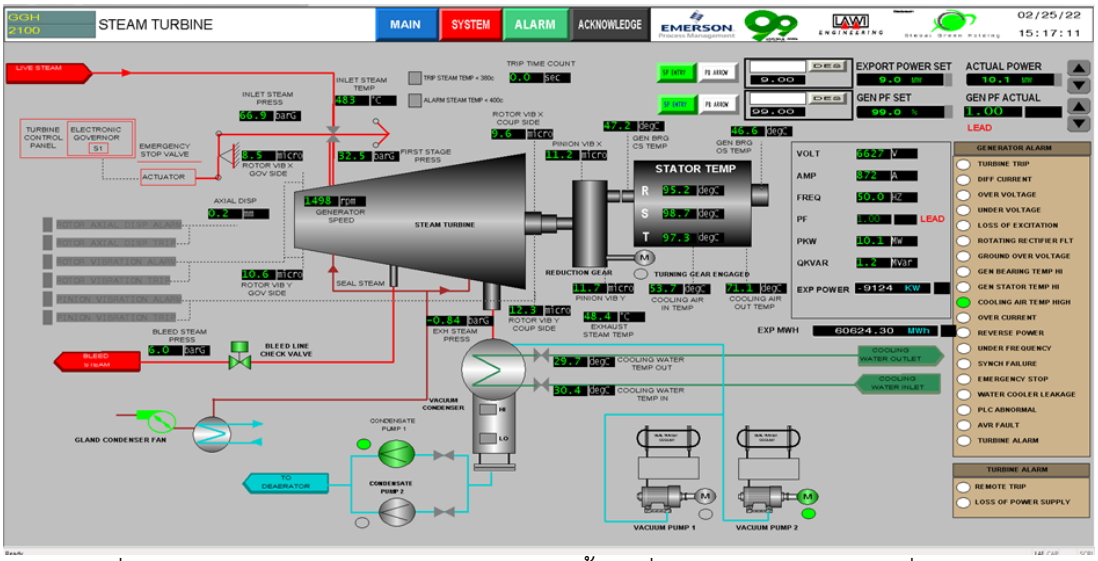
ภาพที่ 4.3 แผนผังของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า



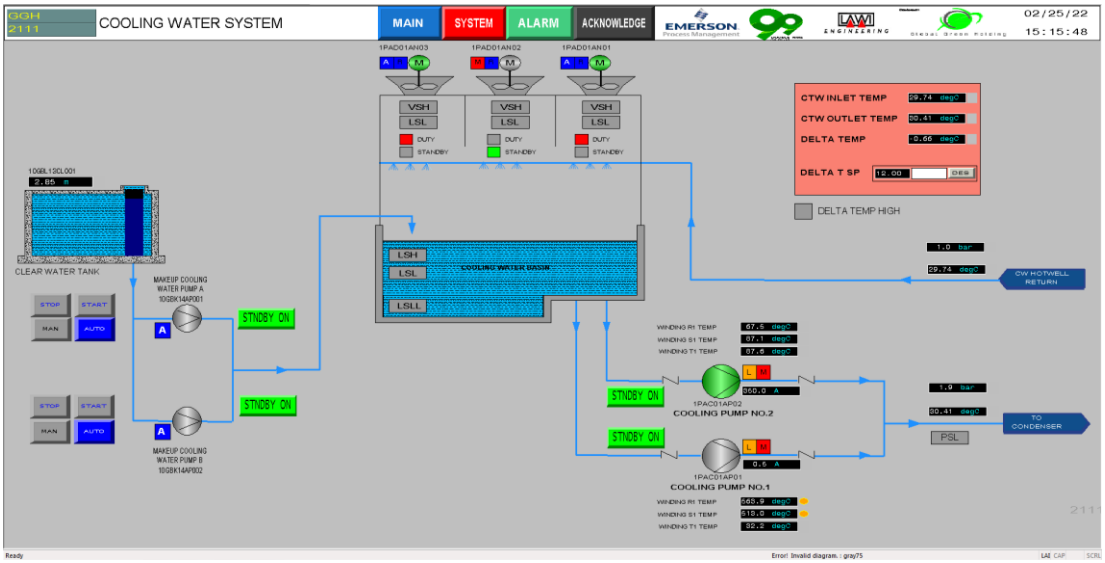
ภาพที่ 4.4 หน้าจอแสดงผลการควบคุมการเผาไหม้



ภาพที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลการควบคุมหม้อต้มไอน้ำ



ภาพที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลการควบคุมกังหันไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเครื่องควบแน่น



ภาพที่ 4.7 หน้าจอแสดงผลการควบคุมหอหล่อเย็น

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล

จากการศึกษาวัฏจักรแรงคิน สามารถสรุปการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ ดังนี้

1. การคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)

$$\eta_B = \frac{[m_s \times (h_4-h_3)] + [\, m_s x\, (h_2-h_1)] \times (m_s xL)}{m_f \times LHV} \qquad (4.1)$$

โดยที่ m_s = อัตราการผลิตไอน้ำที่ได้จากหม้อน้ำ, kg/s

m_f = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา, kg/s

h_1 = เอนทัลปีของน้ำที่ป้อนเข้าสู่หม้อน้ำ, kJ/kg

h_2 = เอนทัลปีของน้ำที่หม้อน้ำ สถานะน้ำ, kJ/kg

h_3 = เอนทัลปีของน้ำที่หม้อน้ำ สถานะไอน้ำ, kJ/kg

h_4 = เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อน้ำผลิตออกมา, kJ/kg

L = ความร้อนแฝงของไอน้ำ, kJ/kg

2. การคำนวณประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)

ประสิทธิภาพของกังหันในช่วงแรก และช่วงที่สองเป็น η_{t1} และ η_{t2} โดยที่ η_{t1}

เป็นประสิทธิภาพของกังหันจากทางเข้ากังหันจนถึงตำแหน่งระบายออก (Extraction) ส่วน η_{t2} เป็นประสิทธิภาพของกังหันจากตำแหน่งที่ไอน้ำระบายออก (Extraction) จนถึงไอน้ำที่ไหลออกไปยังเครื่องควบแน่น

$$\eta_{t1} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \quad (4.2)$$

$$\eta_{t2} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3s}} \quad (4.3)$$

โดยที่ h_1 = เอนทัลปี ของไอน้ำที่ไหลเข้ากังหัน, kJ/kg

h_2 = เอนทัลปี ของไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหัน (Extraction), kJ/kg

h_3 = เอนทัลปี ของไอน้ำที่ไหลออกจากตัวกังหัน, kJ/kg

h_{2S} = เอนทัลปี ของไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหัน (Extraction) กรณีการไหลเป็นแบบไอเซนโทรปิค, kJ/kg

h_{3S} = เอนทัลปี ของไอน้ำที่ตำแหน่งขาออกจากกังหัน กรณีไอเซนโทรปิค, kJ/kg

4. การคำนวณหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

คือตัวชี้วัดประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการทำงานของเครื่องจักร คำนวณดังนี้

OEE (%) = Availability (%) x Performance (%) x Quality Rate (%) (4.4)

4.1 อัตราการเดินเครื่อง (Availability) คือ การแสดงความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time) โดย

อัตราการเดินเครื่อง = เวลาเดินเครื่อง / เวลารับภาระงาน (4.5)

โดยที่ เวลาเดินเครื่อง = เวลาที่ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมง)

เวลารับภาระงาน = เวลาที่รับภาระในการผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมง)

4.2 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) คือ การแสดงสมรรถนะเครื่องจักรในการทำงานเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = เวลาเดินเครื่องสุทธิ / เวลาเดินเครื่อง (4.6)

โดยที่ เวลาเดินเครื่องสุทธิ = เวลาที่โรงไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้เต็มกำลังการผลิต (ชั่วโมง)

เวลาเดินเครื่อง = เวลาที่ผลิตไฟฟ้า (ชั่วโมง)

4.3 อัตราคุณภาพ (Quality Rate) คือ การแสดงความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

อัตราคุณภาพ = (จำนวนหน่วยที่ขายได้ – จำนวนหน่วยที่สูญเสีย) / จำนวนหน่วยที่ขายได้ (4.7)

โดยที่ จำนวนหน่วยที่ขายได้ = จำนวนหน่วยผลิตไฟฟ้าที่ขายได้ (kWh)

จำนวนหน่วยที่สูญเสีย = จำนวนหน่วยผลิตไฟฟ้าที่ขายไม่ได้เต็มกำลังการผลิต (kWh)

5. อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า

Gross Heat Rate = (อัตราการป้อนเชื้อเพลิง x ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง) / หน่วยผลิตไฟฟ้า (4.8)

โดยที่ อัตราการป้อนเชื้อเพลิง = ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง (ตัน/ชั่วโมง)

ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

หน่วยผลิตไฟฟ้า = หน่วยผลิตกระแสไฟฟ้า (kWh)

4.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการเดินเครื่องจริงจากโรงไฟฟ้ากรณีศึกษา เช่น การเดินเครื่องของเตาเผาไหม้ การเดินเครื่องของหม้อต้มไอน้ำ การเดินเครื่องของกังหันไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งการเก็บข้อมูลจะเป็นการบันทึกค่าจากระบบควบคุมกระบวนการผลิต (Distributed Control System, DCS) ของโรงไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดต่างๆที่แสดงบริเวณหน้าจอควบคุมกระบวนการผลิต (Distributed Control System, DCS) ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลแสดงในตารางข้างล่างต่อไปนี้ รวมทั้งตัวอย่างประสิทธิภาพที่คำนวณได้

4.3.1 การคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

ข้อมูล	อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา (ton/month)	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	อุณหภูมิน้ำป้อน (°C)	อุณหภูมิน้ำในหม้อต้มไอน้ำ (°C)	อัตราการผลิตไอน้ำที่ได้จากหม้อน้ำ (ton/hr)	อุณหภูมิไอน้ำออก (°C)	ความดันไอน้ำออก (barG)	ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (%)
มกราคม	14,280.20	8,669.23	126.03	285.95	42.30	475.50	66.55	68.89
กุมภาพันธ์	12,542.38	9,036.81	124.15	285.35	41.40	484.65	64.20	69.52
มีนาคม	12,632.17	9,482.21	123.57	281.37	42.23	419.03	61.57	68.86
เมษายน	13,178.52	9,462.81	125.13	285.70	41.26	487.30	64.60	68.08
พฤษภาคม	13,821.36	9,085.98	123.38	287.45	42.19	483.70	66.30	70.28
มิถุนายน	13,782.69	8,943.09	127.75	286.45	42.55	484.25	65.25	65.97
กรกฎาคม	11,689.70	9,294.94	125.67	288.47	41.62	487.00	67.80	68.43
สิงหาคม	13,904.01	9,158.20	126.60	287.60	41.51	486.47	66.90	68.93
กันยายน	13,580.73	9,222.73	126.53	285.67	41.23	485.13	67.20	67.26

จากตารางที่ 4.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา (ton/hr) คือ ไม้ยางพาราสับที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาไหม้ โดยระบบการควบคุมการผลิตจะคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงจากค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ผู้ปฏิบัติงานทำการตรวจวัดประจำวัน ซึ่งอ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

2. ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg) ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยผู้ปฏิบัติงานจะทำการวัดค่าความชื้นเพื่อมาคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอ่านค่าได้จากจากหน้าจอแสดงผล

3. อุณหภูมิน้ำป้อน คือ อุณหภูมิของน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อต้มไอน้ำ อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

4. เอนทัลปีของน้ำป้อน (kJ/kg) จากตารางไอน้ำ

5. อุณหภูมิน้ำในหม้อต้มไอน้ำ (°C) คือ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำ อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

6. เอนทัลปีจำเพาะของน้ำอิ่มตัว (kJ/kg) จากตารางไอน้ำ

7. เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัว (kJ/kg) จากตารางไอน้ำ

8. ความร้อนแฝงของไอน้ำ (kJ/kg) จากตารางไอน้ำ

9. อัตราการผลิตไอน้ำที่ได้จากหม้อน้ำ (Ton/hr) คือ มวลไอน้ำที่ผลิตได้จากหม้อไอน้ำต่อชั่วโมง อ่านค่าได้จากหน้าจอแสดงผล

10. อุณหภูมิไอน้ำออก (°C) คือ อุณหภูมิของไอน้ำที่ออกจากหม้อไอน้ำ ซึ่งอยู่ในสถานะไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam) อ่านค่าได้จากหน้าจอแสดงผล

11. ความดันไอน้ำออก (barG) คือ ความดันของไอน้ำที่ออกจากหม้อไอน้ำ ซึ่งอยู่ในสถานะไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam) อ่านค่าได้จากหน้าจอแสดงผล

12. เอนทัลปีของไอน้ำที่หม้อน้ำผลิตออกมา (kJ/kg) จากตารางไอน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเดือนมกราคม

จาก
$$\eta_B = \frac{[m_s \times (h_4-h_3)] + [m_s \times (h_2-h_1)] \times (m_s \times L)}{m_f \times LHV} \qquad (4.9)$$

เปิดตารางไอน้ำ

Superheat steam ที่ แรงดัน 66.55 bar และอุณหภูมิ 475.50 °C ได้ h_4 = 3,354.62 kJ/kg

Saturated water ที่ อุณหภูมิ 285.95 ºC ได้ h_3 = 2,772.41 kJ/kg, h_2 = 1,268.08 kJ/kg,

L = 1,504.33kJ/kg

Saturated water ที่ อุณหภูมิ 126.03 ºC ได้ h_1 = 529.43 kJ/kg

ดังนั้น $\eta_B = \frac{[14,280.20 \times (3,354.62-2,772.41)]+[14,280.20 \times (1,268.08-529.43)]+(14,280.20 \times 1,504.33)}{14,280.20 \times 8,669.23}$

= 68.89 %

ดังนั้น ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำเดือนมกราคม เท่ากับ 68.89 %

4.3.2 การคำนวณประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ

ข้อมูล	มวลไอน้ำเข้า (ton/hr)	อุณหภูมิไอน้ำเข้า (°C)	ความดันไอน้ำเข้า (barG)	อุณหภูมิไอน้ำ Extraction (°C)	ความดันไอน้ำ Extraction (barG)	อุณหภูมิไอน้ำออกจากกังหัน (°C)	ความดันไอน้ำออกจากกังหัน (barG)	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 1 (%)	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 2 (%)
มกราคม	42.30	475.50	66.55	250.00	6.00	49.00	-0.876	65.01	64.65
กุมภาพันธ์	41.40	484.65	64.20	250.00	5.80	49.00	-0.861	68.98	65.40
มีนาคม	42.23	419.03	61.57	250.00	5.95	49.00	-0.861	68.98	64.99
เมษายน	41.26	487.30	64.60	250.00	5.83	49.00	-0.848	69.38	65.49
พฤษภาคม	42.19	483.70	66.30	250.00	5.98	49.00	-0.848	67.34	65.07
มิถุนายน	42.55	484.25	65.25	250.00	6.00	49.00	-0.845	68.23	65.06
กรกฎาคม	41.62	487.00	67.80	250.00	5.93	49.00	-0.874	67.11	64.87
สิงหาคม	41.51	486.47	66.90	250.00	5.90	49.00	-0.859	67.58	65.15
กันยายน	41.23	485.13	67.20	250.00	5.86	49.00	-0.859	67.01	65.26

จากตารางที่ 4.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. มวลไอน้ำเข้า คือ มวลไอน้ำเข้ากังหันไอน้ำต่อชั่วโมง อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

2. อุณหภูมิไอน้ำเข้า คือ อุณหภูมิของไอน้ำที่เข้ากังหันไอน้ำ อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

3. ความดันไอน้ำเข้า คือ ความดันของไอน้ำที่เข้ากังหันไอน้ำ อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

4. อุณหภูมิไอน้ำ Extraction คือ อุณหภูมิของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำแล้วไปเข้าที่ Deaerator อ่านค่าจากเกจวัดอุณหภูมิที่ท่อขาเข้า Deaerator

5. ความดันไอน้ำ Extraction คือ ความดันของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำแล้วไปเข้าที่ Deaerator อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

6. อุณหภูมิไอน้ำออก คือ อุณหภูมิของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น อ่านค่าหน้าจอแสดงผล

7. ความดันไอน้ำออก คือ ความดันของไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น อ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของไอน้ำเดือนมกราคม

จาก $$\eta_{t1} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \quad (4.10)$$

$$\eta_{t2} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3s}} \quad (4.11)$$

เปิดตารางไอน้ำ Superheat steam

ที่แรงดัน 66.55 bar และอุณหภูมิ 475.50 ºC ได้ h_1 = 3,355.61 kJ/kg, S_1 = 6.78 kJ/kgK

ที่แรงดัน 6 bar และอุณหภูมิ 250 ºC ได้ h_2 = 2,957.47 kJ/kg, S_2 = 7.20 kJ/kgK

ที่แรงดัน -0.876 bar และอุณหภูมิ 49 ºC ได้ h_3 = 2,544.62 kJ/kg

ที่เอนโทรปี 6.78 kJ/kgK ได้ h_{2S} = 2,743.20 kJ/kg

ที่เอนโทรปี 7.20 kJ/kgK ได้ h_{3S} = 2,318.93 kJ/kg

ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1

$$\text{จะได้} \quad \eta_{t1} = \frac{3{,}355.61 - 2{,}957.47}{3{,}355.61 - 2{,}743.20} = 65.01\ \%$$

ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2

$$\text{จะได้} \quad \eta_{t2} = \frac{2{,}957.47 - 2{,}544.62}{2{,}957.178 - 2{,}318.93} = 64.65\ \%$$

ดังนั้นประสิทธิภาพกังหันไอน้ำช่วงที่ 1 เท่ากับ 65.01 % และช่วงที่ 2 เท่ากับ 64.65 %

4.3.3 การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency)

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า

ข้อมูล	หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา (ton/month)	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (%)
มกราคม	7,061,210	14,280.20	8,669.23	20.53
กุมภาพันธ์	6,631,090	12,542.38	9,036.81	21.06
มีนาคม	7,194,040	12,632.17	9,482.21	21.62
เมษายน	7,159,350	13,178.52	9,462.81	20.67
พฤษภาคม	7,246,640	13,821.36	9,085.98	20.78
มิถุนายน	6,689,050	13,782.69	8,943.09	19.54
กรกฎาคม	6,215,470	11,689.70	9,294.94	20.59
สิงหาคม	7,404,140	13,904.01	9,158.20	20.93
กันยายน	7,156,140	13,580.73	9,222.73	20.57

จากตารางที่ 4.3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. หน่วยไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าผลิตได้ อ่านได้จากหน้าจอแสดงผล

2. อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา คือ ไม้ยางพาราสับที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาไหม้ โดยระบบการควบคุมการผลิตจะคำนวณจากค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ผู้ปฏิบัติงานทำการตรวจวัดประจำวัน ซึ่งอ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

3. ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg) ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้นของ

เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยผู้ปฏิบัติงานจะทำการวัดค่าความชื้นเพื่อมาคำนวณค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง อ่านค่าได้จากหน้าจอแสดงผล

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าเดือนมกราคม

จาก $$\eta = \frac{P_e}{m_f \times LHV} \quad (4.12)$$

จะได้ $$\eta = \frac{7,061,210}{14,280.20 \times 8,669.23 \times (1000/3600)}$$

$$= 20.53\ \%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าเดือนมกราคม เท่ากับ 20.53%

4.3.4 อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และอัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ข้อมูล	อัตราการป้อนเชื้อเพลิง (ton/month)	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)	หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)	อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
มกราคม	14,280.20	8,669.23	7,061,210	17,532.18
กุมภาพันธ์	12,542.38	9,036.81	6,631,090	17,092.69
มีนาคม	12,632.17	9,482.21	7,194,040	16,650.01
เมษายน	13,178.52	9,462.81	7,159,350	17,418.59
พฤษภาคม	13,821.36	9,085.98	7,246,640	17,326.55
มิถุนายน	13,782.69	8,943.09	6,689,050	18,427.10
กรกฎาคม	11,689.70	9,294.94	6,215,470	17,481.40
สิงหาคม	13,904.01	9,158.20	7,404,140	17,197.90
กันยายน	13,580.73	9,222.73	7,156,140	17,502.65

จากตารางที่ 4.4 สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผา คือ ไม้ยางพาราสับที่ป้อนเข้าสู่เตาเผาไหม้ โดยระบบการควบคุมการผลิตจะคำนวณจากค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ผู้ปฏิบัติงานทำการ

ตรวจวัดประจำวัน ซึ่งอ่านค่าจากหน้าจอแสดงผล

2. ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg) ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามค่าความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยผู้ปฏิบัติงานจะทำการวัดค่าความชื้นเพื่อมาคำนวณค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง อ่านค่าได้จากหน้าจอแสดงผล

3. หน่วยไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าผลิตได้ อ่านได้จากหน้าจอแสดงผล

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเดือนมกราคม

จาก Gross Heat Rate = (อัตราการป้อนเชื้อเพลิง x ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง) / หน่วยผลิตไฟฟ้า (4.13)

= (14,280.20 x 8,669.23 x 1000) / 7,061,210

= 17,532.18 kJ/kWh

ดังนั้น อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเดือนมกราคม เท่ากับ 17,532.18 kJ/kWh

4.3.5 การคำนวณหาประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

คำนวณได้จากสมการ OEE (%) = Availability (%) x Performance (%) x Quality Rate (%)

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเดินเครื่องจริง และประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ข้อมูล	เวลาเดินเครื่อง	เวลารับภาระงาน	อัตราการเดินเครื่อง (Availability, %)	เวลาเดินเครื่องสุทธิ	ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency, %)	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้า (kWh)	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าสูญเสีย (kWh)	อัตราคุณภาพ (Quality Rate, %)	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE, %)
มกราคม	713.69	744.00	95.93	684.79	95.95	6,262,790	145,637.00	97.44	86.68
กุมภาพันธ์	665.86	672.00	99.09	657.11	98.69	5,908,335	72,015.00	98.57	96.39
มีนาคม	722.59	744.00	97.12	718.54	99.44	6,414,544	71,674.00	98.62	95.24
เมษายน	719.43	720.00	99.92	715.18	99.41	6,397,047	77,823.00	98.78	98.12
พฤษภาคม	732.30	744.00	98.43	710.36	97.00	6,459,337	119,315.00	97.97	93.54
มิถุนายน	672.68	676.76	99.40	661.31	98.31	5,960,909	8,547.00	98.44	96.19
กรกฎาคม	626.10	660.05	94.86	615.69	98.34	5,544,545	148,570.00	98.37	91.76
สิงหาคม	742.13	744.00	99.75	739.14	99.60	6,612,381	54,962.00	98.99	98.34
กันยายน	718.03	720.00	99.73	713.43	99.36	6,400,486	55,175.00	99.03	98.13

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เดือนมกราคม

จาก OEE (%) = อัตราการเดินเครื่อง (%) x ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%) x ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (%) (4.14)

อัตราการเดินเครื่อง = เวลาเดินเครื่อง / เวลารับภาระงาน (4.15)

= 713.69 / 744.00

= 95.93 %

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = เวลาเดินเครื่องสุทธิ / เวลาเดินเครื่อง (4.16)

= 684.79 / 713.69

= 95.95 %

อัตราคุณภาพ = (จำนวนหน่วยที่ขายได้ – จำนวนหน่วยที่สูญเสีย) / จำนวนหน่วยที่ขายได้ (4.17)

= (6,262,790.30 - 145,637.00) / 6,262,790.30

= 97.44 %

จะได้ OEE = 92.34 x 95.95 x 97.44

= 86.68 %

ดังนั้น ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ฃเดือนมกราคม เท่ากับ 86.68 %

โดยจากการเก็บข้อมูลของปี 2564 ที่ผ่านมา สามารถสรุปประสิทธิภาพได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวล

ข้อมูล	อัตราการใช้ความร้อนของหน่วยผลิต (kJ/kWh)	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (%)	ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ (%)	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1 (%)	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2 (%)	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (%)
ค่าควบคุม	<14,900	25.00	85.00	68.00	65.00	100.00
มกราคม	17,532.18	20.53	68.89	65.01	64.65	86.68
กุมภาพันธ์	17,092.69	21.06	69.52	68.98	65.40	96.39
มีนาคม	16,650.01	21.62	68.86	68.98	64.99	95.24
เมษายน	17,418.59	20.67	68.08	69.38	65.49	98.12
พฤษภาคม	17,326.55	20.78	70.28	67.34	65.07	93.54
มิถุนายน	18,427.10	19.54	65.97	68.23	65.06	96.19
กรกฎาคม	17,481.40	20.59	68.43	67.11	64.87	91.76
สิงหาคม	17,197.90	20.93	68.93	67.58	65.15	98.34
กันยายน	17,502.65	20.57	67.26	67.01	65.26	98.13

สรุปตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพต่างๆ ของโรงไฟฟ้า ดังนี้

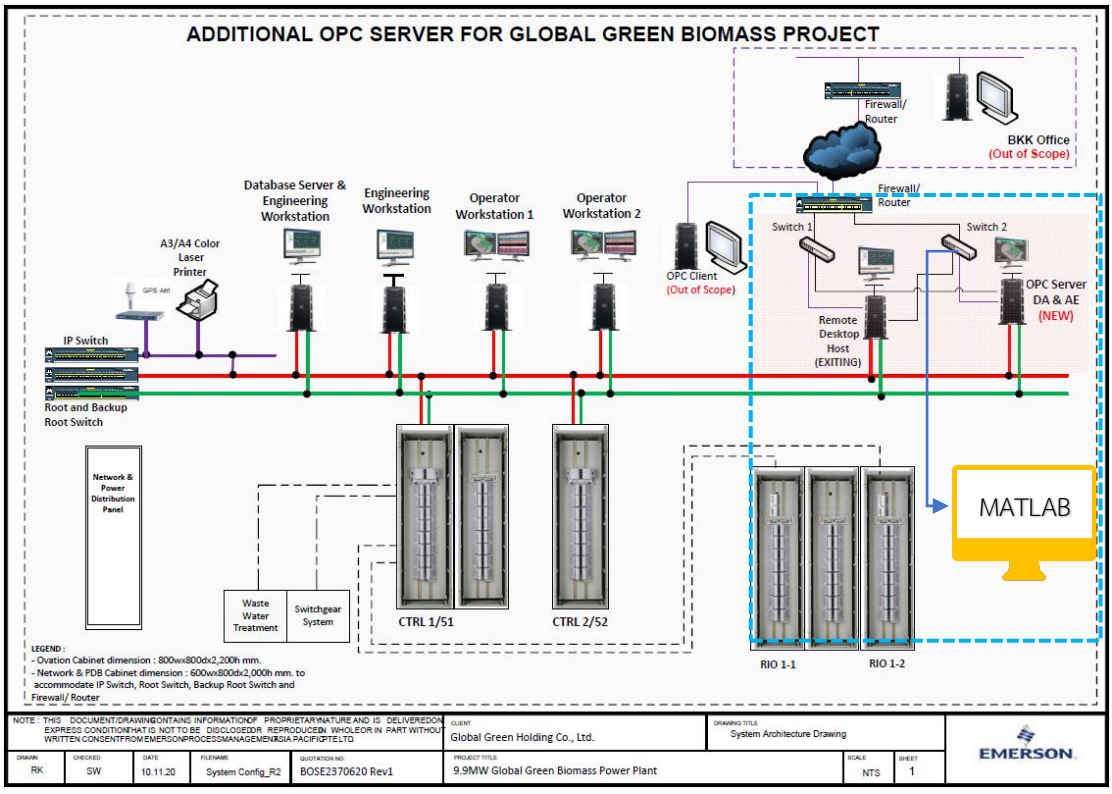
1. ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง
2. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
3. หน่วยผลิตไฟฟ้า
4. หน่วยขายไฟฟ้า
5. อุณหภูมิของน้ำป้อนหม้อน้ำ
6. อุณหภูมิของน้ำในหม้อน้ำ
7. อุณหภูมิของไอน้ำ
8. แรงดันของไอน้ำ
9. อุณหภูมิไอน้ำ Extraction
5. ความดันไอน้ำ Extraction
6. อุณหภูมิไอน้ำออก
7. ความดันไอน้ำออก
8. เวลาการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า
9. เวลาการลดโหลดผลิตไฟฟ้า

4.4 การติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC SERVER)

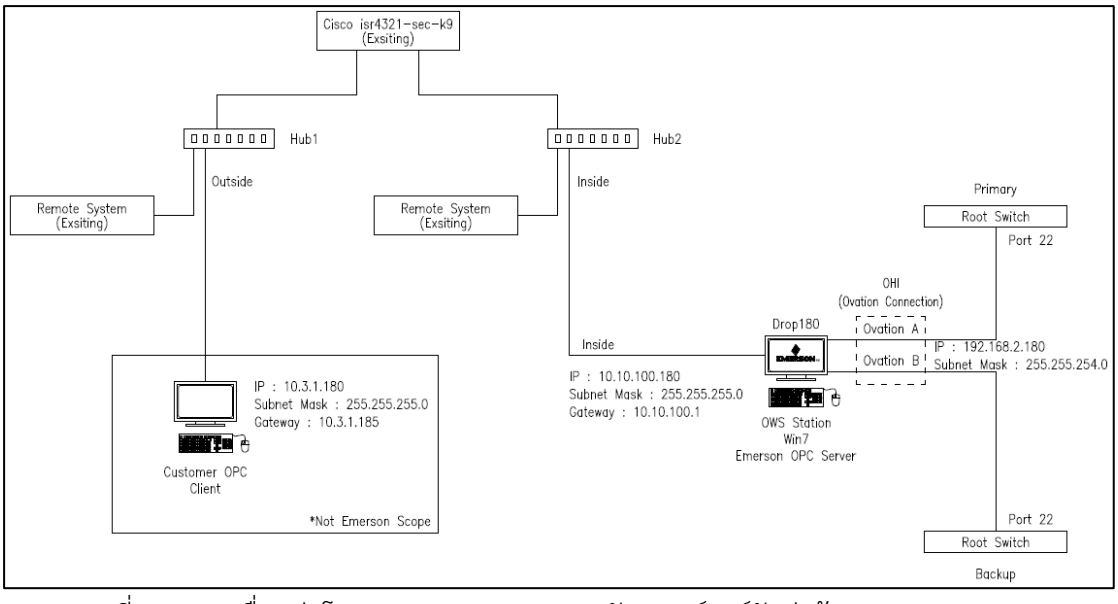
4.4.1 ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) เพื่อเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมประมวลผล ตำแหน่งการติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) ภายในโรงไฟฟ้าดังภาพที่ 4.8 มีรายการติดตั้งดังนี้

- OPC Workstation
- OPC Data Access and Ovation OWS License

การติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) ภายในโรงไฟฟ้า จะสามารถดึงข้อมูลได้จากระบบการควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) ได้ การต่อโปรแกรม OPC Client หรือโปรแกรมประมวลผลไปยังระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) สามารถเชื่อมต่อกันได้ โดยจะต่อเชื่อมกันผ่าน IP : 10.3.1.180 Subnet Mask: 255.255.255.0 Gateway: 10.3.1.185 แสดงดังภาพที่ 4.9



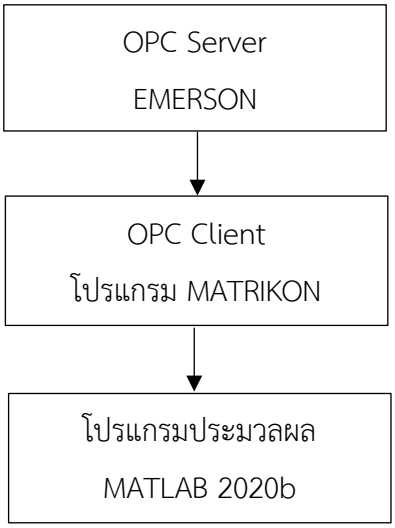
ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งการติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) กับระบบควบคุมการผลิตไฟฟ้า



ภาพที่ 4.9 การเชื่อมต่อโปรมแกรม OPC Client กับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server)

4.5 โปรแกรมประมวลผล

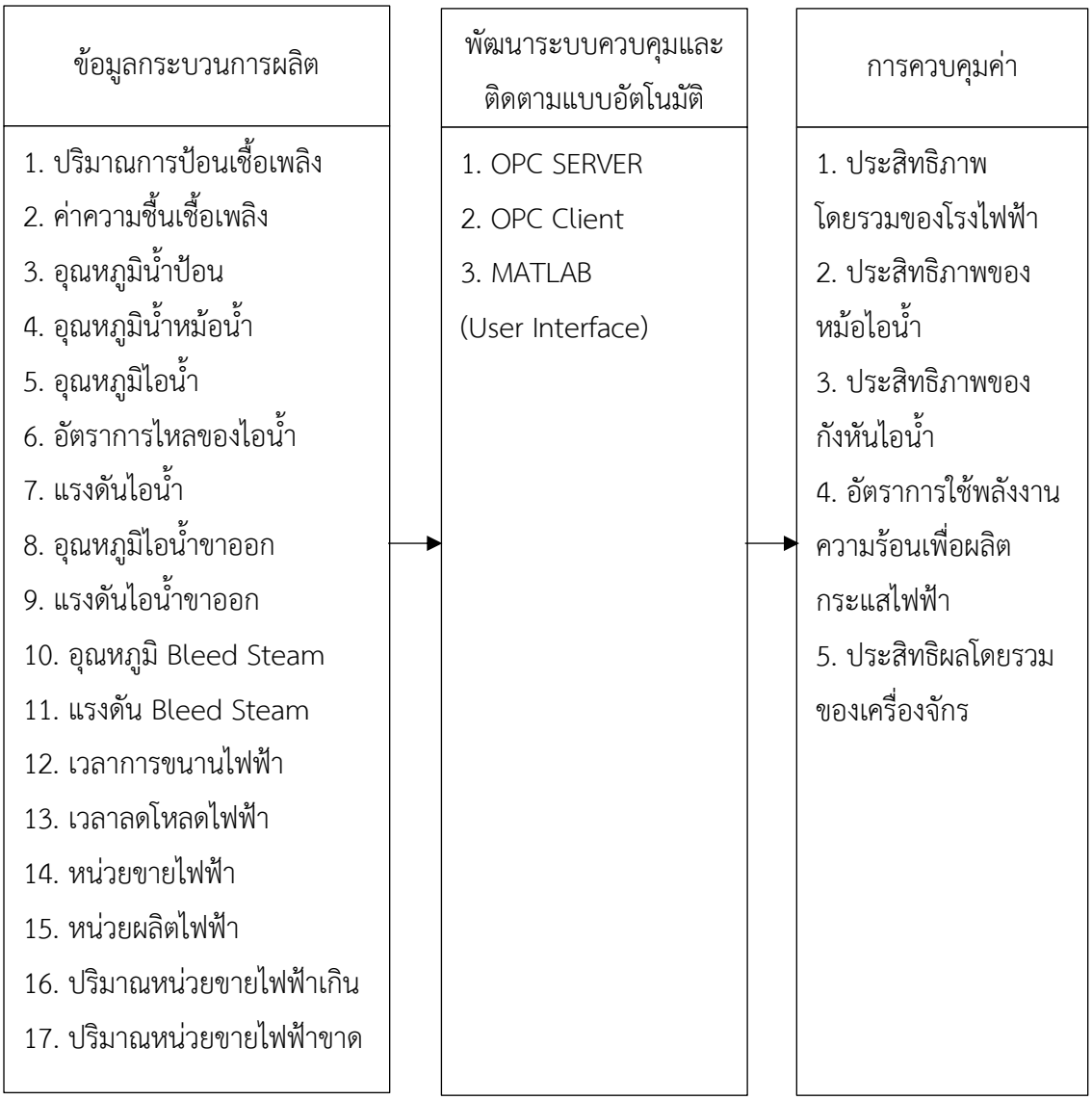
ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้โปรแกรมประมวลผล MATLAB 2020b เนื่องจากโปรแกรม MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข แสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอพพลิเคชั่น ทำให้สามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอพพลิเคชั่นได้ง่ายและรวดเร็วมาก ภายในโปรแกรม MATLAB ประกอบด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูป (Toolbox) ในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชันพื้นฐานจำนวนมาก โดยเฉพาะ OPC Tool Box ที่สามารถดึงข้อมูลจากซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC SERVER) มาใช้ในการประมวลผลได้ อีกทั้งยังสามารถแสดงค่าแบบทันทีทันใดได้



ภาพที่ 4.10 แผนผังการเชื่อมต่อเพื่อประมวลผล

การดึงข้อมูลจากระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ ได้ดำเนินการติดตั้งตัวกลางสำหรับรับส่งข้อมูล เรียกว่า OPC Server ซึ่งเชื่อมต่อมาจากระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) ที่อ่านค่าจากเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น แรงดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล หน่วยขายไฟฟ้า หน่วยผลิตไฟฟ้า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งการดึงข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC SERVER) จะเป็นการดึงข้อมูลอย่างปลอดภัย ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบควบคุมการผลิต เชื่อมต่อกับโปรแกรม OPC Client ผ่านโปรแกรม Matrikon OPC Explorer เพื่อเป็นตัวรับข้อมูลจากซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC SERVER) จากนั้นใช้โปรแกรมประมวลผล MATLAB 2020b ในการดึงข้อมูลจากโปรมแกรม OPC Client มาคำนวณ และประมวลผลออกมาตามที่ต้องการ ดังภาพที่ 4.10 โดย

รายการข้อมูลที่ทำการดึงจากระบบการผลิต แสดงได้ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การเชื่อมต่อเพื่อดึงข้อมูลระบบผลิต

ข้อมูลที่นำออกมาจากระบบควบคุมการผลิต Distributed Control System (DCS) โดยมีตำแหน่งรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน X Point Name: 1HHH01AA01-DFC.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

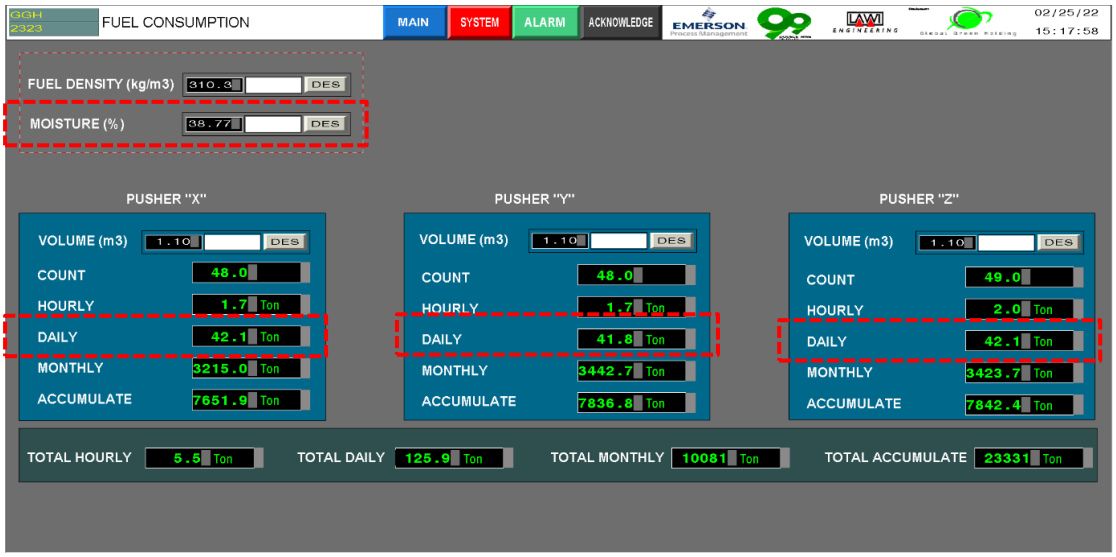
2. ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Y Point Name: 1HHH02AA01-

DFC.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

3. ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Z Point Name: 1HHH03AA01-DFC.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

4. ค่าความชื้นเชื้อเพลิง Point Name: SP-FUEL-HUE-OUT.UNIT1@NET0 หน่วย %

แสดงดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล FUEL CONSUMTION

5. อุณหภูมิน้ำป้อน Point Name: 1LAA01TT01.UNIT1@NET0 หน่วย °C

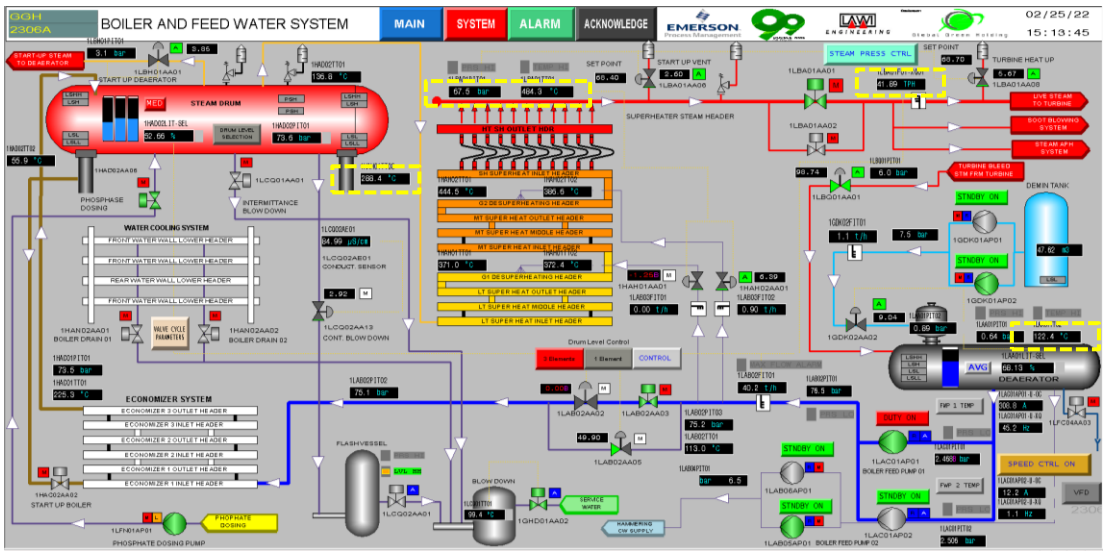
6. อุณหภูมิน้ำหม้อน้ำ Point Name: 1HAH01TT03.UNIT1@NET0 หน่วย °C

7. อุณหภูมิไอน้ำ Point Name: 1LBA01TT01.UNIT1@NET0 หน่วย °C

8. แรงดันไอน้ำ Point Name: 1LBA01TT01.UNIT1@NET0 หน่วย °C

9. อัตราการไหลของไอน้ำ Point Name: 1LBA01F01-XQ01.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

แสดงดังภาพที่ 4.13



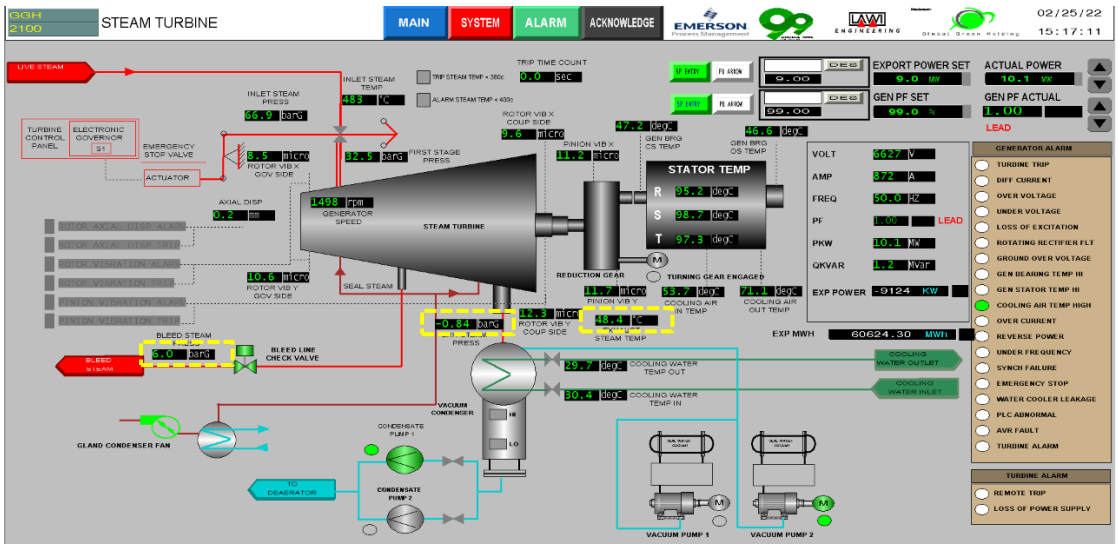
ภาพที่ 4.13 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล BOILER AND FEED WATER SYSTEM

10. อุณหภูมิไอน้ำขาออก Point Name: 1MAB01TT01.UNIT1@NET0 หน่วย °C

11. แรงดันไอน้ำขาออก Point Name: 1MAB01CJ01-X70.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

12. แรงดัน Bleed Steam Point Name: 1MAB01CJ01-X69.UNIT1@NET0 หน่วย ตัน/ชั่วโมง

แสดงดังภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล STEAM TURBINE

13. เวลาการขนานไฟฟ้า Point Name: SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0 หน่วย ชั่วโมง

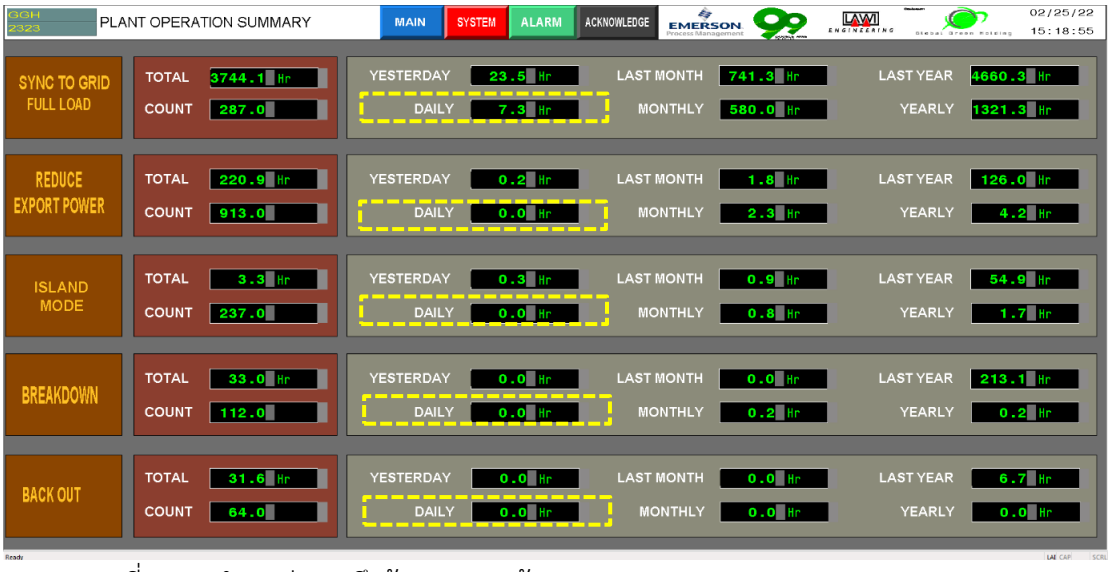
14. เวลาลดโหลดไฟฟ้า Point Name: SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0 หน่วย ชั่วโมง

15. เวลาที่โรงไฟฟ้าหลุดขนานจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แต่ยังสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าได้ (Island Mode) Point Name: ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0 หน่วย ชั่วโมง

16. เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต (Shutdown) Point Name: SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0 หน่วย ชั่วโมง

17. เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง (Power loss) Point Name: PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0 หน่วย ชั่วโมง

แสดงดังภาพที่ 4.15

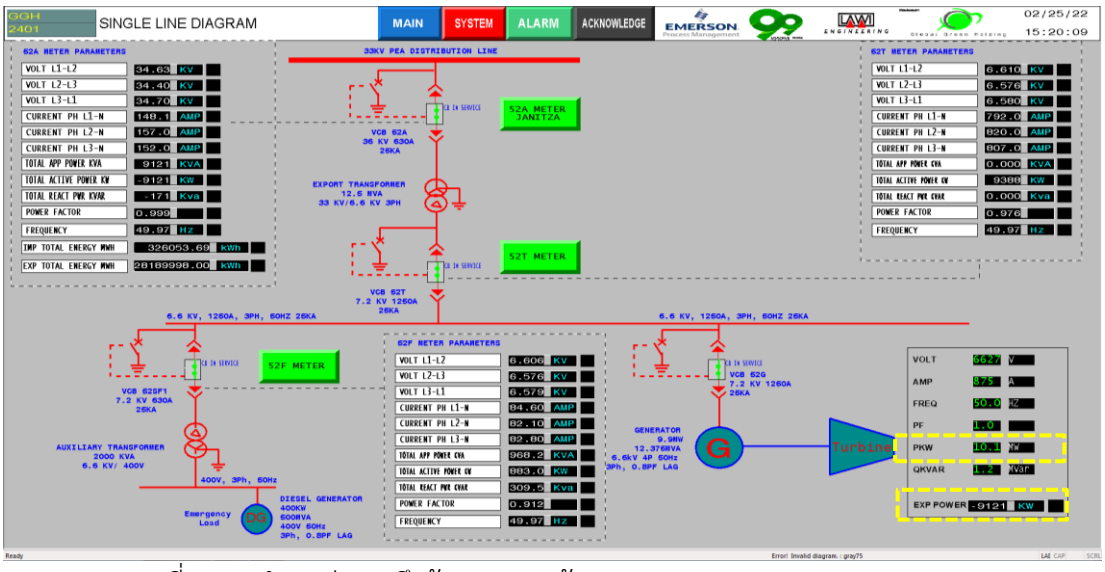


ภาพที่ 4.15 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล PLAN OPERATION SUMMARY

18. หน่วยขายไฟฟ้า Point Name: 52A_TOTAL_KW.UNIT1@NET0 หน่วย kWh

19. หน่วยผลิตไฟฟ้า Point Name: 1MAB01CJ01-X131.UNIT1@NET0 หน่วย MWh

แสดงดังภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล SINGLE LINE DIAGRAM

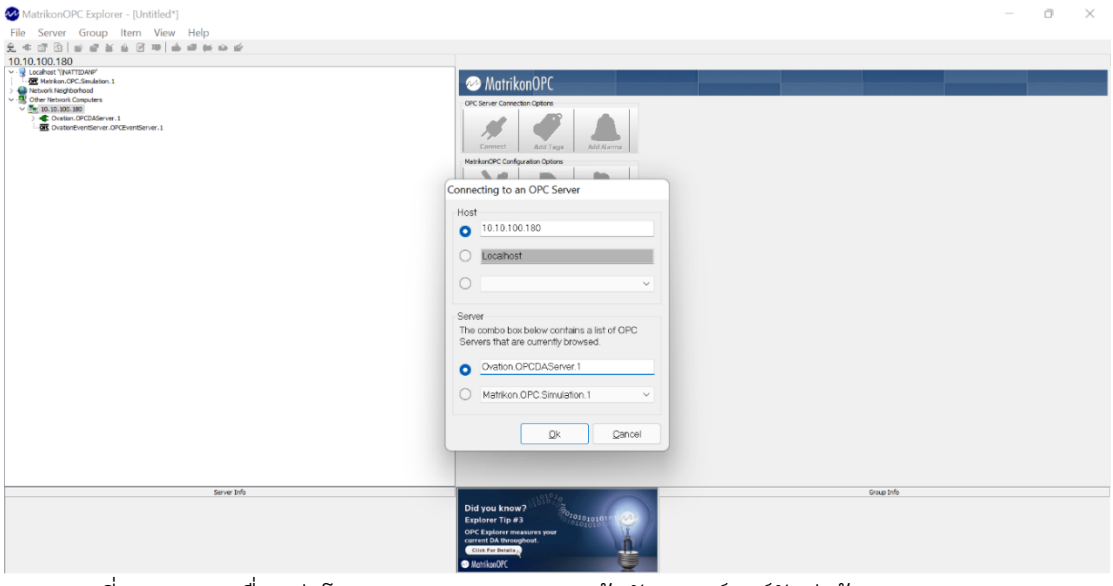
20. ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน 9 MW Point Name: OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0 หน่วย kWh

21.ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด หรือส่งออกไม่ได้ที่ 9 MW Point Name: UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0 หน่วย kWh แสดงดังภาพที่ 4.17

ภาพที่ 4.17 ตำแหน่งการดึงข้อมูลจากหน้าจอแสดงผล EXP AND COMSUME ENERGY SUM

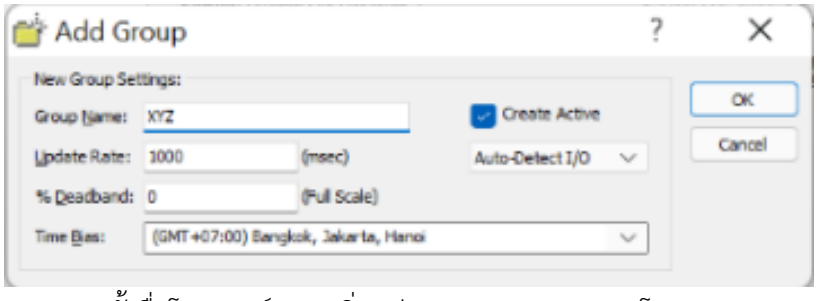
จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมคำนวณประมวลผลข้อมูล โดยใช้โปรแกรม MATLAB 2020b เพื่อให้ระบบสามารถทำการประมวลผลแบบอัตโนมัติ เพื่อควบคุมและติดตามกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้ ข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการประมวลผลมาจากเครื่องมือวัดต่างๆ ที่ติดตั้งบริเวณเครื่องจักร และส่งค่ามายังระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) โดยการใช้โปรแกรม Matrikon explorer เป็น OPC Client เพื่อเชื่อมต่อจากซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) โดยทำการเชื่อมต่อผ่านหมายเลขประจำเครื่อง (IP Address) และกำหนดชื่อตำแหน่ง (Name Point) ที่ต้องการดึงข้อมูล

1. ทำการเชื่อมต่อโปรแกรม OPC Client เข้ากับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC SERVER) โดยเชื่อมต่อผ่าน IP: 10.3.1.180 และ Server: Ovation.OPC.Simulation.1 แสดงได้ดังภาพที่ 4.18



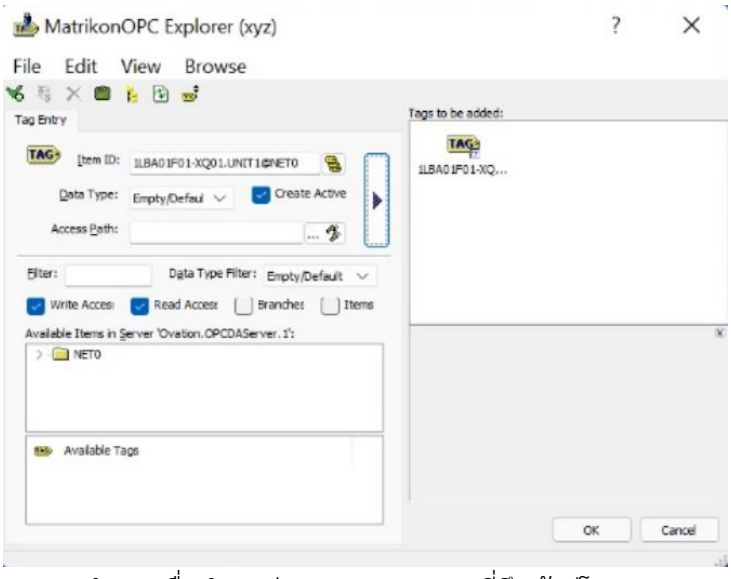
ภาพที่ 4.18 การเชื่อมต่อโปรแกรม OPC Client เข้ากับซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server)

2. การตั้งชื่อโฟลเดอร์ และเพิ่มกลุ่ม (Add Group) แสดงดังภาพที่ 4.19



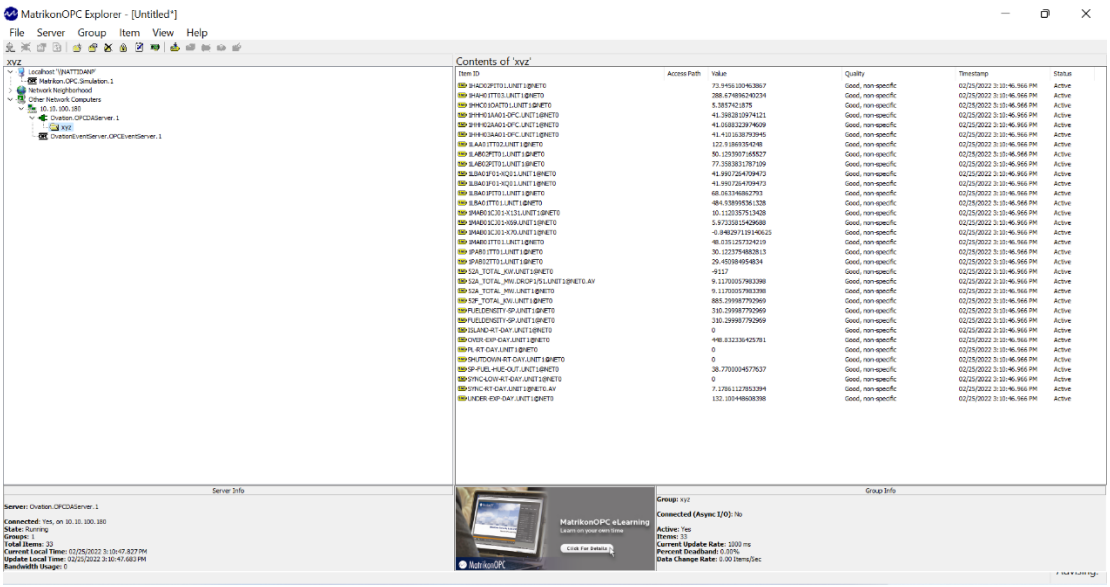
ภาพที่ 4.19 การตั้งชื่อโฟลเดอร์ และเพิ่มกลุ่ม (Add Group) ของโปรแกรม OPC Client

3. กำหนดชื่อตำแหน่งต่างๆ (Name Point) ที่จะดึงเข้าสู่โปรแกรม OPC Client ดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 การกำหนดชื่อตำแหน่ง (Name Point) ที่ดึงเข้าสู่โปรแกรม OPC Client

4. เมื่อทำการป้อนชื่อตำแหน่ง (Name Point) ที่ต้องจะดึงข้อมูลมาประมวลผล เข้าสู่โปรแกรม OPC Client แล้ว จะแสดงค่าข้อมูลออกมาเป็นตัวเลขในช่อง Value ตามชื่อตำแหน่ง (Name Point) ต่างๆ ที่ได้ทำการเพิ่มเข้าไป ดังภาพที่ 4.21

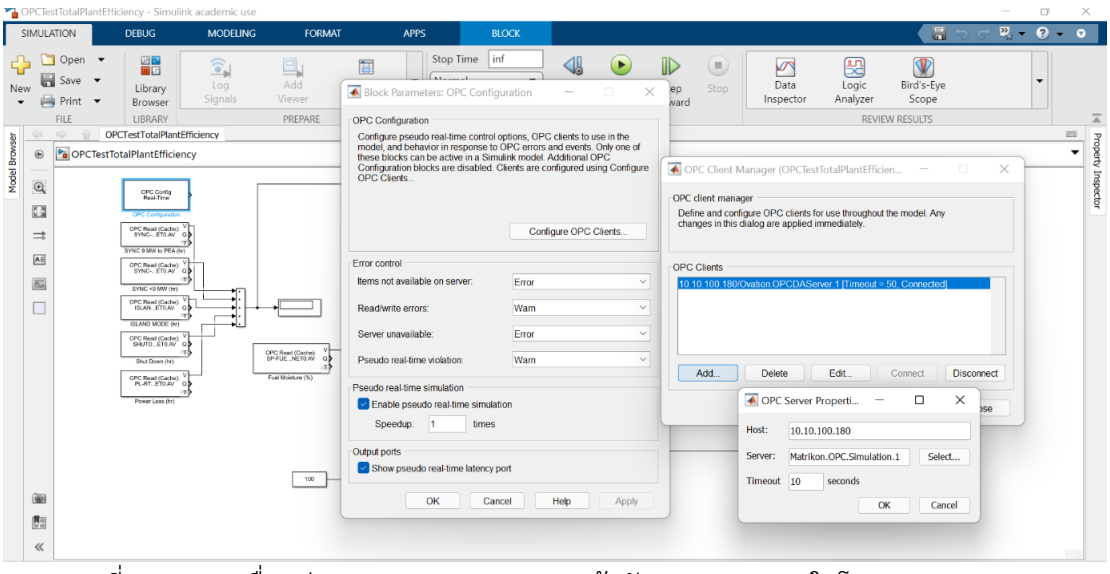


ภาพที่ 4.21 การดึงข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิตเข้าโปรแกรม OPC Client

จะเห็นได้ว่าค่าที่โปรแกรม OPC Client รับเข้ามาจากซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) จะเปลี่ยนแปลงตามค่าที่แสดงอยู่ที่หน้าจอแสดงผลระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) หรือแบบทันทีทันใด

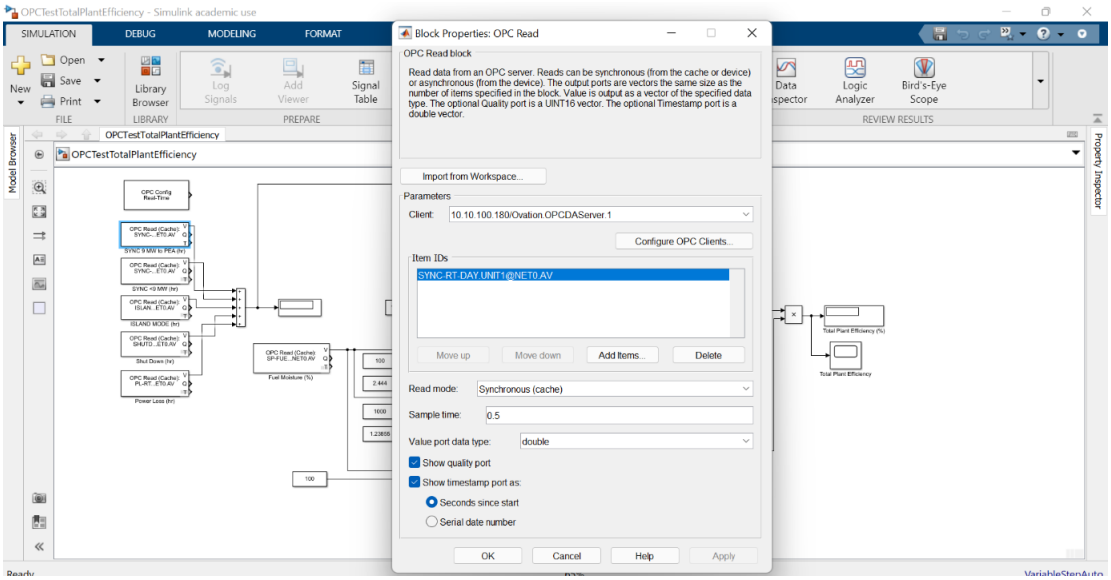
ทำการเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม MATLAB โดยใช้เครื่องมือกลุ่ม OPC Toolbox ในโปรแกรม MATLAB 2020b Simulink สำหรับการนำข้อมูลมาประมวลผล เช่น OPC Config Real-Time เพื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรม OPC Client และ OPC Read เพื่อทำการอ่านค่าต่างๆ จากระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) รวมถึงเครื่องมือการคำนวณต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ โดยการเชื่อมต่อมีขั้นตอนดังนี้

1. เครื่องมือ OPC Configuration เพื่อต่อเข้ากับโปรแกรม OPC Client โดยทำการคลิก Configure OPC Clients และทำการเพิ่ม OPC Client เชื่อมต่อเข้ากับ IP: 10.10.100.180 แสดงดังภาพที่ 4.22

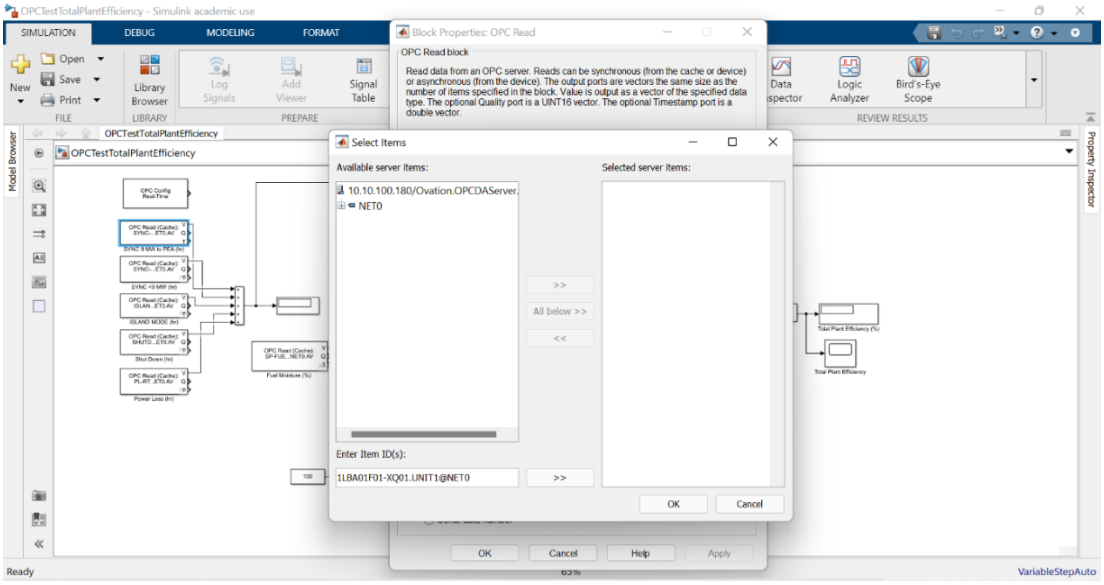


ภาพที่ 4.22 การเชื่อมต่อ OPC Configuration เข้ากับ OPC Client ในโปรแกรม MATLAB

2. เครื่องมือ OPC Read เพื่อทำการอ่านค่าจากโปรแกรม OPC Client แสดงดังภาพที่ 4.23 และทำการป้อนชื่อตำแหน่ง (Name Point) ที่ต้องการจะดึงข้อมูลมาประมวลผล แสดงดังภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.23 เครื่องมือ OPC Read ในโปรแกรม MATLAB



ภาพที่ 4.24 การป้อนชื่อตำแหน่ง (Name Point) ในโปรแกรม MATLAB

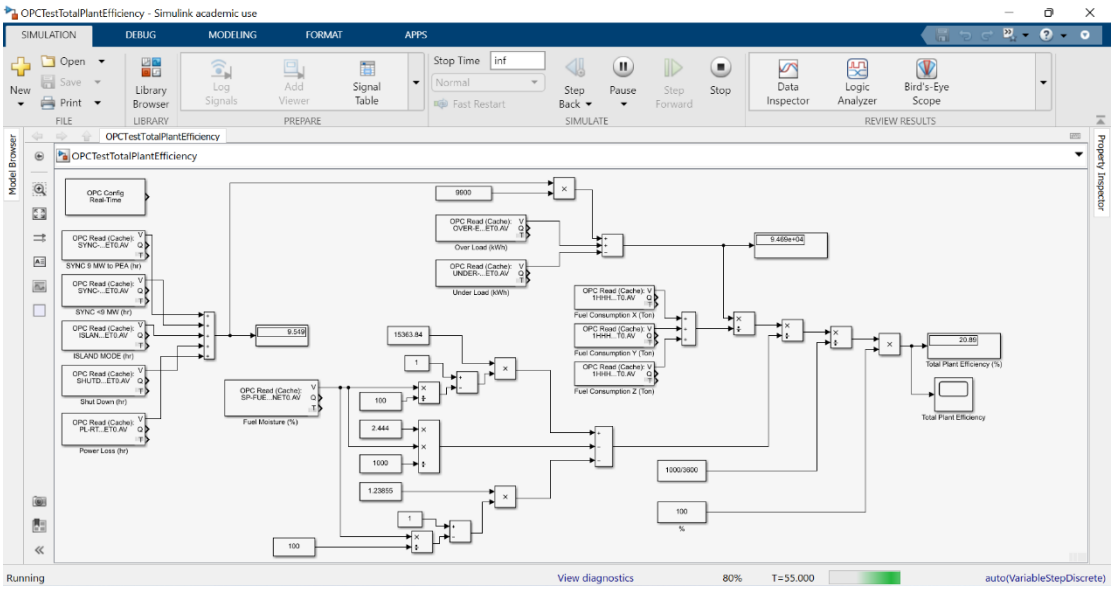
การเขียนโปรแกรมประมวลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าชีวมวลต่างๆ สามารถแสดงผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า

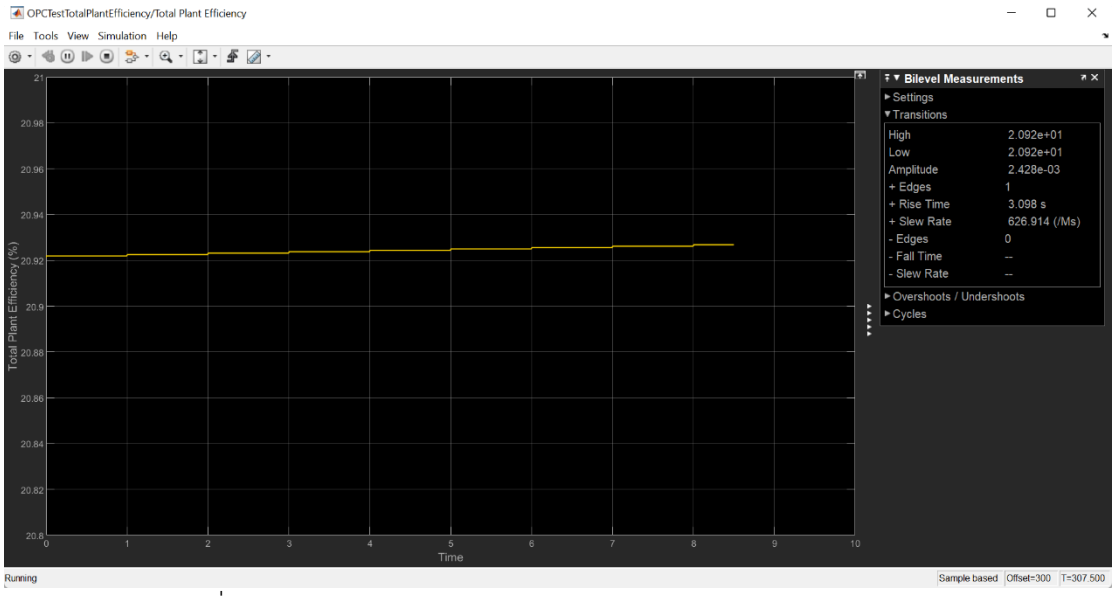
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า

ลำดับ	ข้อมูล	Point Name
1	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน X	1HHH01AA01-DFC.UNIT1@NET0
2	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Y	1HHH02AA01-DFC.UNIT1@NET0
3	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Z	1HHH03AA01-DFC.UNIT1@NET0
4	ค่าความชื้นเชื้อเพลิง	SP-FUEL-HUE-OUT.UNIT1@NET0
5	เวลาการขนานไฟฟ้าเต็มโหลด	SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
6	เวลาลดโหลดการผลิตไฟฟ้า	SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
7	เวลาที่โรงไฟฟ้าสถานะ Island Mode	ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
8	เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต	SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
9	เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง	PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
10	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน	OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0
11	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด	UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0

จากข้อมูลตารางที่ 4.7 นำมาเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม MATLAB ทำให้สามารถประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้าได้แบบทันทีทันใดทั้งตัวเลข และกราฟ ดังภาพที่ 4.25 และภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.25 การประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า



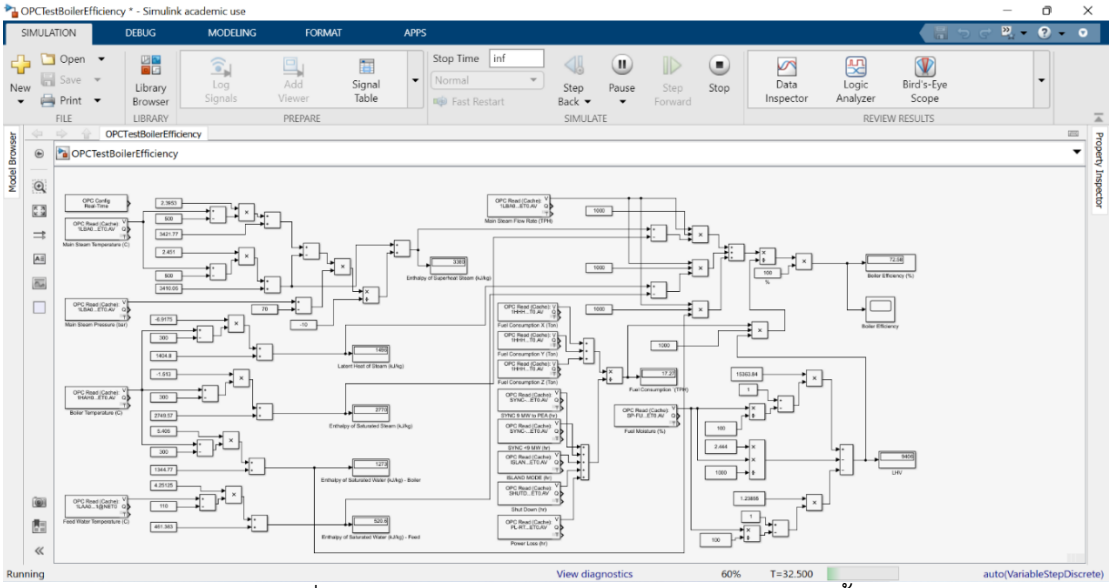
ภาพที่ 4.26 การประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า โดยกราฟ

2. ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

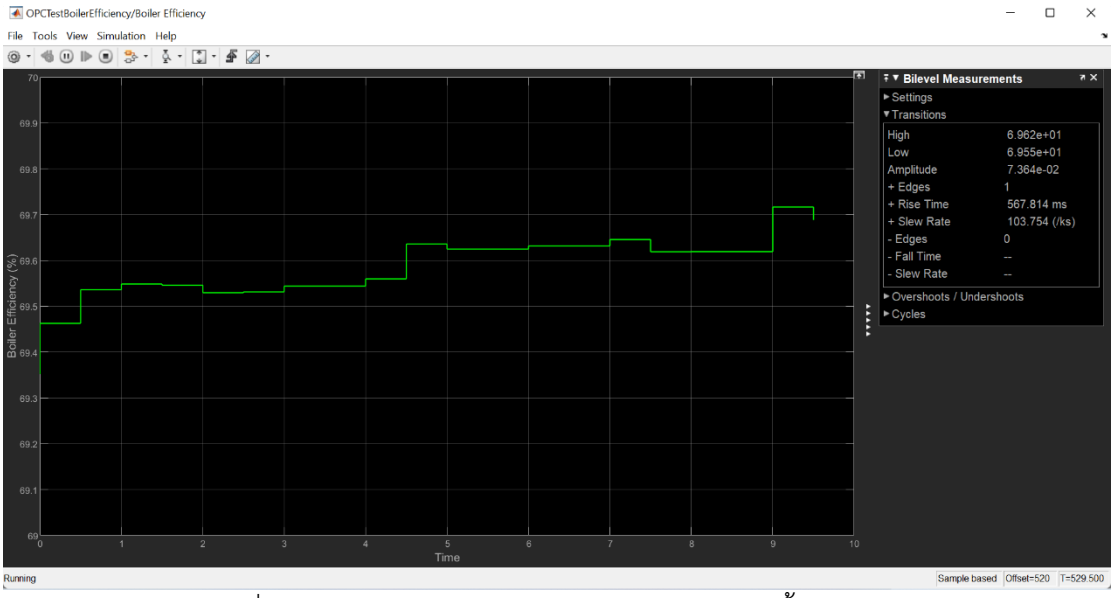
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

ลำดับ	ข้อมูล	Point Name
1	อุณหภูมิน้ำป้อน	1LAA01TT01.UNIT1@NET0
2	อุณหภูมิน้ำในหม้อน้ำ	1HAH01TT03.UNIT1@NET0
3	อุณหภูมิไอน้ำ	1LBA01TT01.UNIT1@NET0
4	แรงดันไอน้ำ	1LBA01TT01.UNIT1@NET0
5	อัตราการไหลไอน้ำ	1LBA01F01-XQ01.UNIT1@NET0
6	เวลาการขนานไฟฟ้าเต็มโหลด	SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
7	เวลาลดโหลดการผลิตไฟฟ้า	SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
8	เวลาที่โรงไฟฟ้าสถานะ Island Mode	ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
9	เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต	SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
10	เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง	PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
11	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน	OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0
12	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด	UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0

จากข้อมูลตารางที่ 4.8 นำมาเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม MATLAB ทำให้สามารถประมวลผลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้แบบทันทีทันใดทั้งตัวเลข และกราฟ ดังภาพที่ 4.27 และภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.27 การประมวลผลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ



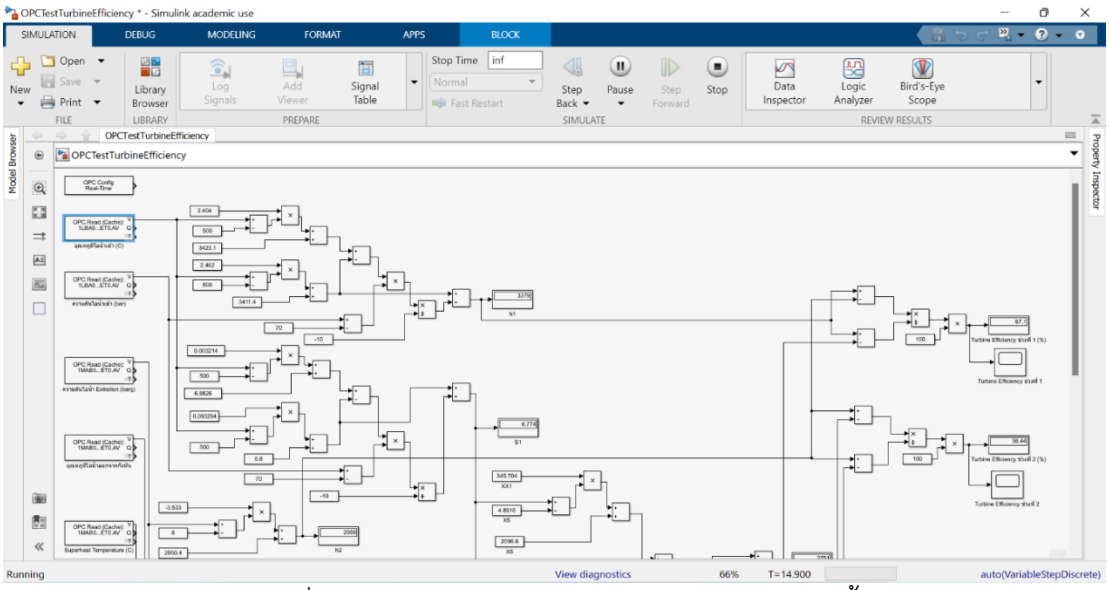
ภาพที่ 4.28 การประมวลผลประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยกราฟ

3. ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ

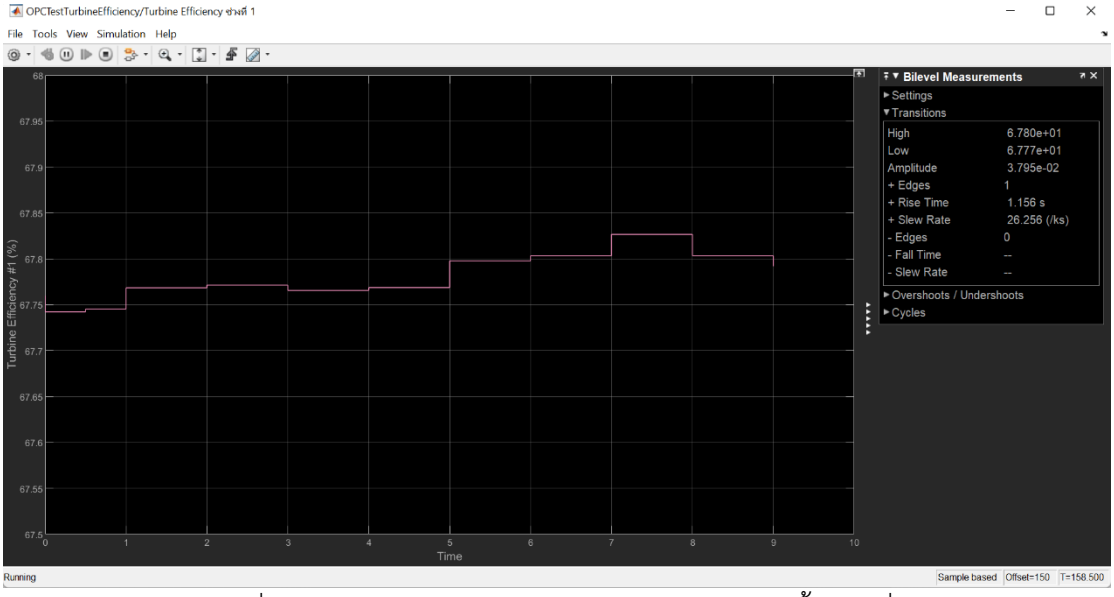
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ

ลำดับ	ข้อมูล	Point Name
1	อุณหภูมิไอน้ำ	1LBA01TT01.UNIT1@NET0
2	แรงดันไอน้ำ	1LBA01TT01.UNIT1@NET0
3	อุณหภูมิไอน้ำขาออก	1MAB01TT01.UNIT1@NET0
4	แรงดันไอน้ำขาออก	1MAB01CJ01-X70.UNIT1@NET0
5	แรงดัน Bleed Steam	1MAB01CJ01-X69.UNIT1@NET0
6	เวลาการขนานไฟฟ้าเต็มโหลด	SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
7	เวลาลดโหลดการผลิตไฟฟ้า	SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
8	เวลาที่โรงไฟฟ้าสถานะ Island Mode	ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
9	เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต	SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
10	เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง	PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
11	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน	OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0
12	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด	UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0

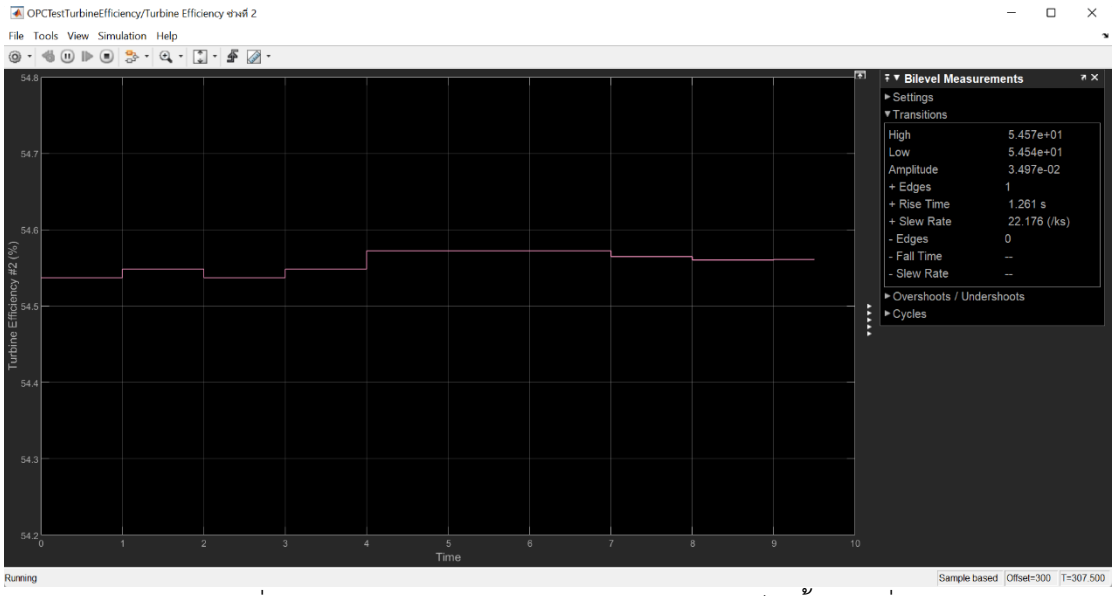
จากข้อมูลตารางที่ 4.9 นำมาเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม MATLAB ทำให้สามารถประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ได้แบบทันทีทันใด แสดงตัวเลขดังภาพที่ 4.29 และการแสดงผลกราฟของประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1 แสดงดังภาพที่ 4.30 และประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2 ดังภาพที่ 4.31



ภาพที่ 4.29 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ



ภาพที่ 4.30 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1



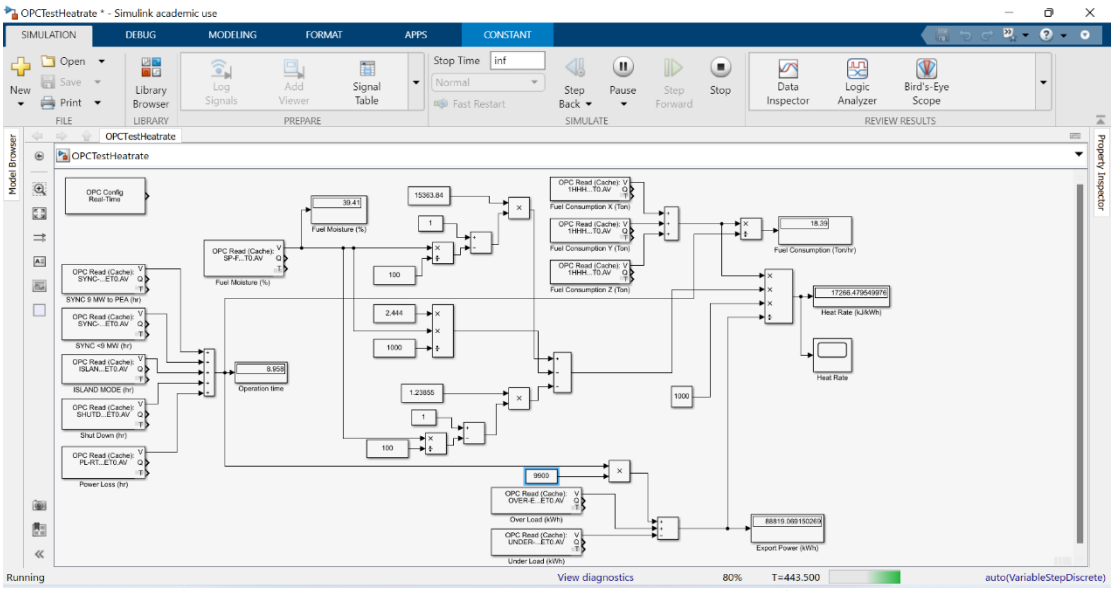
ภาพที่ 4.31 การประมวลผลประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2

4. อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

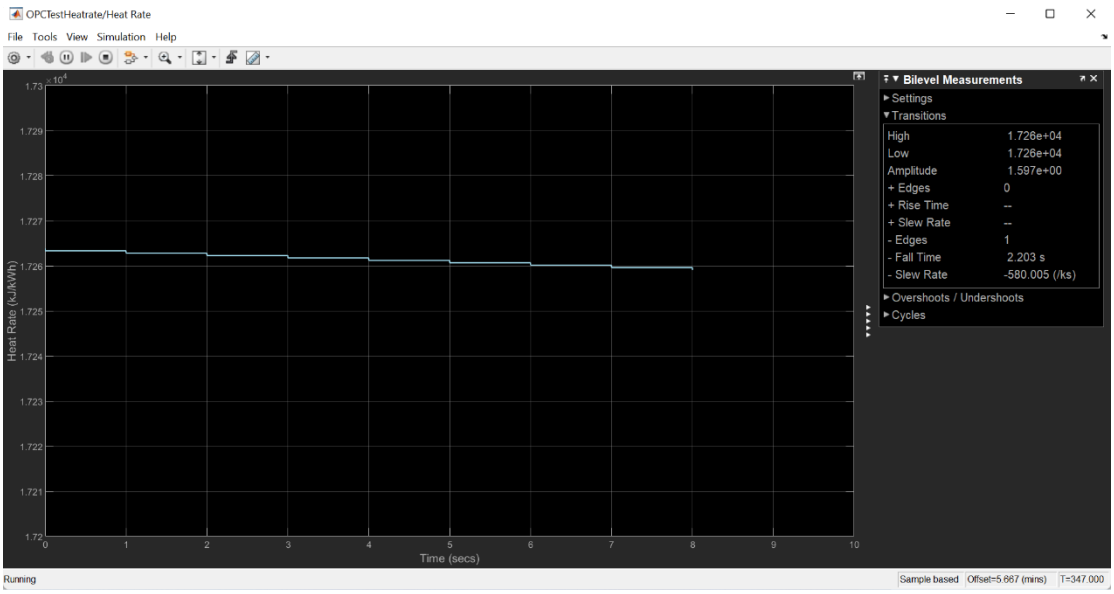
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

ลำดับ	ข้อมูล	Point Name
1	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน X	1HHH01AA01-DFC.UNIT1@NET0
2	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Y	1HHH02AA01-DFC.UNIT1@NET0
3	ปริมาณการป้อนเชื้อเพลิง เลน Z	1HHH03AA01-DFC.UNIT1@NET0
4	ค่าความชื้นเชื้อเพลิง	SP-FUEL-HUE-OUT.UNIT1@NET0
5	เวลาการขนานไฟฟ้าเต็มโหลด	SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
6	เวลาลดโหลดการผลิตไฟฟ้า	SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
7	เวลาที่โรงไฟฟ้าสถานะ Island Mode	ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
8	เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต	SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
9	เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง	PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
10	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน	OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0
11	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด	UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0

จากข้อมูลตารางที่ 4.10 นำมาเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม MATLAB ทำให้สามารถประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้แบบทันทีทันใดทั้งตัวเลขและกราฟ ตามภาพที่ 4.32 และภาพที่ 4.33



ภาพที่ 4.32 การประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า



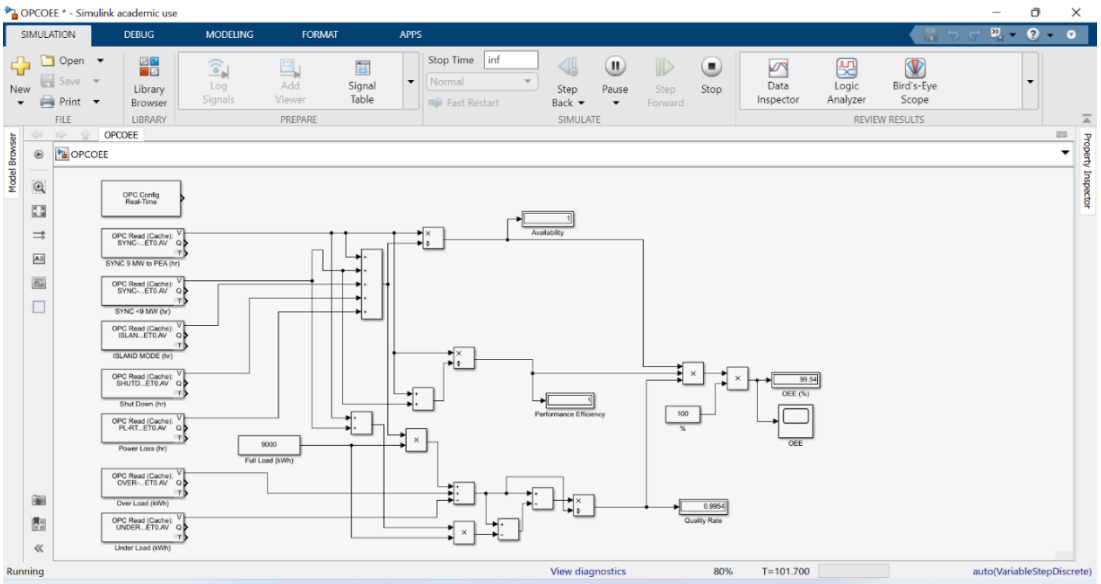
ภาพที่ 4.33 การประมวลผลอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกราฟ

5. ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

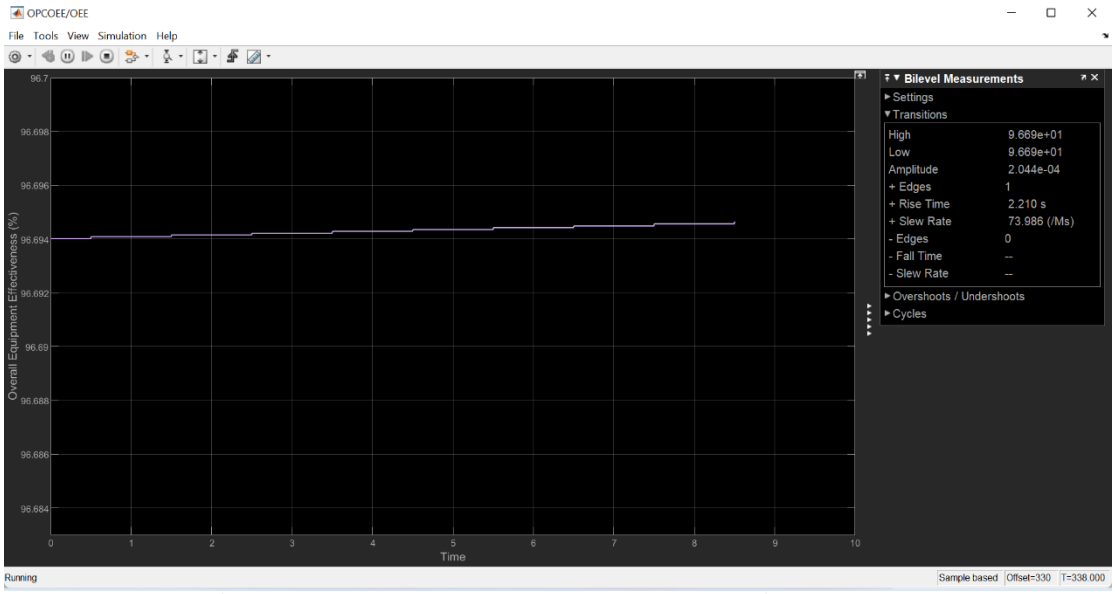
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลจากระบบควบคุมการผลิต เพื่อประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ลำดับ	ข้อมูล	Point Name
1	เวลาการขนานไฟฟ้าเต็มโหลด	SYNC-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
2	เวลาลดโหลดการผลิตไฟฟ้า	SYNC-LOW-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
3	เวลาที่โรงไฟฟ้าสถานะ Island Mode	ISLAND-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
4	เวลาที่โรงไฟฟ้าหยุดผลิต	SHUTDOWN-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
5	เวลาที่สูญเสียพลังงานภายในสายส่ง	PL-RT-DAY-SUM.UNIT1@NET0
6	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าเกิน	OVER-EXP-DAY.UNIT1@NET0
7	ปริมาณหน่วยขายไฟฟ้าขาด	UNDER-EXP-DAY.UNIT1@NET0

จากข้อมูลตารางที่ 4.11 นำมาเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม MATLAB ทำให้โปรแกรมสามารถประมวลผลประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรแบบทันทีทันใดทั้งตัวเลข และกราฟ ตามภาพที่ 4.34 และภาพที่ 4.35 รวมไปถึงการคำนวนประมวลผลอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ



ภาพที่ 4.34 การประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร



ภาพที่ 4.35 การประมวลผลประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร โดยกราฟ

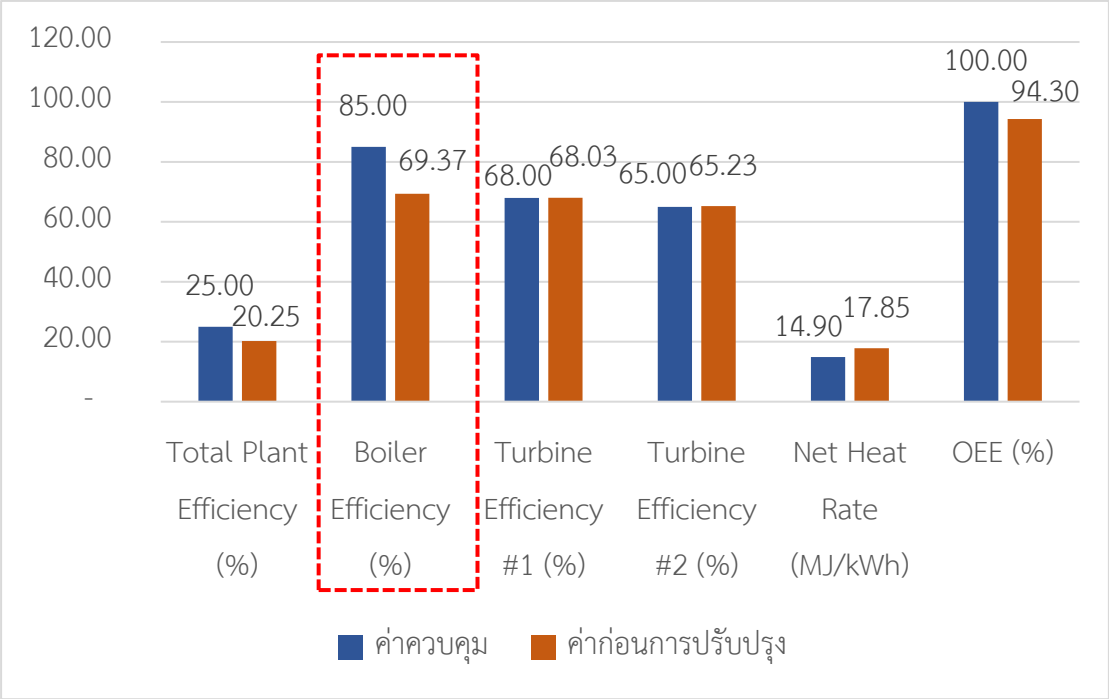
จากการทดลองการใช้งานโปรแกรมประมวลผลจากโปรแกรม MATLAB พบว่าโปรแกรมสามารถประมวลผลได้อย่างอัตโนมัติ (Real Time) ตามค่าเครื่องมือวัด และข้อมูลที่แสดงตามระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) ซึ่งสามารถคำนวณประสิทธิภาพต่างๆ ได้ตามการเขียนโปรแกรมคำนวณ ได้แก่ ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เป็นการประมวลผลแบบทันทีทันใดต่อวัน ซึ่งสามารถแสดงผลการประมวลได้ทั้งตัวเลข และกราฟ

4.6 การใช้งานโปรแกรมประมวลผล

จากการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก่อนการพัฒนาโปรแกรมประมวลผลเพื่อควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ สำหรับควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยทำการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าที่ผ่านมาปี 2563 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.12 และแสดงผลเปรียบเทียบกับค่าควบคุมได้ดังภาพที่ 4.36

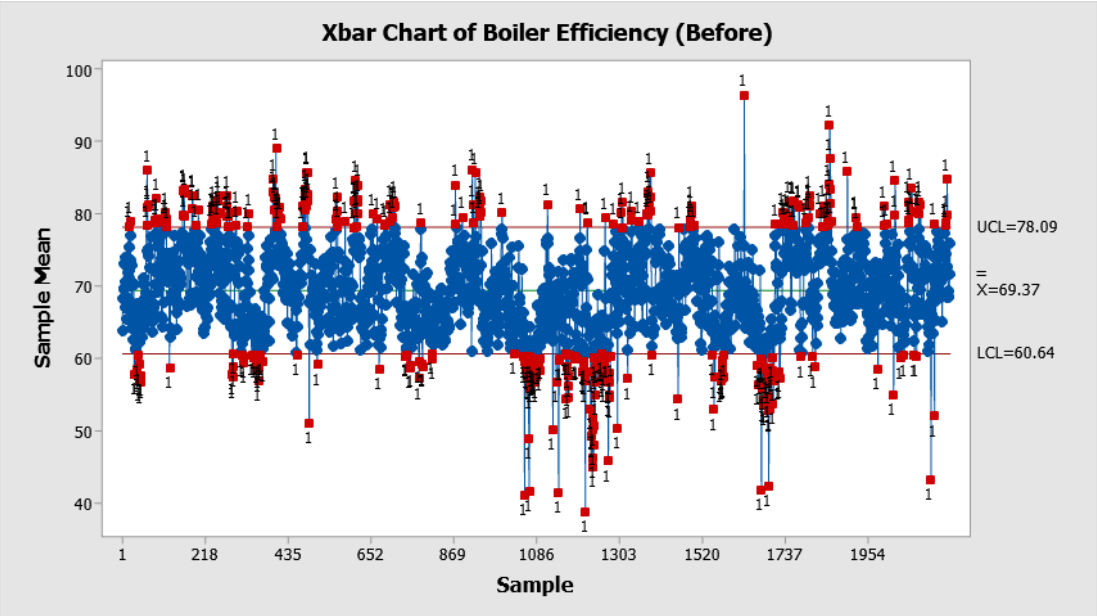
ตารางที่ 4.12 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ค่าควบคุม	ค่าเฉลี่ย
1	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	%	25.00	20.25
2	ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	%	85.00	69.37
3	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 1	%	68.00	68.03
4	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 2	%	65.00	65.23
5	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	kJ/kWh	14,900.00	17,847.07
6	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร	%	100.00	94.30



ภาพที่ 4.36 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต

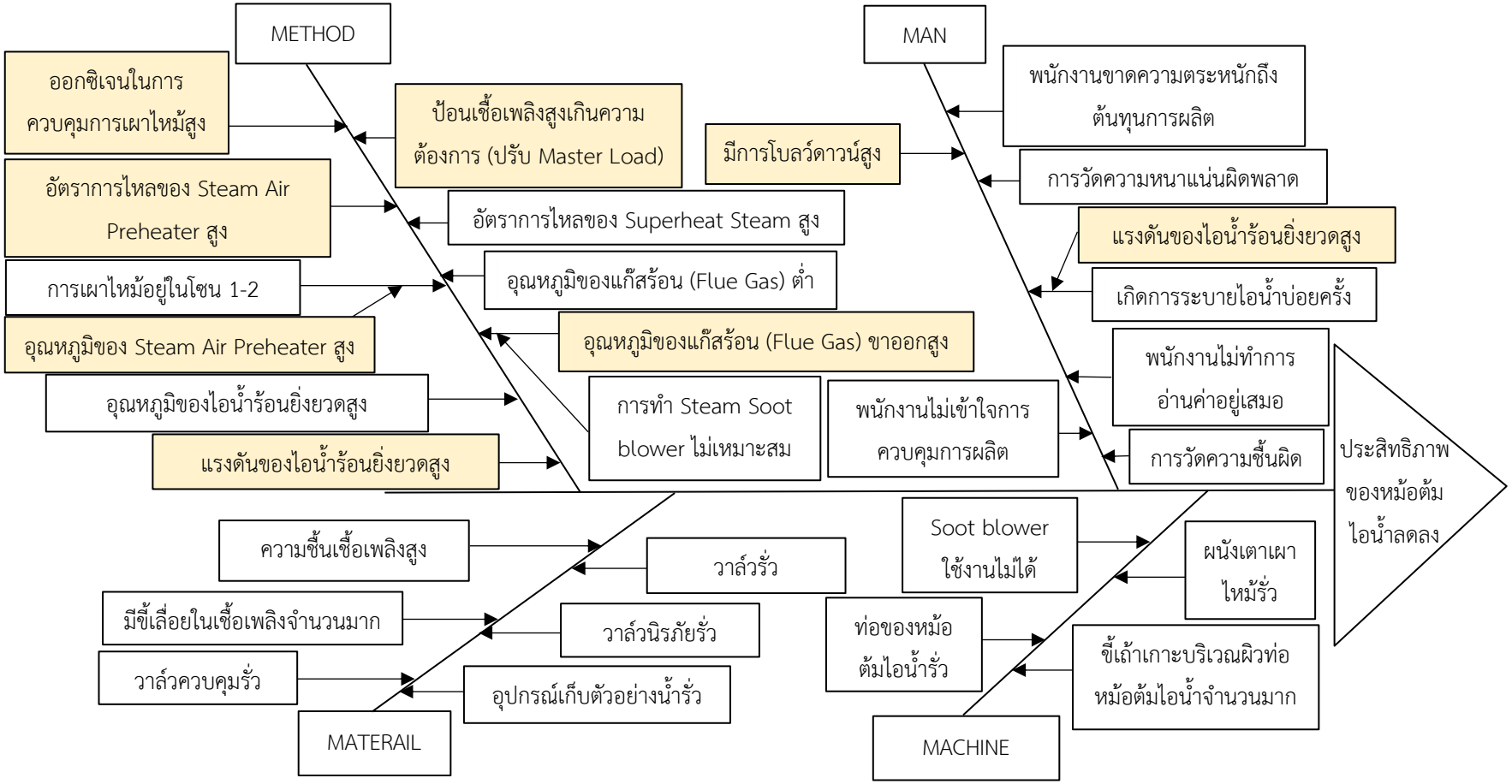
ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นการประมวลผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงเลือกการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าค่าควบคุมสูงกว่าประสิทธิภาพอื่นๆ จึงนำข้อมูลของการประมวลผลประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ มาทำการตรวจสอบกระบวนการด้วยหลักการแผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อประเมินผลของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ซึ่งผลที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.37 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 78.09 ขีดจำกัดควบคุมล่าง เท่ากับ 60.64 ซึ่งจากภาพที่ 4.37 แสดงให้เห็นว่าการควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไม่มีความเสถียร



ภาพที่ 4.37 แผนภูมิควบคุมของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ก่อนการปรับปรุง

4.7 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพหาตัวแปรเพื่อปรับปรุง

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) เป็นเครื่องมือในการค้นหาสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น ใช้หลักการ 4M ประกอบด้วย คนงาน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และกระบวนการทำงาน (Method) โดยการจัดตั้งทีมงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุง วิศวกรประสิทธิภาพ วิศวกรไฟฟ้า หัวหน้ากะควบคุมการเดินเครื่องจักร พนักงานควบคุมการเดินเครื่องจักรหม้อต้มไอน้ำ พนักงานควบคุมการเดินเครื่องจักรกังหันไอน้ำ เป็นต้น ทำการระดมสมอง (Brain Storming) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลดลง โดยจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังภาพที่ 4.38

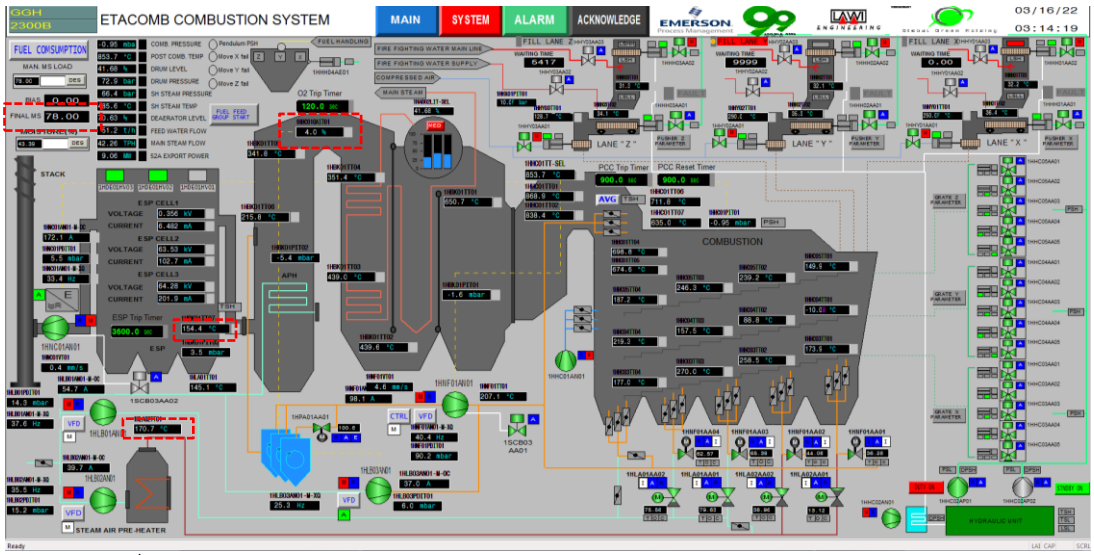


ภาพที่ 4.38 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลดลง

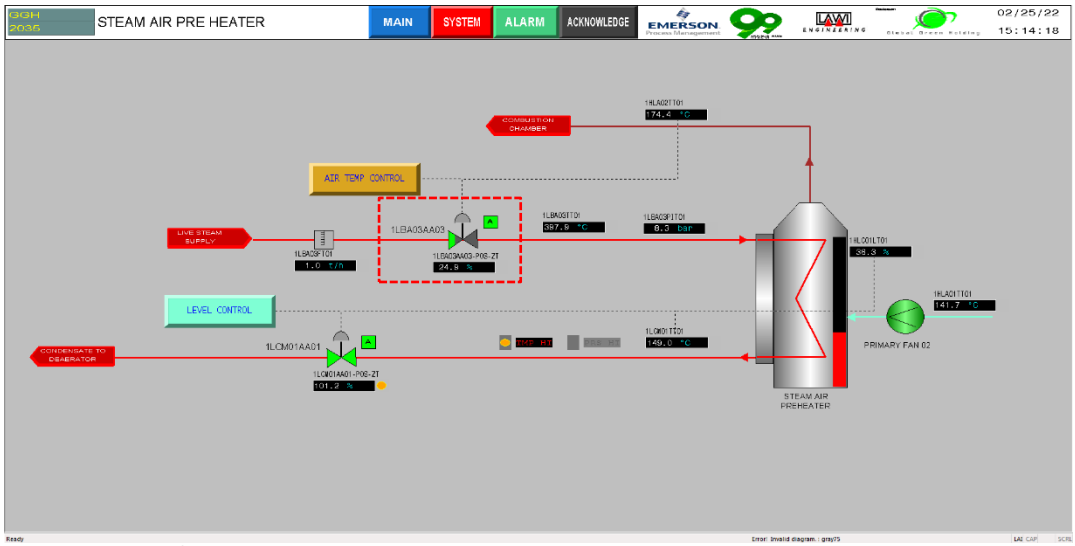
จากการทำการระดมสมอง (Brain Storming) งานวิจัยนี้จึงเลือกสาเหตุของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการปรับค่าการควบคุมจากระบบควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ สามารถสรุปสาเหตุที่แก้ไขได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สรุปสาเหตุที่แก้ไขจากการทำการระดมสมอง (Brain Storming)

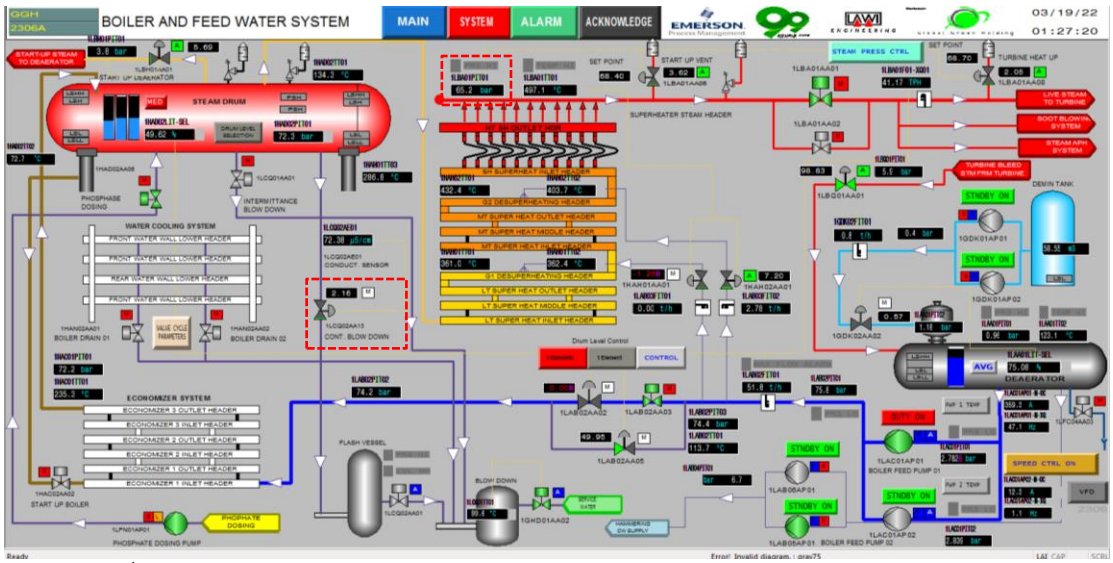
ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ตำแหน่งการปรับปรุง	ภาพที่
1	ออกซิเจนในการควบคุมการเผาไหม้สูง	Oxygen Sensor (1HHC01OAIT01)	4.39
2	อัตราการไหลไอน้ำเข้า Steam Air Pre-heater สูง	Steam Air Pre-heater control valve (1LBA03AA03-POS-ZT)	4.30
3	อุณหภูมิของ Steam Air Pre-heater สูง	Steam Air Pre-heater Temperature (1HLA02TT01)	4.39
4	ป้อนเชื้อเพลิงสูงเกินความต้องการจากการปรับ Master Load	FINAL MASTERLOAD	4.39
5	อุณหภูมิของแก๊สร้อน (Flue Gas) ขาออกไม่เหมาะสม	Flue Gas Outlet Temperature (1HBK01TT07)	4.39
6	แรงดันของไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam) สูง	Superheat Steam Pressure (1LBA01PIT01)	4.41
7	มีการโบลว์ดาวน์สูง	Continuous blowdown control valve (1LCQ02AA13)	4.41



ภาพที่ 4.39 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล ETACOM COMBUSTION SYSTEM



ภาพที่ 4.40 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล STEAM AIR PRE HEATER



ภาพที่ 4.41 ตำแหน่งการปรับค่าหน้าจอแสดงผล BOILER AND FEED WATER SYSTEM

4.8 การปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

เมื่อได้ตำแหน่งที่จะทำการปรับปรุงแล้ว จึงทำการระดมสมอง (Brain Storming) จากทีมงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยกำหนดจุดที่เหมาะสมสำหรับค่าควบคุม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.14

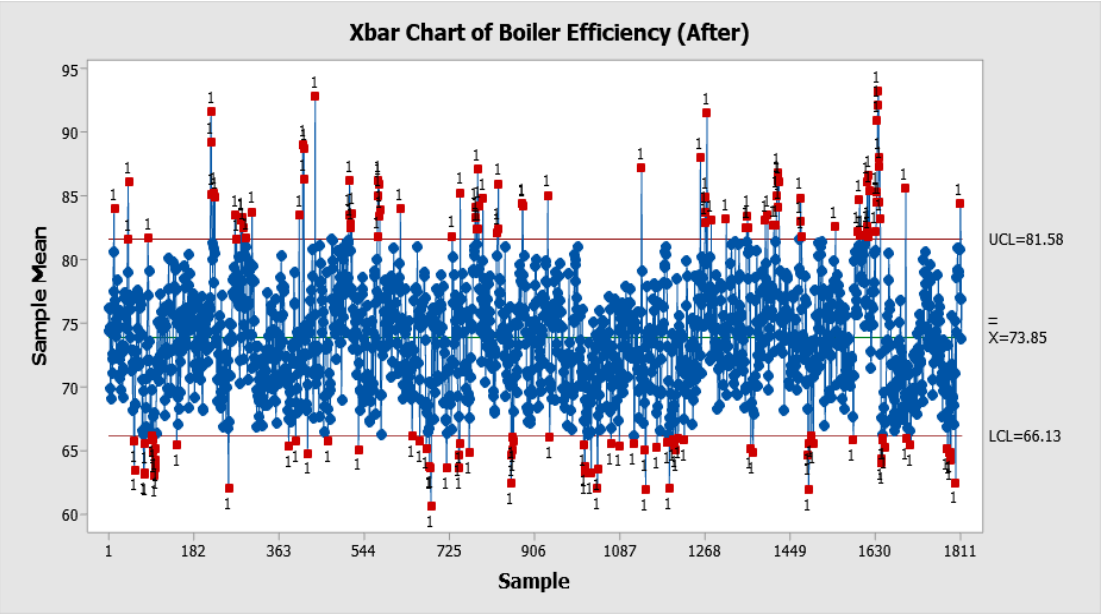
ตารางที่ 4.14 การดำเนินการแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ

ลำดับที่	ตำแหน่งการปรับปรุง	ดำเนินการแก้ไข
1	Oxygen Sensor (1HHC01OAIT01)	ควบคุมออกซิเจนให้อยู่ในช่วง 3.5 – 4 %
2	Steam Air Pre-heater control valve (1LBA03AA03-POS-ZT)	ควบคุม % ของวาล์วให้อยู่ในช่วง 20-30 %
3	Steam Air Pre-heater Temperature (1HLA02TT01)	ควบคุมอุณหภูมิของ Steam Air Pre-heater อยู่ในช่วง 150 – 175 ºC
4	FINAL MASTERLOAD	ควบคุม MASTERLOAD อยู่ในช่วง 65 – 85 %
5	Flue Gas Outlet Temperature (1HBK01TT07)	ควบคุมอุณหภูมิของแก๊สร้อนขาออก (Flue Gas Outlet Temperature) อยู่ในช่วง 150 – 165 ºC

ตารางที่ 4.14 การดำเนินการแก้ไข เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่งการปรับปรุง	ดำเนินการแก้ไข
6	Superheat Steam Pressure (1LBA01PIT01)	ควบคุมแรงดันไอน้ำร้อนยิ่งยวด (Superheat Steam Pressure) อยู่ในช่วง 64 – 67 °C
7	Continuous blowdown control valve (1LCQ02AA13)	ควบคุมการเปิดปิดวาลว์ควบคุมโบลว์ดาวน์ (Continuous blowdown control valve) ตามค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำในหม้อต้มไอน้ำให้อยู่ในช่วงน้อยกว่า 100 μS/cm

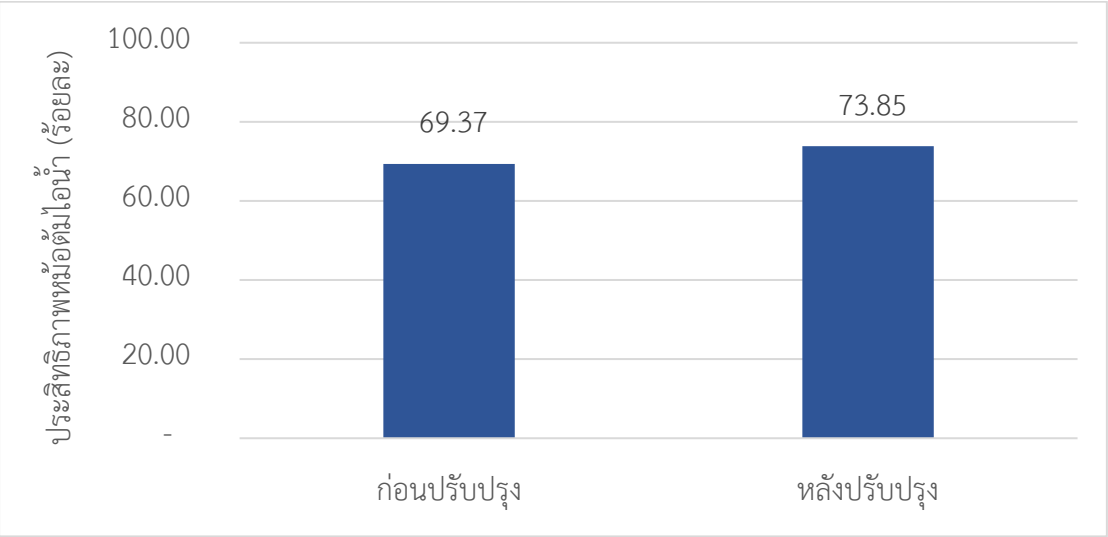
จากการแก้ไขปรับปรุงประสิทธิภาพ และควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่เดือน มกราคม 2565 - มีนาคม 2565 ผลของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ โดยการนำข้อมูลมาตรวจสอบกระบวนการด้วยหลักการแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ได้ดังภาพที่ 4.42 ซึ่งค่าเฉลี่ย เท่ากับ 73.85 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 81.58 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 66.13 แสดงให้เห็นว่าการควบคุมประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตมีความเสถียรเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ยังคงมีค่าที่ไม่อยู่ในช่วงการควบคุม เนื่องมาจากการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผาไหม้จะควบคุมโดยการปรับค่า Master Load ในระบบการควบคุมการผลิต (Distributed Control System, DCS) เป็นการปรับค่าโดยพนักงานควบคุมการเดินเครื่อง หรือการปรับค่าด้วยมือ (Manual) ทำให้การป้อนเชื้อเพลิงไม่มีความต่อเนื่อง มีการป้อนเชื้อเพลิงที่สูงเกินไปบางครั้ง ส่งผลให้เชื้อเพลิงกองในเตาเผาปริมาณมาก ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำต่ำลง และประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสูงเกินไปจากเชื้อเพลิงที่กองอยู่ในเตาเผาไหม้ก่อนหน้านี้ จึงต้องชะลอการป้อนเชื้อเพลิง เพื่อควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาไหม้ อย่างไรก็ตาม จากการเพิ่มระบบการประมวลผลแบบทันทีทันใดนั้น สามารถลดปัญหาดังกล่าว และควบคุมการป้อนเชื้อเพลิงได้มากยิ่งขึ้น รวมทั้งควบคุมประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำได้อย่างต่อเนื่อง แสดงได้ดังภาพที่ 4.42



ภาพที่ 4.42 แผนภูมิควบคุมของประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ หลังการปรับปรุง

4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำก่อนและหลังจากการปรับปรุง

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ โดยการใช้เทคนิคแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) โดยการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ปฏิบัติงาน แล้วทำการปรับค่าควบคุมของกระบวนการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำเพิ่มสูงขึ้น จากข้อมูลก่อนหน้าการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.37% เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำเพิ่มขึ้น 4.48% เป็น 73.85% แสดงได้ดังภาพที่ 4.43



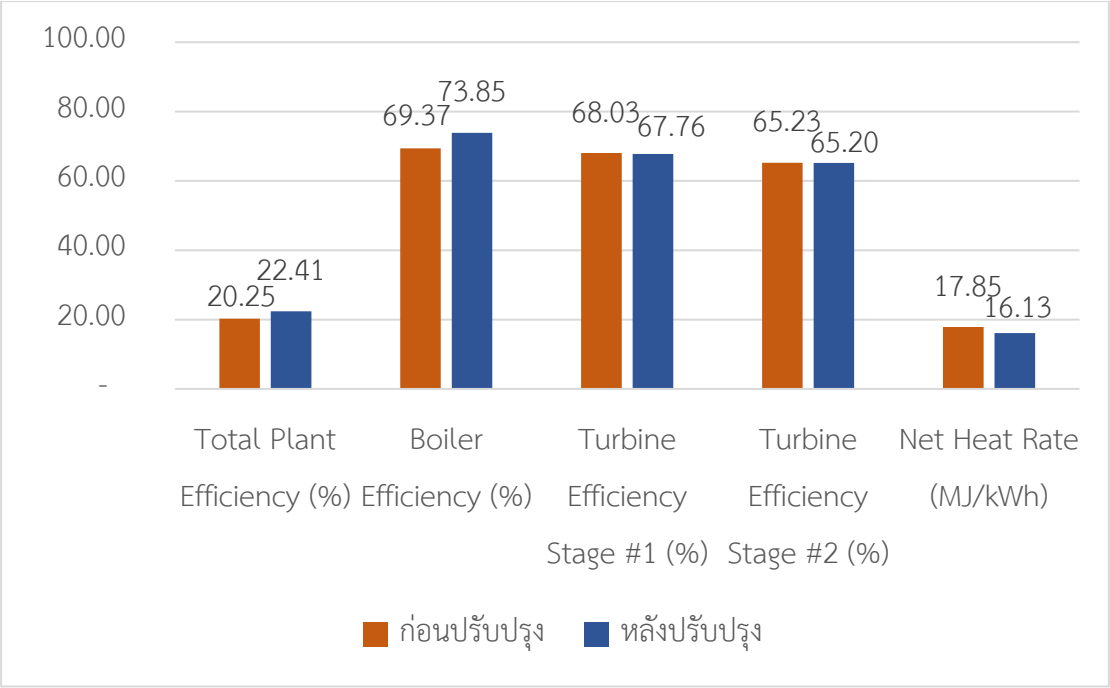
ภาพที่ 4.43 เปรียบเทียบประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ก่อนและหลังการปรับปรุง

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ มีค่าควบคุมที่ 85% แต่ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำยังไม่ได้ตามค่าควบคุม เนื่องจากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลดลง จากภาพ 4.38 จะเห็นได้ว่า ยังคงมีสาเหตุต่าง ๆ อีกที่ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำลดลง เช่น วาล์วของหม้อต้มไอน้ำรั่ว อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling Cooler) รั่ว ทำให้เกิดความร้อนสูญเสีย ระบบทำความสะอาดผิวท่อของหม้อต้มไอน้ำ (Soot blower) ใช้งานไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้มีขี้เถ้าเกาะบริเวณผิวท่อของหม้อน้ำ ส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน คุณภาพของเชื้อเพลิงที่มีความชื้น และปริมาณขี้เลื่อยสูง ส่งผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และอัตราการป้อนเชื้อเพลิง อีกทั้งพนักงานควบคุมเครื่องจักรที่ยังไม่มีความเชี่ยวชาญในการควบคุมเครื่องจักร ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ โรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาจะต้องแก้ไขปัญหาจากการวิเคราะห์สาเหตุให้ครบถ้วน

ผลที่ได้จากกระบวนการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพอื่นๆ เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นั่นคือ ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า และอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.44 เนื่องจากการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้านความร้อน โดยมีตัวแปรที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ อัตราการใช้เชื้อเพลิง ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง และหน่วยผลิตไฟฟ้า ทำให้การปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า และอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าดีขึ้นด้วย อีกทั้งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ด้านความร้อนเช่นเดียวกัน ไม่มีตัวแปรที่สัมพันธ์กันกับประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ดังนั้นประสิทธิภาพกังหันไอน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง จึงไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการการปรับปรุง จากโปรแกรมประมวลผล

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
1	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	%	20.25	22.41
2	ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ	%	69.37	73.85
3	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 1	%	68.03	67.76
4	ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำช่วงที่ 2	%	65.23	65.20
5	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	kJ/kWh	17,847.07	16,128.71



ภาพที่ 4.44 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพจากโปรแกรมประมวลผล พบว่าการปรับปรุงกระบวนการผลิตไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ จากการอ่านค่าจากโปรแกรมประมวลผล ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) เพิ่มขึ้น 4.48% จาก 69.37% เป็น 73.85% ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) เพิ่มขึ้น 2.16% จาก 20.25% เป็น 22.41% และอัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า ลดลง 1,718.36 kJ/kWh จาก 17,847.07 kJ/kWh เป็น 16,128.71 kJ/kWh แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการใช้พลังงานความร้อนป้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยลง หน่วยผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการลดโหลดของกระบวนการผลิตไฟฟ้าลดลง มีการควบคุมประสิทธิภาพได้อย่างต่อเนื่อง และจากการเพิ่มประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ยังส่งผลพลอยได้ให้ต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าลดลงอีกด้วย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมและติดตามอัตโนมัติ และเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า จากการดำเนินการวิจัย พบว่าสามารถพัฒนาโปรแกรมประมวลผลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ ที่คำนวณประมวลผลประสิทธิภาพให้กับโรงไฟฟ้าได้อย่างทันทีทันใดได้ ดังนี้ 1.) ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) 2.) ประสิทธิภาพของกังหันไอน้ำ (Turbine Efficiency) 3.) ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) 4.) ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE) 5.) อัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) ของโรงไฟฟ้า แสดงค่าผ่านโปรแกรมประมวลผลทั้งตัวเลข และกราฟ โดยติดตั้งซอฟต์แวร์รับส่งข้อมูล (OPC Server) เพื่อเป็นตัวกลางในการนำข้อมูลออกมา และใช้โปรแกรมประมวลผล (MATLAB 2020b) ในการประมวลผล ทำให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ลดเวลาในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า และสามารถรายงานผลประสิทธิภาพต่างๆ ให้กับผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงานได้อย่างอัตโนมัติ จากการหาแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำด้วยเทคนิคแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) จากการใช้งานระบบประมวลผล และทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต ทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (Boiler Efficiency) จาก 69.37% เป็น 73.85% (เพิ่มขึ้น 4.48 %) ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า (Total Plant Efficiency) จาก 20.25% เป็น 22.41% (เพิ่มขึ้น 2.16%) และอัตราการใช้พลังงานความร้อน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (Gross Heat Rate) จาก 17,847.07 kJ/kWh เป็น 16,128.71 kJ/kWh (ลดลง 1,718.36 kJ/kWh) นั่นแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าดีขึ้น เนื่องจากว่าผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมประสิทธิภาพได้อย่างต่อเนื่อง และปรับปรุงแก้ไขได้โดยทันที เนื่องจากการมีระบบควบคุมและติดตามประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า สามารถลดต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อประมวลในประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าได้ ไม่ว่าจะเป็นประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร และได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ ดังนั้นผู้กระทำการศึกษาสามารถนำประสิทธิภาพอื่นๆ มาทำการวิเคราะห์ปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่อไป อีกทั้งงานวิจัยนี้สามารถพัฒนาระบบประมวลผลเข้าสู่เทคนิคอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IOT) ได้อีกด้วย เพื่อรายงานผลให้กับผู้ใช้งานสามารถติดตาม และควบคุมประสิทธิภาพต่ออย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

[1] ธัญญพัทธ์ทิพย์ศุภวงศ์, วัชระ วงศ์ปัญโญ, บุญวัฒน์ วิจารณ์พล และ เกษณีย์ อิ่นอ้าย, “การศึกษาศักยภาพ ชีวมวลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง,” สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท.), ปีที่ 7, ฉบับที่ 2 , หน้า 1–11, 2563.

[2] Julia M. de O. Camargo, Jhuliana marcela Gallego Rios, Graziella C. Antonio and Juliana T.C. Leite, “Physicochemical Properties of Sugarcane Industry Residues Aiming at Their Use in Energy Processes,” Physicochemical Properties of Sugarcane Industry Residues Aiming at Their in Energy Processes, 2011.

[3] ปริยานุช ตันสกุล, “การศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2562.

[4] มณฑล เนตรทิพย์, “การศึกษาประสิทธิภาพ และการจัดการโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 1,500 กิโลวัตต์ กรณีศึกษา ห.ส.น. ธัญญกิจ นครปฐม (2521),” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2554.

[5] ภัททรียา กิตติเจริญเกียรติ, “การศึกษาแนวทางการบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงงานผลิตตัวเก็บประจุ,” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[6] จิรสิน กิตานุวัฒน์, “ความสัมพันธ์แหล่งข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการจัดการข้อมูล เพื่อความสำเร็จ ของกิจการในกลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์,” วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอก ระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.

[7] Prabhas Hundi and Rouzbeh Shahsavari, “ Comparative studies among machine learning models for performance estimation and health monitoring of thermal power plants,” Department of Civil and Environmental Engineering, Rice University, USA, 2020.

[8] นที ทองอุ่น และ ประเสริฐ สินน้อย, “การควบคุมเครื่องมือวัดด้วยโปรแกรม MATLAB,” วารสารวิชาการ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 45–52, 2552.

[9] นักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. (2004). ความร้อนเบื้องต้น. สืบค้น 16 เมษายน 2564, จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/file_handbook.html

[10] พิเชษฐ์ สิทธิโชคสกุลชัย, “การผลิตแบบลีน สู่การบัญชีแบบลีน,” วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, หน้า 84-98, เมษายน-มิถุนายน, 2553.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
แสดงผลของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า

ตารางที่ ก-1 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า ประจำปี 2563 (ก่อนการปรับปรุง)

ลำดับ	เดือน	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า	ประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร
1	มกราคม	21.83	73.78	16,490.39	98.26
2	กุมภาพันธ์	21.87	73.69	16,458.30	96.79
3	มีนาคม	22.09	73.96	16,295.90	96.28
4	เมษายน	21.07	72.38	17,089.81	96.42
5	พฤษภาคม	19.86	68.07	18,126.28	96.10
6	มิถุนายน	20.16	69.02	17,852.77	93.09
7	กรกฎาคม	20.50	70.42	17,558.50	94.45
8	สิงหาคม	19.20	66.03	18,752.17	97.04
9	กันยายน	19.65	67.57	18,320.91	94.56
10	ตุลาคม	18.39	63.90	19,577.49	87.05
11	พฤศจิกายน	20.34	71.12	17,701.26	87.61
12	ธันวาคม	18.05	62.50	19,941.08	94.00

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1	01/02/2022 08:00	23.25	76.17	68.76	64.88	15,482.17
2	01/02/2022 09:00	22.62	74.39	67.44	65.31	15,915.15
3	01/02/2022 10:00	22.36	74.65	66.92	65.64	16,102.57
4	01/02/2022 11:00	23.08	76.11	69.50	64.99	15,600.00
5	01/02/2022 12:00	21.09	69.80	67.27	64.69	17,072.95
6	01/02/2022 13:00	20.88	69.06	67.73	65.02	17,243.68
7	01/02/2022 14:00	22.65	74.58	67.69	65.02	15,894.59
8	01/02/2022 15:00	22.02	72.50	67.55	65.36	16,351.07
9	01/02/2022 16:00	21.84	72.18	70.06	64.86	16,483.77
10	01/02/2022 17:00	21.46	70.99	66.28	65.08	16,778.36
11	01/02/2022 18:00	23.52	77.48	67.21	64.82	15,305.41
12	01/02/2022 19:00	24.46	80.57	67.98	64.95	14,717.12
13	01/02/2022 20:00	25.48	83.98	66.37	65.02	14,129.70
14	01/02/2022 21:00	23.27	76.80	67.87	65.25	15,470.34
15	01/02/2022 22:00	23.29	76.27	68.60	65.29	15,458.47
16	01/02/2022 23:00	22.85	75.29	67.02	65.23	15,756.00
17	01/03/2022 00:00	22.24	73.96	65.75	64.99	16,189.18
18	01/03/2022 01:00	21.80	72.23	67.96	65.51	16,516.23
19	01/03/2022 02:00	23.05	75.83	67.71	65.57	15,615.51
20	01/03/2022 03:00	23.97	78.40	67.46	65.84	15,018.19

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
21	01/03/2022 04:00	22.62	74.78	68.40	65.29	15,915.15
22	01/03/2022 05:00	22.65	74.54	67.29	64.95	15,894.59
23	01/03/2022 06:00	23.08	75.99	66.06	65.02	15,600.00
24	01/03/2022 07:00	21.36	70.64	67.61	65.85	16,856.78
25	01/03/2022 08:00	22.02	72.13	67.98	65.79	16,346.63
26	01/03/2022 09:00	21.30	69.73	68.52	64.97	16,899.10
27	01/03/2022 10:00	22.06	73.05	67.11	65.51	16,316.67
28	01/03/2022 11:00	22.11	72.60	67.47	64.95	16,284.78
29	01/03/2022 12:00	22.04	73.25	66.66	65.57	16,335.49
30	01/03/2022 13:00	21.37	71.16	69.98	65.02	16,843.12
31	01/03/2022 14:00	20.95	69.08	65.89	65.51	17,183.39
32	01/03/2022 15:00	21.71	71.45	67.71	65.57	16,580.94
33	01/03/2022 16:00	22.40	73.19	66.06	65.13	16,068.05
34	01/03/2022 17:00	23.57	77.32	66.95	65.36	15,272.19
35	01/03/2022 18:00	23.45	77.01	67.05	65.28	15,354.24
36	01/03/2022 19:00	23.01	75.47	66.91	65.23	15,642.35
37	01/03/2022 21:00	23.27	76.98	67.87	64.47	15,472.90
38	01/03/2022 22:00	22.78	74.57	67.40	65.36	15,800.35
39	01/03/2022 23:00	22.87	75.82	67.54	65.25	15,741.31
40	01/04/2022 00:00	22.65	74.62	67.18	64.75	15,891.36

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
41	01/04/2022 01:00	23.94	79.00	66.06	65.02	15,038.51
42	01/04/2022 02:00	24.88	81.61	69.23	64.88	14,471.12
43	01/04/2022 03:00	26.43	86.07	66.44	65.14	13,620.03
44	01/04/2022 04:00	23.46	77.12	68.22	65.36	15,347.94
45	01/04/2022 05:00	23.60	77.15	67.36	64.95	15,251.49
46	01/04/2022 06:00	22.46	73.84	67.68	65.57	16,026.14
47	01/04/2022 07:00	23.15	76.03	65.72	64.81	15,550.11
48	01/04/2022 08:00	23.38	76.69	66.67	65.02	15,400.11
49	01/04/2022 09:00	21.65	71.23	67.04	65.29	16,625.65
50	01/04/2022 10:00	22.28	72.87	67.27	64.95	16,155.95
51	01/04/2022 11:00	22.28	72.86	67.24	65.09	16,155.95
52	01/04/2022 12:00	21.84	71.88	65.62	65.09	16,482.33
53	01/04/2022 13:00	20.72	68.14	67.81	64.95	17,376.30
54	01/04/2022 14:00	21.87	71.51	69.73	65.23	16,461.04
55	01/04/2022 15:00	20.16	65.74	67.17	65.09	17,858.20
56	01/04/2022 16:00	19.42	63.45	69.24	65.25	18,537.08
57	01/04/2022 17:00	20.62	68.56	67.65	65.35	17,457.51
58	01/04/2022 18:00	20.94	68.61	66.33	64.76	17,191.05
59	01/04/2022 19:00	22.07	72.76	65.46	65.79	16,309.70
60	01/04/2022 20:00	22.13	72.03	67.62	65.02	16,266.64

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
61	01/04/2022 21:00	22.55	74.56	66.95	65.08	15,965.21
62	01/04/2022 22:00	23.43	77.55	66.63	65.02	15,362.33
63	01/04/2022 23:00	23.43	77.13	66.05	64.95	15,362.33
64	01/05/2022 00:00	22.32	73.81	67.55	65.51	16,129.91
65	01/05/2022 01:00	21.53	71.65	67.76	65.71	16,719.93
66	01/05/2022 02:00	23.10	76.72	66.74	65.23	15,581.11
67	01/05/2022 03:00	23.14	76.11	68.56	65.23	15,556.13
68	01/05/2022 04:00	23.40	77.06	66.93	64.99	15,383.97
69	01/05/2022 05:00	23.17	76.47	68.08	65.22	15,537.81
70	01/05/2022 06:00	22.52	74.13	66.76	65.02	15,988.47
71	01/05/2022 07:00	22.52	74.02	70.21	64.95	15,988.47
72	01/05/2022 08:00	21.34	70.50	69.15	65.02	16,870.36
73	01/05/2022 09:00	20.21	66.51	66.33	65.03	17,814.20
74	01/05/2022 10:00	21.16	69.62	69.90	65.02	17,009.50
75	01/05/2022 11:00	19.96	66.25	71.02	65.71	18,038.04
76	01/05/2022 12:00	18.93	63.15	69.05	65.57	19,020.31
77	01/05/2022 13:00	19.05	63.09	69.56	64.91	18,897.11
78	01/05/2022 14:00	19.82	65.54	68.27	65.36	18,164.75
79	01/05/2022 15:00	20.40	66.81	71.33	65.71	17,644.67
80	01/05/2022 16:00	20.88	68.30	66.34	64.95	17,238.23

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
81	01/05/2022 17:00	21.35	70.64	69.77	65.57	16,862.00
82	01/05/2022 18:00	22.40	73.28	68.39	64.94	16,068.79
83	01/05/2022 19:00	22.00	72.08	67.73	64.81	16,361.15
84	01/05/2022 20:00	23.52	77.15	66.06	65.02	15,304.53
85	01/05/2022 21:00	24.88	81.69	68.11	65.49	14,471.85
86	01/05/2022 22:00	24.18	79.03	70.99	65.23	14,888.36
87	01/05/2022 23:00	22.37	73.55	71.77	65.71	16,094.24
88	01/06/2022 00:00	21.86	72.07	67.56	65.51	16,466.96
89	01/06/2022 01:00	21.43	71.01	67.43	65.09	16,795.62
90	01/06/2022 02:00	20.11	66.18	66.06	65.02	17,905.97
91	01/06/2022 03:00	20.11	66.38	65.66	64.95	17,904.04
92	01/06/2022 04:00	19.95	69.70	67.91	65.23	18,047.41
93	01/06/2022 05:00	20.11	66.10	66.79	64.81	17,904.04
94	01/06/2022 06:00	20.48	67.60	69.95	64.95	17,578.88
95	01/06/2022 07:00	19.75	64.88	66.62	65.29	18,229.20
96	01/06/2022 08:00	19.88	65.79	70.12	64.95	18,111.53
97	01/06/2022 09:00	20.54	67.90	69.70	65.23	17,522.72
98	01/06/2022 10:00	19.21	62.96	69.80	64.76	18,735.40
99	01/06/2022 11:00	19.82	65.10	67.60	65.25	18,159.19
100	01/06/2022 12:00	19.21	63.59	64.05	64.81	18,736.32

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
101	01/06/2022 13:00	19.42	64.21	67.63	65.76	18,537.88
102	01/06/2022 14:00	20.01	66.33	64.91	65.08	17,992.85
103	01/06/2022 15:00	21.46	70.72	66.90	65.36	16,772.84
104	01/06/2022 16:00	22.08	72.17	67.21	65.02	16,305.24
105	01/06/2022 17:00	22.93	75.09	69.03	65.08	15,701.28
106	01/06/2022 18:00	21.64	71.64	66.96	65.29	16,633.71
107	01/06/2022 19:00	21.68	71.24	65.50	65.07	16,606.77
108	01/06/2022 20:00	21.46	70.45	67.82	65.14	16,772.84
109	01/06/2022 21:00	22.08	72.42	69.67	65.02	16,304.33
110	01/06/2022 22:00	22.77	74.74	67.86	65.02	15,813.70
111	01/06/2022 23:00	23.69	77.22	67.55	65.00	15,196.21
112	01/07/2022 00:00	23.13	75.86	65.80	65.02	15,563.30
113	01/07/2022 01:00	21.74	71.62	68.36	65.43	16,562.48
114	01/07/2022 02:00	22.35	72.69	69.26	65.79	16,104.20
115	01/07/2022 03:00	21.84	71.50	65.87	65.02	16,487.20
116	01/07/2022 04:00	22.60	74.47	66.45	65.02	15,928.06
117	01/07/2022 05:00	23.02	75.83	71.37	65.02	15,638.51
118	01/07/2022 06:00	22.79	75.01	67.91	65.29	15,794.89
119	01/07/2022 07:00	22.99	76.30	67.92	65.28	15,659.03
120	01/07/2022 08:00	20.57	67.68	66.81	65.43	17,499.99

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
121	01/07/2022 09:00	20.87	68.90	65.09	65.02	17,250.85
122	01/07/2022 10:00	22.66	74.79	65.75	65.23	15,886.98
123	01/07/2022 11:00	22.26	72.99	67.49	65.15	16,175.28
124	01/07/2022 12:00	22.09	72.55	66.60	65.08	16,300.58
125	01/07/2022 13:00	20.98	69.79	64.86	65.02	17,159.42
126	01/07/2022 14:00	22.09	72.99	69.60	64.88	16,300.58
127	01/07/2022 15:00	23.31	76.42	67.25	64.88	15,444.23
128	01/07/2022 16:00	23.75	77.71	66.34	65.02	15,157.95
129	01/07/2022 17:00	24.44	80.10	67.21	65.29	14,731.24
130	01/07/2022 18:00	23.25	75.99	68.54	65.79	15,484.93
131	01/07/2022 19:00	21.71	71.34	70.05	65.02	16,583.79
132	01/07/2022 20:00	21.81	71.28	68.83	64.95	16,506.92
133	01/07/2022 21:00	21.41	69.82	67.86	64.95	16,818.06
134	01/07/2022 22:00	21.18	69.54	67.30	64.81	17,000.66
135	01/07/2022 23:00	21.83	71.33	70.62	65.15	16,493.51
136	01/08/2022 00:00	21.83	71.34	70.06	65.22	16,493.51
137	01/08/2022 01:00	22.05	72.97	67.42	64.81	16,330.21
138	01/08/2022 02:00	22.05	72.88	67.14	65.00	16,330.21
139	01/08/2022 03:00	24.38	79.75	66.87	65.29	14,768.71
140	01/08/2022 04:00	23.70	77.83	69.32	65.57	15,187.42

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
141	01/08/2022 05:00	22.79	75.56	67.49	65.57	15,795.20
142	01/08/2022 06:00	23.49	77.52	67.70	65.00	15,326.04
143	01/08/2022 07:00	23.94	79.16	66.93	65.02	15,037.05
144	01/08/2022 08:00	24.04	79.36	66.82	65.02	14,977.56
145	01/08/2022 09:00	22.72	74.91	70.39	65.29	15,843.08
146	01/08/2022 10:00	19.82	65.42	66.28	65.55	18,165.46
147	01/08/2022 11:00	20.41	67.06	66.97	65.49	17,640.21
148	01/08/2022 12:00	21.00	69.13	67.47	65.09	17,144.58
149	01/08/2022 14:00	22.25	73.47	67.91	64.43	16,182.78
150	01/08/2022 15:00	20.66	68.21	64.65	64.95	17,427.40
151	01/08/2022 16:00	22.25	72.75	65.83	65.06	16,182.78
152	01/08/2022 17:00	23.14	75.86	67.04	64.95	15,560.46
153	01/08/2022 18:00	22.03	71.92	64.95	65.15	16,344.60
154	01/08/2022 19:00	21.18	69.57	67.61	65.43	16,998.85
155	01/08/2022 20:00	22.35	72.79	70.45	64.81	16,104.39
156	01/08/2022 21:00	22.80	74.42	66.53	64.88	15,787.60
157	01/08/2022 22:00	22.36	73.23	66.33	65.08	16,103.24
158	01/08/2022 23:00	22.80	74.31	71.20	65.02	15,787.60
159	01/09/2022 00:00	22.79	75.39	67.35	64.88	15,793.11
160	01/09/2022 01:00	23.65	78.43	67.95	65.71	15,221.92

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
161	01/09/2022 02:00	24.37	79.44	67.86	65.85	14,771.43
162	01/09/2022 03:00	23.69	77.72	66.28	65.08	15,193.58
163	01/09/2022 04:00	23.19	76.21	68.07	65.71	15,521.02
164	01/09/2022 05:00	22.38	73.75	68.12	65.29	16,085.77
165	01/09/2022 06:00	22.83	74.62	68.12	65.02	15,767.24
166	01/09/2022 07:00	23.02	75.48	70.70	65.29	15,635.65
167	01/09/2022 08:00	22.76	74.86	69.29	65.02	15,816.81
168	01/09/2022 09:00	22.74	74.74	67.00	65.29	15,832.33
169	01/09/2022 10:00	22.35	73.23	66.39	65.07	16,104.23
170	01/09/2022 11:00	24.59	80.36	67.07	64.64	14,639.81
171	01/09/2022 12:00	20.63	68.34	63.28	64.88	17,447.82
172	01/09/2022 13:00	23.63	77.92	68.21	65.36	15,235.09
173	01/09/2022 14:00	21.57	70.67	66.12	65.08	16,689.65
174	01/09/2022 15:00	24.11	78.87	66.30	64.93	14,933.40
175	01/09/2022 16:00	23.20	75.90	67.16	65.02	15,518.82
176	01/09/2022 17:00	22.94	75.25	64.33	65.51	15,692.21
177	01/09/2022 18:00	22.71	74.42	66.66	65.71	15,853.99
178	01/09/2022 19:00	23.63	76.98	68.63	65.43	15,235.09
179	01/09/2022 20:00	23.40	76.23	68.09	64.88	15,383.70
180	01/09/2022 21:00	23.63	77.29	67.31	65.07	15,232.43

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
181	01/09/2022 22:00	23.63	76.80	70.94	65.06	15,232.43
182	01/09/2022 23:00	22.95	74.64	69.16	65.23	15,686.41
183	01/10/2022 00:00	21.70	71.78	70.28	65.02	16,591.40
184	01/10/2022 01:00	21.04	69.08	66.01	65.02	17,112.49
185	01/10/2022 02:00	23.14	75.18	68.30	65.02	15,560.77
186	01/10/2022 03:00	22.68	73.35	68.13	65.09	15,872.21
187	01/10/2022 04:00	22.46	72.90	68.00	65.29	16,030.93
188	01/10/2022 05:00	21.78	70.76	69.29	65.85	16,526.73
189	01/10/2022 06:00	22.02	71.21	69.10	65.09	16,345.48
190	01/10/2022 07:00	22.24	76.35	65.45	64.95	16,183.64
191	01/10/2022 08:00	21.68	70.72	65.99	64.69	16,602.65
192	01/10/2022 09:00	22.76	74.85	67.46	64.95	15,819.07
193	01/10/2022 10:00	21.88	71.85	67.15	65.29	16,451.87
194	01/10/2022 11:00	21.65	71.33	67.09	65.57	16,628.93
195	01/10/2022 12:00	22.65	75.46	65.27	65.02	15,892.68
196	01/10/2022 13:00	21.36	70.51	67.67	65.30	16,850.52
197	01/10/2022 14:00	22.39	73.87	67.35	65.29	16,075.60
198	01/10/2022 15:00	23.50	77.11	66.83	65.08	15,316.83
199	01/10/2022 16:00	23.04	75.91	67.42	65.57	15,626.26
200	01/10/2022 17:00	20.64	68.20	66.56	65.79	17,441.72

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
201	01/10/2022 18:00	20.55	68.13	65.17	65.15	17,516.84
202	01/10/2022 19:00	21.70	71.59	66.97	64.81	16,586.09
203	01/10/2022 20:00	22.43	73.95	65.80	65.02	16,051.42
204	01/10/2022 21:00	22.42	73.46	67.60	65.43	16,054.32
205	01/10/2022 22:00	23.21	76.11	67.60	64.95	15,510.99
206	01/10/2022 23:00	22.73	74.97	67.76	65.51	15,838.35
207	01/11/2022 00:00	22.73	74.57	67.86	65.51	15,838.35
208	01/11/2022 01:00	22.11	72.84	70.89	65.51	16,282.94
209	01/11/2022 02:00	22.11	72.83	67.11	65.09	16,282.94
210	01/11/2022 03:00	22.75	74.28	66.12	64.81	15,823.22
211	01/11/2022 04:00	22.11	71.92	68.03	65.43	16,282.94
212	01/11/2022 05:00	23.18	75.39	67.94	65.51	15,533.81
213	01/11/2022 06:00	22.33	73.00	65.98	64.93	16,121.72
214	01/11/2022 07:00	23.41	76.46	67.67	65.15	15,378.48
215	01/11/2022 08:00	23.19	75.59	67.49	65.10	15,524.72
216	01/11/2022 09:00	23.19	76.05	66.11	65.02	15,524.72
217	01/11/2022 10:00	23.25	76.96	66.89	65.57	15,481.96
218	01/11/2022 11:00	27.09	89.19	66.44	64.80	13,290.51
219	01/11/2022 12:00	27.91	91.62	67.11	65.03	12,900.38
220	01/11/2022 13:00	25.76	85.14	67.60	65.08	13,976.87

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
221	01/11/2022 14:00	24.27	81.23	66.17	65.92	14,832.89
222	01/11/2022 15:00	24.11	79.97	67.37	65.29	14,930.42
223	01/11/2022 16:00	23.73	78.16	65.66	64.88	15,172.37
224	01/11/2022 17:00	25.85	85.25	66.41	65.29	13,924.70
225	01/11/2022 18:00	24.33	80.91	67.53	65.36	14,795.15
226	01/11/2022 19:00	24.32	80.45	67.36	65.36	14,801.02
227	01/11/2022 20:00	25.74	84.92	67.53	65.07	13,988.24
228	01/11/2022 21:00	22.57	74.48	67.77	65.09	15,950.69
229	01/11/2022 22:00	22.60	73.80	66.27	65.02	15,929.60
230	01/11/2022 23:00	22.60	73.42	67.21	65.14	15,929.60
231	01/12/2022 00:00	21.41	70.56	69.92	65.29	16,813.89
232	01/12/2022 01:00	21.00	68.82	69.14	65.09	17,146.65
233	01/12/2022 02:00	22.95	74.66	68.28	64.95	15,687.17
234	01/12/2022 03:00	22.10	72.53	65.61	65.02	16,290.42
235	01/12/2022 04:00	21.66	70.64	68.02	65.49	16,619.52
236	01/12/2022 05:00	22.94	75.56	69.68	65.51	15,696.36
237	01/12/2022 06:00	22.95	74.72	65.34	64.95	15,687.17
238	01/12/2022 07:00	20.94	68.33	65.44	65.23	17,195.30
239	01/12/2022 08:00	21.25	69.50	66.67	64.95	16,938.24
240	01/12/2022 09:00	22.83	74.86	65.98	65.02	15,767.93

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
241	01/12/2022 10:00	23.30	77.19	66.32	65.64	15,452.38
242	01/12/2022 11:00	20.88	68.92	67.04	65.51	17,243.45
243	01/12/2022 12:00	21.50	71.09	64.53	65.51	16,747.17
244	01/12/2022 13:00	20.14	66.78	68.13	65.31	17,877.20
245	01/12/2022 14:00	21.32	70.26	66.76	65.23	16,886.46
246	01/12/2022 15:00	21.93	72.32	66.10	65.43	16,418.16
247	01/12/2022 16:00	21.38	70.08	66.15	65.23	16,840.89
248	01/12/2022 17:00	22.09	72.50	67.76	64.62	16,295.59
249	01/12/2022 18:00	21.65	71.06	67.88	65.25	16,624.79
250	01/12/2022 19:00	22.09	72.17	66.65	65.02	16,295.59
251	01/12/2022 20:00	20.37	67.01	72.85	65.81	17,670.37
252	01/12/2022 21:00	21.26	69.95	66.77	64.75	16,936.55
253	01/12/2022 22:00	22.53	73.64	66.82	65.07	15,977.73
254	01/12/2022 23:00	22.09	72.00	68.62	65.15	16,297.34
255	01/13/2022 00:00	20.48	66.75	66.99	65.15	17,575.77
256	01/13/2022 01:00	18.72	61.95	70.68	65.36	19,235.10
257	01/13/2022 02:00	20.48	67.19	65.93	64.88	17,576.07
258	01/13/2022 03:00	22.89	74.93	69.54	64.75	15,725.68
259	01/13/2022 04:00	22.89	74.99	66.65	65.02	15,725.68
260	01/13/2022 05:00	21.62	70.84	67.10	65.15	16,650.88

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
261	01/13/2022 06:00	22.89	74.81	66.92	65.15	15,725.68
262	01/13/2022 07:00	22.45	73.53	68.04	65.02	16,034.08
263	01/13/2022 08:00	22.50	73.92	67.03	65.03	15,997.38
264	01/13/2022 09:00	23.35	77.39	65.93	65.15	15,416.26
265	01/13/2022 10:00	23.84	78.36	68.25	64.97	15,101.65
266	01/13/2022 11:00	23.76	78.59	67.21	65.71	15,149.99
267	01/13/2022 12:00	24.04	79.42	66.46	65.15	14,972.95
268	01/13/2022 13:00	23.12	77.02	67.41	64.85	15,571.27
269	01/13/2022 14:00	23.35	77.02	65.89	64.69	15,417.10
270	01/13/2022 15:00	25.29	83.52	70.98	64.81	14,232.30
271	01/13/2022 16:00	23.51	77.68	66.66	65.02	15,310.63
272	01/13/2022 17:00	23.44	77.29	67.28	65.43	15,356.63
273	01/13/2022 18:00	24.91	81.61	66.63	65.23	14,450.93
274	01/13/2022 19:00	24.04	78.76	67.16	65.15	14,975.48
275	01/13/2022 20:00	23.36	76.78	66.30	64.95	15,408.98
276	01/13/2022 21:00	24.52	80.19	68.93	65.64	14,681.52
277	01/13/2022 22:00	23.36	76.37	67.68	64.81	15,408.98
278	01/13/2022 23:00	23.81	77.80	67.68	65.23	15,118.10
279	01/14/2022 00:00	22.02	72.07	67.27	65.30	16,346.36
280	01/14/2022 01:00	21.42	70.26	69.97	65.51	16,806.13

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
281	01/14/2022 02:00	22.44	73.89	67.44	65.02	16,044.04
282	01/14/2022 03:00	25.50	83.12	69.91	64.95	14,118.10
283	01/14/2022 04:00	23.52	77.02	67.66	65.14	15,306.06
284	01/14/2022 05:00	25.50	83.31	67.25	64.88	14,118.10
285	01/14/2022 06:00	24.00	78.29	67.37	64.95	15,002.97
286	01/14/2022 07:00	25.25	82.51	67.02	65.23	14,259.28
287	01/14/2022 08:00	22.90	74.82	67.02	64.95	15,718.71
288	01/14/2022 09:00	21.94	72.16	67.67	65.64	16,407.36
289	01/14/2022 10:00	23.09	76.20	66.31	64.95	15,594.54
290	01/14/2022 11:00	24.28	80.33	67.88	65.43	14,824.93
291	01/14/2022 12:00	24.30	80.23	67.35	65.30	14,812.69
292	01/14/2022 13:00	24.55	81.00	66.60	64.81	14,666.03
293	01/14/2022 14:00	25.05	81.64	67.41	64.97	14,372.96
294	01/14/2022 15:00	24.07	79.09	66.25	64.88	14,959.10
295	01/14/2022 16:00	22.44	74.14	66.34	65.49	16,042.02
296	01/14/2022 17:00	21.57	70.54	68.74	65.42	16,690.69
297	01/14/2022 18:00	23.33	76.33	66.63	64.95	15,433.69
298	01/14/2022 19:00	23.33	76.63	68.97	65.36	15,430.41
299	01/14/2022 20:00	22.19	73.00	67.00	65.43	16,224.43
300	01/14/2022 21:00	24.13	79.12	66.55	64.95	14,920.05

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
301	01/14/2022 22:00	24.34	79.58	67.58	65.15	14,791.68
302	01/14/2022 23:00	23.87	78.32	66.78	64.95	15,081.61
303	01/15/2022 00:00	24.34	79.65	66.60	64.95	14,791.68
304	01/15/2022 01:00	21.67	71.48	68.93	65.71	16,609.19
305	01/15/2022 02:00	22.57	74.01	68.02	64.81	15,951.40
306	01/15/2022 03:00	25.61	83.73	70.30	65.23	14,058.46
307	01/15/2022 04:00	23.86	78.34	67.94	65.36	15,090.50
308	01/15/2022 05:00	24.34	79.46	66.66	64.95	14,791.68
309	01/15/2022 06:00	22.99	75.20	66.19	65.23	15,661.47
310	01/15/2022 07:00	23.87	78.24	69.95	65.15	15,081.61
311	01/15/2022 08:00	22.08	72.29	65.77	65.22	16,303.90
312	01/15/2022 09:00	21.70	71.66	65.74	65.15	16,587.02
313	01/15/2022 10:00	22.35	73.18	66.88	65.23	16,106.69
314	01/15/2022 11:00	21.92	72.00	70.18	64.88	16,422.79
315	01/15/2022 12:00	21.11	69.71	68.40	65.02	17,054.98
316	01/15/2022 13:00	20.26	66.83	69.17	64.77	17,772.21
317	01/15/2022 14:00	22.19	73.10	70.01	64.88	16,226.33
318	01/15/2022 15:00	21.11	69.20	66.62	65.36	17,050.30
319	01/15/2022 16:00	21.14	68.86	71.23	65.29	17,032.45
320	01/15/2022 17:00	21.65	70.53	66.76	65.36	16,629.59

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
321	01/15/2022 18:00	20.59	67.58	68.12	65.99	17,485.13
322	01/15/2022 19:00	21.87	72.05	66.14	65.29	16,463.30
323	01/15/2022 20:00	21.25	69.58	66.81	65.00	16,938.76
324	01/15/2022 21:00	21.66	70.98	66.11	65.02	16,619.53
325	01/15/2022 22:00	21.76	71.94	68.63	65.36	16,541.01
326	01/15/2022 23:00	22.05	72.14	69.11	65.09	16,328.84
327	01/16/2022 00:00	20.97	69.12	65.89	65.79	17,164.27
328	01/16/2022 01:00	20.08	66.95	71.96	65.15	17,929.48
329	01/16/2022 02:00	22.05	72.12	67.76	65.15	16,328.84
330	01/16/2022 03:00	21.83	71.39	67.00	65.43	16,493.78
331	01/16/2022 04:00	21.84	71.51	71.24	65.23	16,484.50
332	01/16/2022 05:00	21.43	70.09	67.75	65.09	16,801.83
333	01/16/2022 06:00	21.03	68.50	67.65	65.15	17,119.16
334	01/16/2022 07:00	21.43	70.32	67.22	64.88	16,801.83
335	01/16/2022 08:00	21.84	71.23	66.88	65.23	16,484.50
336	01/16/2022 09:00	22.27	72.88	66.17	65.23	16,167.17
337	01/16/2022 10:00	23.66	77.38	66.64	64.93	15,215.18
338	01/16/2022 11:00	21.59	70.51	68.39	65.93	16,675.35
339	01/16/2022 12:00	20.84	68.56	69.69	65.79	17,272.34
340	01/16/2022 13:00	21.29	69.97	66.07	65.02	16,909.44

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
341	01/16/2022 14:00	22.57	73.91	70.56	65.00	15,953.25
342	01/16/2022 15:00	22.12	72.61	64.49	64.95	16,272.59
343	01/16/2022 16:00	22.12	72.85	65.00	65.08	16,272.59
344	01/16/2022 17:00	22.12	72.24	66.60	65.08	16,272.59
345	01/16/2022 18:00	23.11	76.36	64.58	65.02	15,576.31
346	01/16/2022 19:00	22.69	74.31	71.75	65.43	15,863.59
347	01/16/2022 20:00	22.71	74.13	69.87	64.95	15,853.82
348	01/16/2022 21:00	23.15	75.83	67.10	65.02	15,549.46
349	01/16/2022 22:00	21.34	69.85	66.93	65.57	16,871.56
350	01/16/2022 23:00	21.35	69.85	68.06	65.02	16,863.56
351	01/17/2022 00:00	22.79	74.45	71.36	65.09	15,794.10
352	01/17/2022 01:00	21.35	70.68	66.21	64.88	16,863.56
353	01/17/2022 02:00	21.91	72.00	66.32	65.57	16,432.72
354	01/17/2022 03:00	21.14	68.96	72.16	65.29	17,032.20
355	01/17/2022 04:00	23.48	76.87	71.78	65.29	15,331.70
356	01/17/2022 05:00	20.97	68.78	64.65	65.02	17,170.46
357	01/17/2022 06:00	20.60	67.08	68.17	65.15	17,477.35
358	01/17/2022 07:00	22.56	74.30	68.13	65.22	15,954.53
359	01/17/2022 08:00	23.02	75.43	67.45	65.02	15,638.60
360	01/17/2022 09:00	22.15	72.34	66.80	64.95	16,250.64

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
361	01/17/2022 10:00	22.15	72.76	67.34	65.02	16,250.64
362	01/17/2022 11:00	22.58	73.93	69.14	64.80	15,944.62
363	01/17/2022 12:00	21.53	70.96	68.11	65.28	16,722.23
364	01/17/2022 13:00	21.31	70.19	68.91	65.29	16,891.14
365	01/17/2022 14:00	22.15	73.28	67.62	64.95	16,250.64
366	01/17/2022 15:00	23.96	78.53	67.12	65.02	15,024.81
367	01/17/2022 16:00	23.02	75.42	67.13	64.81	15,638.60
368	01/17/2022 17:00	24.46	80.32	70.08	65.02	14,717.91
369	01/17/2022 18:00	23.72	77.81	65.63	65.36	15,175.05
370	01/17/2022 19:00	23.01	75.63	67.63	65.85	15,644.39
371	01/17/2022 20:00	22.35	73.50	71.05	65.15	16,107.32
372	01/17/2022 21:00	23.61	77.85	68.69	65.76	15,245.57
373	01/17/2022 22:00	23.60	77.49	67.20	64.88	15,251.86
374	01/17/2022 23:00	23.39	77.57	66.42	64.95	15,391.28
375	01/18/2022 00:00	21.92	72.37	69.25	64.69	16,424.81
376	01/18/2022 01:00	21.49	71.39	67.36	64.88	16,753.03
377	01/18/2022 02:00	21.70	71.37	68.48	65.51	16,589.34
378	01/18/2022 03:00	21.92	72.33	67.91	65.56	16,421.77
379	01/18/2022 04:00	21.28	70.43	68.57	64.97	16,920.56
380	01/18/2022 05:00	21.28	70.17	68.21	65.14	16,920.56

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
381	01/18/2022 06:00	20.88	68.12	67.36	64.88	17,238.78
382	01/18/2022 07:00	21.49	70.92	66.77	64.81	16,753.03
383	01/18/2022 08:00	20.40	67.39	67.86	65.15	17,648.16
384	01/18/2022 09:00	19.89	65.27	68.32	65.36	18,101.87
385	01/18/2022 10:00	20.99	68.72	68.43	65.57	17,149.96
386	01/18/2022 11:00	21.23	69.50	66.17	64.95	16,954.05
387	01/18/2022 12:00	20.47	67.51	70.05	65.02	17,582.91
388	01/18/2022 13:00	20.47	67.27	68.19	65.02	17,582.91
389	01/18/2022 14:00	21.63	70.66	65.91	65.08	16,640.55
390	01/18/2022 15:00	22.48	73.09	67.78	65.02	16,013.56
391	01/18/2022 16:00	22.48	73.32	67.17	64.88	16,013.56
392	01/18/2022 17:00	22.05	72.09	66.60	64.81	16,327.06
393	01/18/2022 18:00	22.26	73.22	66.79	64.95	16,173.70
394	01/18/2022 19:00	22.04	71.86	67.10	65.36	16,337.07
395	01/18/2022 20:00	24.17	79.00	65.29	65.08	14,897.26
396	01/18/2022 21:00	23.41	76.52	66.61	64.88	15,377.57
397	01/18/2022 22:00	23.41	76.50	67.48	64.81	15,377.57
398	01/18/2022 23:00	21.04	68.74	66.40	64.81	17,110.35
399	01/19/2022 00:00	19.98	65.73	68.05	65.51	18,014.07
400	01/19/2022 01:00	21.39	69.78	67.54	65.09	16,831.53

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
401	01/19/2022 02:00	20.78	67.94	66.47	65.15	17,326.82
402	01/19/2022 03:00	22.70	74.25	66.94	64.95	15,860.32
403	01/19/2022 04:00	21.81	71.05	66.97	64.81	16,507.79
404	01/19/2022 05:00	22.47	73.47	66.35	65.23	16,018.92
405	01/19/2022 06:00	21.81	71.16	66.66	64.95	16,507.79
406	01/19/2022 07:00	25.10	83.52	63.59	64.49	14,343.95
407	01/19/2022 08:00	21.95	71.92	66.96	64.95	16,401.87
408	01/19/2022 09:00	21.74	71.50	71.31	65.57	16,561.75
409	01/19/2022 10:00	20.95	68.58	66.67	65.14	17,184.12
410	01/19/2022 11:00	22.01	72.19	70.53	65.02	16,356.97
411	01/19/2022 12:00	22.45	73.88	67.38	65.00	16,033.18
412	01/19/2022 13:00	21.65	71.60	70.19	65.23	16,626.79
413	01/19/2022 14:00	22.05	72.51	66.17	64.81	16,329.99
414	01/19/2022 15:00	27.10	89.02	67.80	65.36	13,283.26
415	01/19/2022 16:00	26.36	86.32	65.77	65.08	13,657.91
416	01/19/2022 17:00	26.91	88.70	67.24	65.64	13,377.07
417	01/19/2022 18:00	22.61	74.78	68.20	65.29	15,919.38
418	01/19/2022 19:00	22.20	73.65	67.22	64.88	16,215.84
419	01/19/2022 20:00	21.98	72.50	68.67	65.23	16,378.00
420	01/19/2022 21:00	20.69	68.20	65.81	65.29	17,401.63

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
421	01/19/2022 22:00	20.89	68.65	66.94	64.88	17,229.33
422	01/19/2022 23:00	20.68	68.09	69.48	65.57	17,408.59
423	01/20/2022 00:00	21.65	71.17	69.05	65.29	16,626.04
424	01/20/2022 01:00	19.46	64.75	71.44	65.51	18,499.81
425	01/20/2022 02:00	21.26	70.11	67.06	65.23	16,931.77
426	01/20/2022 03:00	22.71	74.86	69.24	65.51	15,852.48
427	01/20/2022 04:00	22.08	72.58	67.13	65.02	16,303.53
428	01/20/2022 05:00	22.95	75.36	67.51	64.88	15,688.92
429	01/20/2022 06:00	23.40	76.72	66.86	65.15	15,381.61
430	01/20/2022 07:00	22.49	74.21	68.24	65.15	16,005.86
431	01/20/2022 08:00	22.80	75.35	67.98	64.93	15,789.01
432	01/20/2022 09:00	23.64	77.61	66.07	64.95	15,229.77
433	01/20/2022 10:00	23.89	78.64	66.37	64.88	15,068.61
434	01/20/2022 11:00	24.62	80.74	67.02	65.15	14,622.46
435	01/20/2022 12:00	21.56	71.07	70.34	65.36	16,695.61
436	01/20/2022 13:00	20.44	67.47	70.18	65.23	17,608.75
437	01/20/2022 14:00	22.27	73.19	66.34	65.08	16,166.45
438	01/20/2022 15:00	21.61	71.36	66.98	65.09	16,655.98
439	01/20/2022 16:00	23.03	75.70	68.20	65.57	15,629.00
440	01/20/2022 17:00	27.78	92.79	63.65	64.79	12,961.25

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
441	01/20/2022 18:00	21.31	70.20	67.50	64.75	16,890.32
442	01/20/2022 19:00	22.08	72.71	66.67	64.88	16,306.76
443	01/20/2022 20:00	22.30	73.17	66.52	65.08	16,146.89
444	01/20/2022 21:00	21.42	71.07	67.31	65.57	16,805.94
445	01/20/2022 22:00	21.42	70.87	68.32	65.57	16,805.94
446	01/20/2022 23:00	21.44	71.33	67.64	64.88	16,793.25
447	01/21/2022 00:00	21.72	70.94	67.96	65.43	16,574.82
448	01/21/2022 01:00	20.34	67.64	68.96	65.29	17,699.52
449	01/21/2022 02:00	23.93	78.13	66.69	65.02	15,044.87
450	01/21/2022 03:00	24.84	81.09	67.04	64.86	14,491.56
451	01/21/2022 04:00	24.32	79.68	67.72	65.02	14,800.00
452	01/21/2022 05:00	23.86	78.25	67.72	65.71	15,089.15
453	01/21/2022 06:00	23.60	77.60	66.86	65.36	15,253.06
454	01/21/2022 07:00	22.67	74.26	68.32	65.15	15,882.58
455	01/21/2022 08:00	23.59	76.72	68.70	65.51	15,259.53
456	01/21/2022 09:00	23.35	75.87	67.12	65.28	15,416.89
457	01/21/2022 10:00	22.91	75.06	69.20	65.42	15,712.45
458	01/21/2022 11:00	20.28	66.39	64.51	64.75	17,750.98
459	01/21/2022 12:00	21.03	69.22	68.18	65.02	17,117.21
460	01/21/2022 13:00	20.82	68.38	66.83	65.14	17,288.39

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
461	01/21/2022 14:00	22.27	72.90	70.22	64.81	16,166.57
462	01/21/2022 15:00	22.27	73.02	68.35	65.08	16,166.57
463	01/21/2022 16:00	24.14	78.95	66.91	65.29	14,914.15
464	01/21/2022 17:00	22.29	73.12	66.87	65.36	16,152.25
465	01/21/2022 18:00	22.08	72.97	65.73	65.08	16,305.27
466	01/21/2022 19:00	22.07	73.35	66.75	65.36	16,315.40
467	01/21/2022 20:00	19.87	65.72	67.40	65.36	18,121.41
468	01/21/2022 21:00	20.70	68.23	66.21	65.02	17,392.75
469	01/21/2022 22:00	21.53	71.02	68.13	64.88	16,723.72
470	01/21/2022 23:00	21.10	69.55	66.78	65.08	17,058.74
471	01/22/2022 00:00	21.32	70.25	68.11	65.02	16,888.38
472	01/22/2022 01:00	20.33	67.45	68.80	65.51	17,710.92
473	01/22/2022 02:00	21.13	69.70	70.07	65.02	17,038.72
474	01/22/2022 03:00	23.48	76.90	67.32	65.57	15,332.82
475	01/22/2022 04:00	24.84	81.56	67.17	65.29	14,494.62
476	01/22/2022 05:00	24.35	79.85	66.48	65.29	14,784.15
477	01/22/2022 06:00	24.11	79.24	67.76	65.29	14,931.99
478	01/22/2022 07:00	24.84	81.47	66.69	64.81	14,494.62
479	01/22/2022 08:00	23.20	76.14	67.84	64.95	15,518.45
480	01/22/2022 09:00	22.97	74.67	68.86	65.09	15,674.19

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
481	01/22/2022 10:00	22.53	74.19	66.05	65.02	15,982.00
482	01/22/2022 11:00	23.43	76.96	66.47	64.88	15,367.28
483	01/22/2022 12:00	23.19	75.88	68.01	65.29	15,520.95
484	01/22/2022 13:00	21.69	72.17	65.71	64.75	16,597.64
485	01/22/2022 14:00	22.51	74.30	66.41	64.81	15,992.31
486	01/22/2022 15:00	22.66	74.83	68.07	65.56	15,884.99
487	01/22/2022 16:00	23.61	77.60	67.78	65.09	15,249.59
488	01/22/2022 17:00	24.63	80.72	68.44	65.02	14,614.19
489	01/22/2022 18:00	23.84	77.81	67.17	65.15	15,098.61
490	01/22/2022 19:00	23.36	76.60	66.74	64.88	15,413.16
491	01/22/2022 20:00	22.44	73.43	67.70	65.57	16,045.45
492	01/22/2022 21:00	23.78	78.58	66.89	65.08	15,136.96
493	01/22/2022 22:00	24.45	80.63	66.79	65.08	14,723.69
494	01/22/2022 23:00	22.95	75.94	67.56	65.08	15,686.54
495	01/23/2022 00:00	22.24	73.42	70.02	65.09	16,187.33
496	01/23/2022 01:00	20.80	68.92	69.19	64.81	17,310.58
497	01/23/2022 02:00	24.52	80.83	65.83	65.08	14,679.42
498	01/23/2022 03:00	22.52	74.51	66.03	65.51	15,983.82
499	01/23/2022 04:00	24.37	79.97	66.42	64.95	14,771.05
500	01/23/2022 05:00	22.79	75.50	66.25	65.27	15,797.07

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
501	01/23/2022 06:00	24.61	80.84	68.17	65.09	14,625.99
502	01/23/2022 07:00	23.43	77.24	68.54	65.30	15,365.18
503	01/23/2022 08:00	24.00	78.78	67.04	65.02	15,001.10
504	01/23/2022 09:00	23.81	78.04	69.00	65.02	15,117.05
505	01/23/2022 10:00	22.64	74.26	66.90	64.88	15,904.11
506	01/23/2022 11:00	24.69	81.35	66.79	64.95	14,579.21
507	01/23/2022 12:00	24.69	81.04	66.09	65.02	14,579.21
508	01/23/2022 13:00	23.53	78.49	68.54	64.88	15,301.62
509	01/23/2022 14:00	23.76	78.54	67.90	65.12	15,150.12
510	01/23/2022 15:00	24.69	81.25	66.93	64.88	14,579.21
511	01/23/2022 16:00	24.68	81.48	67.29	65.91	14,584.14
512	01/23/2022 17:00	25.46	83.54	67.80	65.64	14,140.23
513	01/23/2022 18:00	26.24	86.22	67.03	65.15	13,720.23
514	01/23/2022 19:00	25.19	82.75	68.53	65.08	14,292.88
515	01/23/2022 20:00	25.12	82.49	67.70	65.07	14,331.96
516	01/23/2022 21:00	24.59	80.67	67.91	65.08	14,637.44
517	01/23/2022 22:00	23.63	77.64	66.83	65.51	15,237.57
518	01/23/2022 23:00	25.42	83.64	66.97	65.02	14,159.75
519	01/24/2022 00:00	22.36	73.82	70.75	65.51	16,102.39
520	01/24/2022 01:00	22.81	76.02	69.57	65.02	15,783.53

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
521	01/24/2022 02:00	22.04	72.97	70.95	65.08	16,331.24
522	01/24/2022 03:00	22.48	74.21	68.41	65.56	16,011.12
523	01/24/2022 04:00	23.40	77.07	67.29	64.88	15,386.34
524	01/24/2022 05:00	22.94	75.52	70.29	64.88	15,694.06
525	01/24/2022 06:00	22.71	75.01	68.92	65.29	15,851.00
526	01/24/2022 07:00	22.26	73.05	67.94	65.79	16,174.49
527	01/24/2022 08:00	21.66	70.95	68.29	65.64	16,617.57
528	01/24/2022 09:00	22.55	74.28	67.86	65.57	15,967.92
529	01/24/2022 10:00	22.77	75.31	66.31	65.08	15,808.24
530	01/24/2022 11:00	23.47	76.90	68.42	64.88	15,338.15
531	01/24/2022 12:00	22.12	72.85	69.83	65.07	16,277.98
532	01/24/2022 13:00	19.69	65.05	67.29	65.85	18,284.93
533	01/24/2022 14:00	21.71	71.85	67.15	64.94	16,584.19
534	01/24/2022 15:00	21.07	69.70	70.03	65.02	17,085.09
535	01/24/2022 16:00	20.65	68.17	67.40	65.43	17,433.77
536	01/24/2022 17:00	21.07	69.61	68.60	65.08	17,085.09
537	01/24/2022 18:00	23.02	75.72	67.75	65.23	15,636.94
538	01/24/2022 19:00	23.36	77.17	66.02	64.88	15,410.31
539	01/24/2022 20:00	23.84	78.61	66.65	65.08	15,100.51
540	01/24/2022 21:00	23.59	77.66	65.94	65.02	15,259.69

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
541	01/24/2022 22:00	23.59	77.24	66.04	65.08	15,259.69
542	01/24/2022 23:00	22.44	73.73	66.97	65.36	16,041.25
543	01/25/2022 00:00	22.47	73.79	69.05	65.08	16,018.20
544	01/25/2022 01:00	20.78	68.80	65.45	65.08	17,325.08
545	01/25/2022 02:00	21.59	70.62	66.49	64.95	16,672.57
546	01/25/2022 03:00	21.15	69.33	67.58	65.79	17,019.42
547	01/25/2022 04:00	22.94	74.98	66.74	65.02	15,691.01
548	01/25/2022 05:00	22.26	73.27	66.76	65.36	16,171.35
549	01/25/2022 06:00	23.43	76.39	66.54	65.02	15,363.82
550	01/25/2022 07:00	22.72	74.39	70.39	65.15	15,847.92
551	01/25/2022 08:00	21.59	70.90	66.45	65.02	16,672.57
552	01/25/2022 09:00	21.16	69.47	66.89	65.23	17,009.39
553	01/25/2022 10:00	21.38	70.08	67.36	65.35	16,839.30
554	01/25/2022 11:00	21.38	69.89	66.54	65.28	16,839.30
555	01/25/2022 12:00	20.37	67.30	70.51	65.09	17,675.08
556	01/25/2022 13:00	20.45	67.26	69.53	65.08	17,606.59
557	01/25/2022 14:00	21.01	68.80	68.79	65.64	17,137.37
558	01/25/2022 15:00	21.42	70.51	68.78	65.51	16,807.58
559	01/25/2022 16:00	21.44	70.04	68.28	65.15	16,794.62
560	01/25/2022 17:00	22.83	75.20	67.71	65.23	15,770.94

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
561	01/25/2022 18:00	22.28	73.07	65.86	65.15	16,160.57
562	01/25/2022 19:00	21.22	69.73	65.46	64.95	16,962.15
563	01/25/2022 20:00	21.49	70.24	67.74	65.92	16,748.77
564	01/25/2022 21:00	22.53	74.28	66.72	65.08	15,978.70
565	01/25/2022 22:00	24.01	78.66	66.60	65.07	14,995.61
566	01/25/2022 23:00	24.16	79.06	68.68	65.64	14,902.47
567	01/26/2022 00:00	23.32	76.58	69.54	65.02	15,435.79
568	01/26/2022 01:00	20.66	67.84	71.03	66.14	17,421.77
569	01/26/2022 02:00	22.50	73.89	71.14	65.23	15,997.55
570	01/26/2022 03:00	24.16	80.00	70.10	65.57	14,902.47
571	01/26/2022 04:00	23.52	77.51	66.89	65.08	15,306.46
572	01/26/2022 05:00	24.90	81.78	67.11	65.29	14,455.40
573	01/26/2022 06:00	25.92	85.03	66.58	65.22	13,889.71
574	01/26/2022 07:00	26.21	86.18	68.76	65.85	13,735.24
575	01/26/2022 08:00	26.19	85.94	68.18	65.29	13,744.32
576	01/26/2022 09:00	25.40	83.35	68.42	65.51	14,173.18
577	01/26/2022 10:00	25.66	83.90	67.09	65.08	14,032.23
578	01/26/2022 11:00	22.24	73.13	69.80	65.02	16,188.77
579	01/26/2022 12:00	21.02	69.30	69.28	65.25	17,123.92
580	01/26/2022 13:00	20.12	66.25	65.94	65.08	17,892.95

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
581	01/26/2022 14:00	21.02	69.35	67.38	65.36	17,123.92
582	01/26/2022 15:00	22.09	72.44	66.98	65.15	16,295.87
583	01/26/2022 16:00	23.25	76.94	67.25	65.51	15,483.15
584	01/26/2022 17:00	22.27	73.00	67.42	65.02	16,163.27
585	01/26/2022 18:00	23.15	75.82	70.95	65.29	15,549.29
586	01/26/2022 19:00	22.21	73.05	68.05	65.36	16,208.47
587	01/26/2022 20:00	22.88	75.00	68.82	65.43	15,732.32
588	01/26/2022 21:00	23.84	78.25	66.84	65.28	15,103.32
589	01/26/2022 22:00	23.84	78.40	70.72	65.15	15,103.32
590	01/26/2022 23:00	22.43	73.20	66.45	65.15	16,046.39
591	01/27/2022 00:00	23.98	78.34	67.37	65.29	15,015.12
592	01/27/2022 01:00	22.29	73.13	65.38	65.36	16,151.80
593	01/27/2022 02:00	22.51	74.18	66.53	64.95	15,991.88
594	01/27/2022 03:00	23.68	77.65	67.29	65.36	15,201.04
595	01/27/2022 04:00	23.92	77.96	66.18	65.29	15,050.54
596	01/27/2022 05:00	22.97	75.34	67.79	65.92	15,671.18
597	01/27/2022 07:00	22.97	75.04	67.75	65.57	15,674.71
598	01/27/2022 08:00	23.68	77.63	67.18	65.29	15,201.04
599	01/27/2022 09:00	22.29	73.41	67.71	65.29	16,151.80
600	01/27/2022 10:00	23.92	77.99	66.90	64.95	15,050.54

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
601	01/27/2022 11:00	24.08	78.69	67.11	65.02	14,947.36
602	01/27/2022 12:00	21.61	70.71	68.73	65.59	16,658.56
603	01/27/2022 13:00	21.61	71.90	67.42	65.64	16,658.56
604	01/27/2022 14:00	23.18	75.87	67.04	65.02	15,529.34
605	01/27/2022 15:00	23.18	75.67	65.84	65.07	15,529.34
606	01/27/2022 16:00	23.62	77.63	65.88	65.08	15,241.78
607	01/27/2022 17:00	24.67	80.93	70.70	65.36	14,590.14
608	01/27/2022 18:00	23.16	75.72	67.48	65.00	15,544.58
609	01/27/2022 19:00	23.78	78.05	65.94	65.08	15,136.75
610	01/27/2022 20:00	22.95	75.43	67.33	65.36	15,687.35
611	01/27/2022 21:00	22.72	74.46	66.85	65.29	15,847.76
612	01/27/2022 22:00	23.41	76.53	66.85	64.88	15,376.71
613	01/27/2022 23:00	22.27	73.46	67.83	64.88	16,165.05
614	01/28/2022 00:00	22.34	73.31	67.43	65.36	16,115.11
615	01/28/2022 01:00	21.60	71.00	66.68	65.08	16,669.01
616	01/28/2022 02:00	21.60	71.53	65.19	65.02	16,669.01
617	01/28/2022 03:00	24.05	78.21	67.15	65.09	14,965.96
618	01/28/2022 04:00	24.05	78.60	66.38	65.29	14,965.96
619	01/28/2022 05:00	24.30	79.63	66.18	65.02	14,817.78
620	01/28/2022 06:00	23.57	77.56	66.90	65.48	15,271.39

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
621	01/28/2022 07:00	25.66	83.98	67.50	65.15	14,029.75
622	01/28/2022 08:00	23.56	77.49	66.92	65.09	15,278.03
623	01/28/2022 09:00	22.86	75.31	67.72	65.79	15,750.54
624	01/28/2022 10:00	22.86	74.90	68.30	65.77	15,750.54
625	01/28/2022 11:00	21.68	71.33	68.38	65.79	16,607.65
626	01/28/2022 12:00	21.23	70.09	69.14	64.69	16,959.68
627	01/28/2022 13:00	20.83	69.02	66.16	65.08	17,285.72
628	01/28/2022 14:00	22.08	72.78	67.09	65.09	16,304.43
629	01/28/2022 15:00	21.88	71.71	68.23	65.23	16,451.88
630	01/28/2022 16:00	22.26	72.97	66.79	64.88	16,175.05
631	01/28/2022 17:00	22.74	74.14	67.08	65.57	15,827.69
632	01/28/2022 18:00	23.71	77.67	66.42	65.08	15,183.87
633	01/28/2022 19:00	22.72	74.51	69.80	65.08	15,844.66
634	01/28/2022 20:00	21.17	69.53	66.77	65.36	17,004.19
635	01/28/2022 21:00	22.27	73.06	71.27	65.36	16,164.75
636	01/28/2022 22:00	22.05	72.62	69.11	65.57	16,329.70
637	01/28/2022 23:00	21.17	69.85	66.06	65.08	17,004.19
638	01/29/2022 00:00	22.93	75.20	71.72	64.99	15,696.84
639	01/29/2022 01:00	21.60	71.35	66.87	64.74	16,667.55
640	01/29/2022 02:00	21.39	70.76	65.67	64.88	16,833.02

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
641	01/29/2022 03:00	21.09	69.13	65.60	65.08	17,071.94
642	01/29/2022 04:00	21.25	69.94	66.01	65.57	16,942.80
643	01/29/2022 05:00	22.33	73.13	65.64	64.95	16,123.36
644	01/29/2022 06:00	21.90	71.36	67.62	65.23	16,439.55
645	01/29/2022 07:00	21.09	68.99	66.37	64.69	17,071.94
646	01/29/2022 08:00	20.13	66.07	68.72	65.23	17,881.38
647	01/29/2022 09:00	21.09	69.31	69.90	65.02	17,071.94
648	01/29/2022 10:00	22.11	72.89	68.63	65.15	16,284.59
649	01/29/2022 11:00	21.68	71.84	66.73	65.36	16,603.95
650	01/29/2022 12:00	23.21	76.71	67.55	65.36	15,513.53
651	01/29/2022 13:00	21.55	72.02	65.45	65.51	16,708.89
652	01/29/2022 14:00	20.83	69.19	65.57	65.36	17,284.11
653	01/29/2022 15:00	23.51	77.58	66.49	64.88	15,312.19
654	01/29/2022 16:00	23.51	77.73	67.11	64.95	15,312.19
655	01/29/2022 17:00	23.51	77.76	65.99	65.15	15,312.19
656	01/29/2022 18:00	23.27	77.45	67.59	65.51	15,470.67
657	01/29/2022 19:00	24.54	80.96	70.69	65.23	14,672.15
658	01/29/2022 20:00	22.74	75.16	66.42	65.64	15,832.60
659	01/29/2022 21:00	22.98	75.84	64.91	65.08	15,663.19
660	01/29/2022 22:00	21.91	71.84	70.01	65.27	16,427.56

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
661	01/29/2022 23:00	21.48	70.51	67.03	65.57	16,762.82
662	01/30/2022 00:00	19.86	65.72	67.56	65.23	18,130.87
663	01/30/2022 01:00	20.97	68.87	65.70	65.00	17,170.12
664	01/30/2022 02:00	22.98	74.64	65.88	65.02	15,663.19
665	01/30/2022 03:00	23.20	76.03	71.28	65.29	15,515.95
666	01/30/2022 04:00	23.43	76.33	65.97	64.88	15,362.33
667	01/30/2022 05:00	23.43	76.69	67.82	65.23	15,364.85
668	01/30/2022 06:00	22.97	75.28	65.92	65.23	15,672.68
669	01/30/2022 07:00	22.98	74.85	66.67	65.15	15,663.19
670	01/30/2022 08:00	23.43	76.70	66.75	64.95	15,362.33
671	01/30/2022 09:00	23.90	78.69	66.67	65.29	15,060.59
672	01/30/2022 10:00	23.91	79.01	68.41	65.31	15,057.01
673	01/30/2022 11:00	23.20	76.95	66.91	65.08	15,515.95
674	01/30/2022 12:00	22.33	73.64	68.33	65.22	16,123.69
675	01/30/2022 13:00	20.43	68.45	65.26	65.08	17,620.65
676	01/30/2022 14:00	19.67	65.14	65.27	65.09	18,303.62
677	01/30/2022 15:00	20.03	68.68	67.23	65.08	17,975.99
678	01/30/2022 16:00	20.40	67.87	68.01	65.92	17,643.18
679	01/30/2022 17:00	20.07	66.37	66.22	65.08	17,941.17
680	01/30/2022 18:00	19.83	68.55	66.31	65.02	18,155.75

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
681	01/30/2022 19:00	20.42	70.32	67.02	65.15	17,630.30
682	01/30/2022 20:00	20.22	66.75	69.22	65.64	17,805.56
683	01/30/2022 21:00	19.35	63.70	66.66	65.08	18,605.66
684	01/30/2022 22:00	19.35	63.61	67.73	65.08	18,605.66
685	01/30/2022 23:00	19.35	63.63	67.04	65.08	18,605.66
686	01/31/2022 00:00	18.31	60.53	68.21	65.57	19,659.44
687	01/31/2022 01:00	21.17	70.22	68.12	65.08	17,001.78
688	01/31/2022 02:00	23.06	75.65	66.93	65.23	15,610.73
689	01/31/2022 03:00	22.83	75.02	66.25	65.02	15,765.29
690	01/31/2022 04:00	23.29	76.20	71.15	65.29	15,456.16
691	01/31/2022 05:00	20.55	67.47	68.18	65.57	17,522.24
692	01/31/2022 06:00	22.83	74.67	71.81	65.09	15,765.29
693	01/31/2022 07:00	20.43	67.44	64.98	64.88	17,620.03
694	01/31/2022 08:00	21.17	69.55	67.04	64.95	17,001.78
695	01/31/2022 09:00	22.83	75.15	66.26	65.02	15,765.29
696	01/31/2022 10:00	23.54	77.66	67.58	65.57	15,292.14
697	01/31/2022 11:00	23.06	76.17	68.36	65.79	15,610.73
698	01/31/2022 12:00	22.38	73.35	68.16	65.49	16,083.78
699	01/31/2022 13:00	21.17	70.80	65.12	65.12	17,001.78
700	01/31/2022 14:00	21.35	70.40	66.41	65.29	16,859.58

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
701	01/31/2022 15:00	23.24	76.01	67.62	65.56	15,489.02
702	01/31/2022 16:00	23.47	77.39	68.63	65.43	15,340.27
703	01/31/2022 17:00	22.80	74.72	67.71	65.42	15,792.73
704	01/31/2022 18:00	22.62	74.32	67.85	65.08	15,916.04
705	01/31/2022 19:00	23.15	76.41	67.93	65.15	15,547.42
706	01/31/2022 20:00	23.17	76.16	65.99	65.08	15,538.83
707	01/31/2022 21:00	23.38	76.49	69.21	65.51	15,398.53
708	01/31/2022 22:00	24.09	78.82	66.41	65.08	14,941.15
709	01/31/2022 23:00	22.80	74.69	68.63	65.79	15,787.40
710	02/01/2022 00:00	21.59	70.70	65.81	65.09	16,677.52
711	02/01/2022 01:00	20.63	68.68	69.84	65.00	17,446.74
712	02/01/2022 02:00	22.21	73.31	66.44	65.15	16,210.49
713	02/01/2022 03:00	23.83	77.87	66.26	65.29	15,104.69
714	02/01/2022 04:00	22.22	72.67	67.63	65.29	16,200.75
715	02/01/2022 05:00	22.44	73.57	66.31	65.02	16,040.34
716	02/01/2022 06:00	22.44	73.42	67.74	65.02	16,040.34
717	02/01/2022 07:00	20.57	67.38	71.34	65.51	17,504.15
718	02/01/2022 08:00	19.57	67.28	70.51	65.02	18,391.42
719	02/01/2022 09:00	19.28	63.59	66.40	65.85	18,667.42
720	02/01/2022 10:00	20.19	66.35	68.14	65.49	17,828.41

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
721	02/01/2022 11:00	20.78	68.58	68.07	65.15	17,327.34
722	02/01/2022 12:00	21.78	71.45	67.88	65.57	16,531.38
723	02/01/2022 13:00	21.78	71.47	68.24	65.51	16,531.38
724	02/01/2022 14:00	21.79	71.25	68.08	65.36	16,518.52
725	02/01/2022 15:00	21.20	69.18	67.48	65.02	16,984.23
726	02/01/2022 16:00	21.10	69.06	66.42	65.00	17,061.84
727	02/01/2022 17:00	20.81	68.60	67.22	65.27	17,297.70
728	02/01/2022 18:00	21.02	69.27	68.58	64.95	17,126.43
729	02/01/2022 19:00	20.03	66.63	67.63	65.43	17,977.52
730	02/01/2022 20:00	21.83	72.04	67.03	65.08	16,492.23
731	02/01/2022 21:00	24.89	81.83	68.63	65.29	14,465.30
732	02/01/2022 22:00	24.30	80.18	68.44	65.06	14,816.40
733	02/01/2022 23:00	23.20	76.55	67.08	65.00	15,515.47
734	02/02/2022 00:00	23.87	78.81	67.42	65.02	15,080.58
735	02/02/2022 01:00	22.24	73.37	67.86	65.51	16,189.10
736	02/02/2022 02:00	21.62	71.86	65.77	65.08	16,651.59
737	02/02/2022 03:00	22.69	75.16	66.58	65.08	15,869.27
738	02/02/2022 04:00	23.41	77.13	67.04	65.02	15,375.68
739	02/02/2022 05:00	23.18	76.26	68.77	65.15	15,529.44
740	02/02/2022 06:00	22.48	73.98	68.64	65.51	16,013.47

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
741	02/02/2022 07:00	22.48	74.44	66.08	64.94	16,017.06
742	02/02/2022 08:00	21.52	71.06	66.40	65.64	16,727.45
743	02/02/2022 09:00	21.17	69.19	67.07	65.57	17,006.62
744	02/02/2022 10:00	20.58	67.58	68.60	65.29	17,495.48
745	02/02/2022 11:00	19.63	64.62	69.64	65.57	18,338.73
746	02/02/2022 12:00	19.13	63.62	66.45	65.02	18,816.16
747	02/02/2022 13:00	19.67	65.56	65.71	64.94	18,302.72
748	02/02/2022 14:00	25.61	85.24	66.47	65.13	14,058.59
749	02/02/2022 15:00	22.83	75.22	65.94	65.36	15,772.03
750	02/02/2022 16:00	23.00	75.75	66.10	65.08	15,649.10
751	02/02/2022 17:00	23.46	76.90	67.43	64.95	15,348.26
752	02/02/2022 18:00	23.93	78.82	67.44	65.15	15,046.51
753	02/02/2022 19:00	22.60	74.25	67.63	65.64	15,925.99
754	02/02/2022 20:00	23.12	75.74	71.49	65.08	15,573.21
755	02/02/2022 21:00	21.76	71.24	67.79	65.02	16,547.41
756	02/02/2022 22:00	22.64	74.30	71.06	65.02	15,897.94
757	02/02/2022 23:00	21.75	71.56	71.48	65.28	16,550.41
758	02/03/2022 00:00	21.84	71.76	65.42	64.95	16,486.30
759	02/03/2022 01:00	20.81	68.96	66.32	65.51	17,302.70
760	02/03/2022 02:00	21.02	69.86	66.60	64.88	17,129.67

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
761	02/03/2022 03:00	23.70	77.81	66.65	65.08	15,191.41
762	02/03/2022 04:00	22.87	75.51	66.02	65.02	15,741.81
763	02/03/2022 05:00	22.86	75.83	68.29	65.23	15,744.61
764	02/03/2022 06:00	21.60	71.28	68.61	64.88	16,668.76
765	02/03/2022 07:00	20.83	68.82	67.43	65.02	17,284.92
766	02/03/2022 08:00	21.07	69.43	72.42	65.57	17,085.04
767	02/03/2022 09:00	19.53	64.76	67.33	65.57	18,432.83
768	02/03/2022 10:00	20.63	67.51	67.63	65.29	17,452.20
769	02/03/2022 11:00	21.00	69.06	66.97	65.23	17,146.22
770	02/03/2022 12:00	21.99	72.28	66.39	65.02	16,370.54
771	02/03/2022 13:00	21.36	70.73	69.45	65.36	16,856.38
772	02/03/2022 14:00	22.73	74.85	68.65	64.86	15,838.77
773	02/03/2022 15:00	23.17	76.06	69.69	65.36	15,539.40
774	02/03/2022 16:00	22.73	74.59	66.55	64.88	15,838.77
775	02/03/2022 17:00	24.09	79.21	66.11	65.08	14,941.59
776	02/03/2022 18:00	24.10	78.94	68.45	65.15	14,938.97
777	02/03/2022 19:00	24.40	80.29	66.10	65.23	14,756.87
778	02/03/2022 20:00	24.70	80.95	69.03	65.43	14,572.29
779	02/03/2022 21:00	24.70	80.72	68.16	65.64	14,572.29
780	02/03/2022 22:00	25.71	84.11	69.03	65.08	14,000.83

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
781	02/03/2022 23:00	25.46	83.26	67.82	65.08	14,139.45
782	02/04/2022 00:00	25.13	82.36	68.02	65.64	14,326.09
783	02/04/2022 01:00	24.56	81.23	68.54	65.57	14,655.25
784	02/04/2022 02:00	23.99	78.96	68.04	65.23	15,008.58
785	02/04/2022 03:00	26.37	87.09	65.99	65.08	13,651.20
786	02/04/2022 04:00	25.05	82.42	67.34	65.87	14,368.43
787	02/04/2022 05:00	25.57	84.15	66.93	65.23	14,081.06
788	02/04/2022 06:00	24.06	79.32	67.77	65.29	14,961.13
789	02/04/2022 07:00	23.60	77.62	67.99	65.23	15,254.48
790	02/04/2022 08:00	22.79	75.71	67.09	65.08	15,795.15
791	02/04/2022 09:00	22.74	74.30	68.71	65.57	15,828.02
792	02/04/2022 10:00	23.42	76.88	66.68	65.08	15,369.63
793	02/04/2022 11:00	21.77	71.90	67.80	65.64	16,540.11
794	02/04/2022 12:00	22.65	74.75	66.73	65.36	15,893.58
795	02/04/2022 13:00	24.05	79.86	65.41	64.95	14,968.36
796	02/04/2022 14:00	25.07	84.81	65.86	64.43	14,357.86
797	02/04/2022 15:00	23.57	77.59	65.86	64.50	15,273.60
798	02/04/2022 16:00	23.82	78.47	68.47	65.12	15,111.98
799	02/04/2022 17:00	23.34	76.41	68.56	65.51	15,426.57
800	02/04/2022 18:00	23.57	77.13	70.86	65.63	15,270.75

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
801	02/04/2022 19:00	22.42	73.85	71.62	65.57	16,055.76
802	02/04/2022 20:00	21.56	70.30	67.00	65.70	16,698.51
803	02/04/2022 21:00	22.18	73.11	66.92	65.15	16,227.36
804	02/04/2022 22:00	22.63	74.56	66.70	64.88	15,906.03
805	02/04/2022 23:00	22.63	74.26	68.44	65.42	15,909.58
806	02/05/2022 00:00	23.53	76.90	66.57	65.15	15,296.42
807	02/05/2022 01:00	22.79	75.28	65.85	65.06	15,794.49
808	02/05/2022 02:00	21.69	71.83	68.06	65.64	16,597.06
809	02/05/2022 03:00	23.51	78.04	67.88	65.42	15,314.47
810	02/05/2022 04:00	23.92	78.72	65.84	65.15	15,050.53
811	02/05/2022 05:00	22.96	75.88	66.57	65.15	15,678.71
812	02/05/2022 06:00	22.73	75.20	71.20	65.15	15,835.50
813	02/05/2022 07:00	22.06	72.57	68.82	65.49	16,315.89
814	02/05/2022 08:00	22.38	74.05	67.83	65.56	16,087.18
815	02/05/2022 09:00	22.21	72.93	66.83	65.57	16,208.94
816	02/05/2022 10:00	21.78	71.41	67.84	65.51	16,527.04
817	02/05/2022 11:00	22.45	73.32	66.37	65.02	16,036.14
818	02/05/2022 12:00	21.22	69.65	68.53	65.85	16,964.96
819	02/05/2022 13:00	21.11	69.18	70.72	65.15	17,055.76
820	02/05/2022 14:00	20.69	68.08	69.34	65.23	17,400.32

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
821	02/05/2022 15:00	22.35	72.93	70.36	64.95	16,108.22
822	02/05/2022 16:00	20.69	67.94	67.09	65.23	17,400.32
823	02/05/2022 17:00	21.91	71.61	66.61	65.70	16,433.64
824	02/05/2022 18:00	22.12	72.54	67.52	65.68	16,275.81
825	02/05/2022 19:00	24.50	80.25	65.24	65.00	14,695.43
826	02/05/2022 20:00	24.46	80.25	66.77	65.38	14,718.43
827	02/05/2022 21:00	25.21	82.07	68.61	64.88	14,281.25
828	02/05/2022 22:00	25.21	82.43	65.33	65.15	14,281.25
829	02/05/2022 23:00	26.30	85.95	64.48	65.15	13,685.76
830	02/06/2022 00:00	23.58	77.38	68.06	65.36	15,270.22
831	02/06/2022 01:00	23.11	76.53	69.72	64.88	15,580.22
832	02/06/2022 02:00	24.07	78.44	67.29	65.08	14,958.35
833	02/06/2022 03:00	24.07	78.41	66.64	65.15	14,958.35
834	02/06/2022 04:00	23.63	77.34	66.35	65.02	15,236.32
835	02/06/2022 05:00	22.67	74.03	68.95	65.15	15,882.54
836	02/06/2022 06:00	22.67	74.33	71.98	66.07	15,883.31
837	02/06/2022 07:00	22.67	73.77	74.83	65.79	15,882.92
838	02/06/2022 08:00	23.13	75.79	70.63	65.36	15,565.26
839	02/06/2022 09:00	22.67	74.70	66.23	65.64	15,882.92
840	02/06/2022 10:00	22.23	72.37	71.32	64.75	16,193.24

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
841	02/06/2022 11:00	22.99	75.66	66.25	64.94	15,658.33
842	02/06/2022 12:00	22.08	72.42	70.58	65.71	16,304.03
843	02/06/2022 13:00	24.54	80.94	71.59	64.86	14,670.26
844	02/06/2022 14:00	22.75	74.13	71.00	64.43	15,820.87
845	02/06/2022 15:00	21.02	69.23	68.14	65.63	17,125.47
846	02/06/2022 16:00	21.67	70.98	65.13	64.95	16,615.87
847	02/06/2022 17:00	22.76	74.41	67.78	65.29	15,814.91
848	02/06/2022 18:00	22.09	71.74	72.92	65.51	16,300.29
849	02/06/2022 19:00	21.43	70.47	67.92	65.63	16,795.57
850	02/06/2022 20:00	22.73	73.91	68.88	65.02	15,841.17
851	02/06/2022 21:00	22.82	74.52	67.31	65.29	15,772.99
852	02/06/2022 22:00	23.05	76.16	67.29	65.06	15,616.82
853	02/06/2022 23:00	22.46	73.34	67.71	65.02	16,030.97
854	02/07/2022 00:00	21.21	69.99	69.69	65.38	16,973.54
855	02/07/2022 01:00	23.25	76.25	71.50	64.81	15,480.87
856	02/07/2022 02:00	19.17	62.42	68.57	65.36	18,774.93
857	02/07/2022 03:00	19.68	64.61	70.52	65.29	18,296.16
858	02/07/2022 04:00	20.24	65.96	73.99	65.08	17,787.37
859	02/07/2022 05:00	21.57	70.09	72.34	65.02	16,693.15
860	02/07/2022 06:00	19.94	64.98	71.01	65.64	18,054.60

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
861	02/07/2022 07:00	20.19	65.70	68.62	65.02	17,826.45
862	02/07/2022 08:00	20.83	67.98	67.01	65.08	17,282.69
863	02/07/2022 09:00	21.80	72.23	67.48	65.15	16,510.25
864	02/07/2022 10:00	22.67	74.96	66.37	65.02	15,883.37
865	02/07/2022 11:00	21.80	72.53	68.52	65.36	16,510.25
866	02/07/2022 12:00	23.10	76.05	67.68	64.88	15,583.43
867	02/07/2022 13:00	21.45	70.83	67.45	65.15	16,783.19
868	02/07/2022 14:00	20.86	69.53	67.49	65.02	17,253.96
869	02/07/2022 15:00	21.99	72.51	68.32	65.70	16,369.60
870	02/07/2022 16:00	21.62	71.23	66.83	65.08	16,648.09
871	02/07/2022 17:00	22.67	74.90	67.47	65.02	15,883.37
872	02/07/2022 18:00	22.25	73.29	67.71	65.07	16,183.31
873	02/07/2022 19:00	24.06	79.58	69.73	65.15	14,964.20
874	02/07/2022 20:00	22.95	76.31	68.45	65.43	15,687.30
875	02/07/2022 21:00	23.88	78.90	70.87	65.29	15,077.61
876	02/07/2022 22:00	23.64	78.24	68.30	65.36	15,229.91
877	02/07/2022 23:00	22.93	75.55	66.78	65.15	15,697.87
878	02/08/2022 00:00	23.58	78.04	67.11	65.29	15,267.22
879	02/08/2022 01:00	23.82	78.31	66.13	65.15	15,116.06
880	02/08/2022 02:00	25.80	84.38	65.95	65.13	13,952.44

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
881	02/08/2022 03:00	25.80	84.25	66.92	65.15	13,952.44
882	02/08/2022 04:00	24.03	78.76	68.43	65.41	14,979.18
883	02/08/2022 05:00	24.77	80.32	70.26	65.15	14,534.25
884	02/08/2022 06:00	23.37	76.08	67.59	65.13	15,406.96
885	02/08/2022 07:00	23.31	75.52	69.85	65.15	15,440.82
886	02/08/2022 08:00	22.71	74.27	67.08	65.36	15,849.99
887	02/08/2022 09:00	22.09	73.38	66.09	65.00	16,294.80
888	02/08/2022 10:00	23.39	77.87	66.61	65.15	15,389.83
889	02/08/2022 11:00	21.53	71.14	66.20	64.88	16,724.25
890	02/08/2022 12:00	20.48	68.36	66.47	65.57	17,574.06
891	02/08/2022 13:00	20.33	68.05	69.87	64.95	17,707.68
892	02/08/2022 14:00	20.33	67.22	68.25	64.94	17,707.68
893	02/08/2022 15:00	21.53	70.83	67.08	65.02	16,724.25
894	02/08/2022 16:00	20.71	68.35	67.30	64.88	17,379.87
895	02/08/2022 17:00	20.89	69.49	68.36	65.69	17,236.22
896	02/08/2022 18:00	20.33	67.38	66.49	65.02	17,707.68
897	02/08/2022 19:00	20.33	67.16	67.05	65.15	17,707.68
898	02/08/2022 20:00	22.53	75.03	65.35	64.95	15,980.71
899	02/08/2022 21:00	21.81	71.25	69.42	65.64	16,509.28
900	02/08/2022 22:00	21.23	69.72	65.81	65.02	16,960.07

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
901	02/08/2022 23:00	22.47	73.76	70.53	64.88	16,018.90
902	02/09/2022 00:00	21.23	69.41	67.58	65.02	16,960.07
903	02/09/2022 01:00	21.02	69.53	66.25	65.36	17,129.67
904	02/09/2022 02:00	22.92	74.41	67.56	65.15	15,704.27
905	02/09/2022 03:00	23.41	76.31	68.40	65.49	15,379.56
906	02/09/2022 04:00	22.93	75.12	68.47	65.64	15,700.54
907	02/09/2022 05:00	24.39	79.49	67.19	65.36	14,761.29
908	02/09/2022 06:00	23.88	78.00	65.96	65.08	15,075.01
909	02/09/2022 07:00	24.46	79.98	69.89	65.70	14,716.68
910	02/09/2022 08:00	23.45	76.67	69.63	64.95	15,351.31
911	02/09/2022 09:00	22.61	74.73	68.03	65.85	15,923.74
912	02/09/2022 10:00	22.20	73.30	66.55	65.55	16,213.90
913	02/09/2022 11:00	20.66	68.35	68.46	65.59	17,427.22
914	02/09/2022 12:00	21.45	71.54	70.03	64.68	16,782.39
915	02/09/2022 13:00	20.54	68.43	69.14	64.54	17,522.82
916	02/09/2022 14:00	21.85	72.79	68.19	65.25	16,477.47
917	02/09/2022 15:00	21.86	72.20	66.59	65.07	16,465.16
918	02/09/2022 16:00	22.24	73.42	67.70	64.85	16,187.39
919	02/09/2022 17:00	21.24	69.60	66.22	64.69	16,948.75
920	02/09/2022 18:00	21.39	70.27	68.16	65.03	16,826.60

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
921	02/09/2022 19:00	22.53	74.05	66.68	64.80	15,978.41
922	02/09/2022 20:00	22.75	74.46	67.71	65.15	15,821.59
923	02/09/2022 21:00	23.45	77.18	66.91	64.69	15,351.47
924	02/09/2022 22:00	22.98	75.60	66.80	64.82	15,664.94
925	02/09/2022 23:00	23.45	77.04	66.96	64.75	15,351.47
926	02/10/2022 00:00	23.45	76.99	66.22	64.69	15,351.47
927	02/10/2022 01:00	23.21	76.38	71.02	64.75	15,511.36
928	02/10/2022 02:00	21.64	71.86	67.83	65.43	16,637.32
929	02/10/2022 03:00	24.45	79.88	65.85	64.95	14,724.53
930	02/10/2022 04:00	24.21	79.55	68.38	65.23	14,871.77
931	02/10/2022 05:00	23.94	78.32	67.48	64.95	15,038.00
932	02/10/2022 06:00	23.94	78.18	67.11	65.22	15,038.00
933	02/10/2022 07:00	22.98	75.65	65.91	64.95	15,664.94
934	02/10/2022 08:00	26.00	85.03	71.44	65.29	13,848.49
935	02/10/2022 09:00	22.99	76.17	68.25	65.71	15,657.09
936	02/10/2022 10:00	22.55	75.13	67.99	65.29	15,967.62
937	02/10/2022 11:00	21.30	70.48	70.41	65.06	16,904.66
938	02/10/2022 12:00	20.00	65.97	67.81	65.36	17,998.71
939	02/10/2022 13:00	20.94	69.86	66.33	65.13	17,195.23
940	02/10/2022 14:00	21.32	70.17	67.43	65.15	16,882.59

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
941	02/10/2022 15:00	21.51	71.39	65.81	65.02	16,735.65
942	02/10/2022 16:00	20.93	69.01	66.64	65.15	17,198.86
943	02/10/2022 17:00	23.15	76.35	65.99	65.15	15,548.13
944	02/10/2022 18:00	22.71	74.80	68.52	65.15	15,853.69
945	02/10/2022 19:00	22.71	74.63	69.02	65.08	15,852.65
946	02/10/2022 20:00	23.41	76.46	68.43	65.36	15,379.21
947	02/10/2022 21:00	22.77	74.94	66.99	65.08	15,811.77
948	02/10/2022 22:00	23.63	78.22	67.22	65.36	15,236.23
949	02/10/2022 23:00	24.11	78.97	67.86	65.02	14,934.52
950	02/11/2022 00:00	22.92	75.22	67.52	65.07	15,709.53
951	02/11/2022 01:00	21.04	68.88	70.21	65.51	17,111.61
952	02/11/2022 02:00	22.24	72.75	71.49	65.08	16,184.89
953	02/11/2022 03:00	22.63	73.34	68.61	65.43	15,911.22
954	02/11/2022 04:00	23.75	77.33	68.23	65.29	15,156.59
955	02/11/2022 05:00	23.75	77.40	68.45	65.23	15,156.59
956	02/11/2022 06:00	22.85	74.71	68.12	65.08	15,752.11
957	02/11/2022 07:00	24.23	78.63	68.33	65.57	14,860.04
958	02/11/2022 08:00	22.87	74.66	66.21	65.08	15,738.05
959	02/11/2022 09:00	24.21	79.66	66.52	64.95	14,871.82
960	02/11/2022 10:00	23.00	76.00	68.68	65.49	15,652.58

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
961	02/11/2022 11:00	23.22	76.75	66.47	64.81	15,504.41
962	02/11/2022 12:00	22.32	75.84	65.44	64.81	16,129.86
963	02/11/2022 13:00	22.57	74.80	70.57	65.23	15,951.26
964	02/11/2022 14:00	21.07	69.87	66.75	64.76	17,082.58
965	02/11/2022 15:00	21.90	72.26	68.68	64.95	16,437.96
966	02/11/2022 16:00	22.58	74.66	67.47	65.15	15,946.64
967	02/11/2022 17:00	20.98	68.94	70.67	64.86	17,161.91
968	02/11/2022 18:00	21.58	71.13	71.29	65.51	16,685.30
969	02/11/2022 19:00	20.75	68.34	68.33	65.36	17,353.28
970	02/11/2022 20:00	21.94	72.25	68.02	65.15	16,408.36
971	02/11/2022 21:00	22.09	72.48	67.59	65.36	16,299.20
972	02/11/2022 22:00	21.73	71.79	68.80	65.85	16,565.68
973	02/11/2022 23:00	21.35	70.04	67.28	65.08	16,859.94
974	02/12/2022 00:00	20.96	69.31	70.89	65.02	17,172.37
975	02/12/2022 01:00	20.39	66.94	67.46	65.29	17,659.65
976	02/12/2022 02:00	22.16	72.50	67.57	65.15	16,244.31
977	02/12/2022 03:00	22.17	72.31	66.85	64.93	16,235.08
978	02/12/2022 04:00	22.16	72.52	67.60	65.09	16,244.31
979	02/12/2022 06:00	24.02	78.91	67.57	64.31	14,985.35
980	02/12/2022 07:00	22.39	73.46	70.62	64.58	16,081.87

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
981	02/12/2022 08:00	22.06	72.18	66.84	64.95	16,321.56
982	02/12/2022 09:00	21.28	69.76	67.02	65.02	16,914.67
983	02/12/2022 10:00	22.10	72.42	68.19	65.08	16,288.91
984	02/12/2022 11:00	20.86	68.09	68.51	65.36	17,256.38
985	02/12/2022 12:00	21.97	71.97	71.87	65.79	16,384.30
986	02/12/2022 13:00	20.19	66.63	70.47	65.15	17,827.19
987	02/12/2022 14:00	20.93	69.29	70.14	64.88	17,201.11
988	02/12/2022 15:00	21.10	69.58	67.30	65.36	17,058.66
989	02/12/2022 16:00	23.00	75.22	66.11	65.07	15,652.94
990	02/12/2022 17:00	24.35	80.43	67.71	64.95	14,787.19
991	02/12/2022 18:00	22.91	75.09	70.32	64.95	15,711.22
992	02/12/2022 19:00	23.85	78.26	67.22	65.42	15,095.20
993	02/12/2022 20:00	24.38	79.94	66.80	65.23	14,767.46
994	02/12/2022 21:00	24.22	79.56	67.80	65.71	14,860.87
995	02/12/2022 22:00	23.24	76.10	67.35	65.08	15,488.28
996	02/12/2022 23:00	23.10	76.93	67.03	65.08	15,582.87
997	02/13/2022 00:00	24.60	81.02	66.78	64.95	14,637.02
998	02/13/2022 01:00	21.16	70.06	66.61	65.08	17,011.96
999	02/13/2022 02:00	21.98	72.34	66.48	64.95	16,382.00
1000	02/13/2022 03:00	21.96	72.15	67.37	65.29	16,391.60

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1001	02/13/2022 04:00	21.95	72.38	67.73	65.83	16,401.60
1002	02/13/2022 05:00	23.09	75.54	68.68	65.23	15,591.42
1003	02/13/2022 06:00	22.18	72.80	68.40	65.14	16,227.68
1004	02/13/2022 07:00	22.41	73.62	66.31	64.95	16,067.01
1005	02/13/2022 08:00	21.55	71.13	65.97	65.02	16,709.20
1006	02/13/2022 09:00	21.56	70.07	70.07	64.95	16,700.35
1007	02/13/2022 10:00	23.06	76.10	72.61	65.64	15,608.65
1008	02/13/2022 11:00	21.75	71.40	66.55	65.07	16,553.63
1009	02/13/2022 12:00	21.49	70.66	70.14	65.07	16,752.15
1010	02/13/2022 13:00	19.87	65.40	70.52	65.42	18,116.93
1011	02/13/2022 14:00	20.43	67.34	65.87	65.06	17,617.29
1012	02/13/2022 15:00	19.38	63.16	68.51	65.08	18,578.08
1013	02/13/2022 16:00	19.52	63.73	64.69	65.36	18,440.39
1014	02/13/2022 17:00	21.01	68.88	67.48	65.02	17,138.76
1015	02/13/2022 18:00	20.42	67.32	67.03	65.02	17,626.46
1016	02/13/2022 19:00	20.63	67.90	66.55	65.15	17,451.94
1017	02/13/2022 20:00	21.25	69.95	67.15	65.15	16,943.93
1018	02/13/2022 21:00	20.83	68.50	72.48	65.42	17,280.59
1019	02/13/2022 23:00	20.19	66.41	67.49	65.08	17,830.07
1020	02/14/2022 00:00	22.47	73.46	70.63	64.95	16,018.47

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1021	02/14/2022 01:00	20.11	66.17	66.26	65.02	17,901.54
1022	02/14/2022 02:00	20.80	68.96	68.30	65.28	17,304.04
1023	02/14/2022 03:00	21.58	71.19	67.13	65.71	16,679.03
1024	02/14/2022 04:00	21.61	70.78	68.53	65.64	16,662.73
1025	02/14/2022 05:00	20.22	66.45	68.93	65.51	17,803.59
1026	02/14/2022 06:00	19.43	63.21	67.73	65.29	18,530.15
1027	02/14/2022 07:00	21.01	68.77	68.52	65.36	17,131.00
1028	02/14/2022 08:00	22.03	72.33	66.96	65.08	16,344.36
1029	02/14/2022 09:00	21.04	69.23	66.86	64.95	17,110.83
1030	02/14/2022 10:00	22.79	75.03	70.08	65.06	15,794.08
1031	02/14/2022 11:00	21.32	69.84	68.91	65.51	16,882.32
1032	02/14/2022 12:00	20.89	69.66	68.01	65.85	17,230.41
1033	02/14/2022 13:00	21.54	71.41	67.56	65.08	16,713.50
1034	02/14/2022 14:00	21.75	71.61	68.94	65.02	16,548.02
1035	02/14/2022 15:00	22.38	74.01	67.58	64.99	16,082.80
1036	02/14/2022 16:00	22.17	72.97	66.61	64.95	16,235.79
1037	02/14/2022 17:00	21.73	71.91	67.01	65.42	16,563.79
1038	02/14/2022 18:00	22.17	73.21	66.91	65.08	16,235.79
1039	02/14/2022 19:00	19.03	61.95	70.76	65.64	18,920.94
1040	02/14/2022 20:00	19.23	63.50	71.46	65.85	18,723.85

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1041	02/14/2022 21:00	20.59	67.76	66.57	65.02	17,484.70
1042	02/14/2022 22:00	21.35	70.50	68.71	65.02	16,860.24
1043	02/14/2022 23:00	22.83	75.96	65.07	64.95	15,767.45
1044	02/15/2022 00:00	20.97	69.36	67.09	65.08	17,170.67
1045	02/15/2022 01:00	20.08	66.63	65.85	65.08	17,923.90
1046	02/15/2022 02:00	20.46	68.19	66.26	65.36	17,595.96
1047	02/15/2022 03:00	22.48	74.34	67.06	65.29	16,012.97
1048	02/15/2022 04:00	21.50	70.76	68.80	65.64	16,745.91
1049	02/15/2022 05:00	22.16	73.51	67.66	65.33	16,244.76
1050	02/15/2022 06:00	22.17	73.49	68.09	65.85	16,240.87
1051	02/15/2022 07:00	21.50	71.02	68.44	65.57	16,745.91
1052	02/15/2022 08:00	22.69	75.19	69.08	65.08	15,867.22
1053	02/15/2022 09:00	21.91	72.44	65.68	65.08	16,433.57
1054	02/15/2022 10:00	22.34	73.72	66.91	65.36	16,111.06
1055	02/15/2022 11:00	22.63	75.06	66.61	65.08	15,911.06
1056	02/15/2022 12:00	22.40	74.00	70.60	65.64	16,071.78
1057	02/15/2022 13:00	21.99	73.15	69.60	65.08	16,371.85
1058	02/15/2022 14:00	21.99	72.70	65.25	64.95	16,371.85
1059	02/15/2022 15:00	20.73	68.46	67.74	65.79	17,368.89
1060	02/15/2022 16:00	22.40	73.52	67.51	65.29	16,071.78

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1061	02/15/2022 17:00	22.17	72.74	67.77	65.64	16,235.77
1062	02/15/2022 18:00	21.34	70.78	65.59	65.51	16,873.03
1063	02/15/2022 19:00	21.77	71.52	65.78	65.36	16,535.57
1064	02/15/2022 20:00	22.51	74.27	65.42	65.36	15,992.22
1065	02/15/2022 21:00	23.51	77.06	66.84	65.23	15,313.87
1066	02/15/2022 22:00	23.04	76.04	66.77	65.08	15,626.40
1067	02/15/2022 23:00	20.48	68.06	64.20	65.85	17,579.70
1068	02/16/2022 00:00	19.83	65.53	67.97	65.48	18,152.11
1069	02/16/2022 01:00	20.22	66.68	65.91	65.02	17,801.22
1070	02/16/2022 02:00	21.36	70.02	72.50	65.92	16,850.90
1071	02/16/2022 03:00	21.39	69.99	70.43	65.08	16,831.18
1072	02/16/2022 04:00	22.23	73.19	69.78	64.95	16,197.64
1073	02/16/2022 05:00	20.99	68.45	72.28	65.42	17,150.11
1074	02/16/2022 06:00	22.02	72.47	65.85	65.13	16,351.61
1075	02/16/2022 07:00	21.78	71.43	68.32	65.85	16,528.20
1076	02/16/2022 08:00	23.36	76.85	68.02	65.08	15,408.57
1077	02/16/2022 09:00	23.14	76.50	67.00	65.57	15,556.29
1078	02/16/2022 10:00	22.00	72.10	71.78	65.36	16,361.25
1079	02/16/2022 11:00	21.39	70.50	65.36	65.36	16,832.62
1080	02/16/2022 12:00	21.78	71.48	66.40	65.64	16,528.20

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1081	02/16/2022 13:00	21.58	71.51	66.02	65.29	16,681.95
1082	02/16/2022 14:00	20.78	68.93	71.40	65.41	17,323.34
1083	02/16/2022 15:00	20.44	67.34	66.67	65.02	17,609.00
1084	02/16/2022 16:00	21.69	71.82	67.72	65.76	16,599.84
1085	02/16/2022 17:00	23.01	76.00	68.48	65.19	15,642.37
1086	02/16/2022 18:00	19.56	65.35	65.40	65.29	18,407.11
1087	02/16/2022 19:00	22.39	74.46	67.19	65.08	16,078.53
1088	02/16/2022 20:00	22.85	75.37	66.71	65.15	15,757.91
1089	02/16/2022 21:00	22.39	74.30	66.33	65.12	16,078.53
1090	02/16/2022 22:00	22.48	74.69	68.94	65.28	16,015.18
1091	02/16/2022 23:00	22.16	73.13	65.97	65.23	16,245.47
1092	02/17/2022 00:00	23.05	76.54	65.79	65.08	15,620.76
1093	02/17/2022 01:00	21.13	70.15	71.66	65.29	17,040.59
1094	02/17/2022 02:00	21.34	70.90	69.48	65.08	16,870.19
1095	02/17/2022 03:00	21.01	69.57	69.04	65.08	17,135.05
1096	02/17/2022 04:00	22.94	75.54	66.59	65.07	15,694.42
1097	02/17/2022 05:00	22.94	75.42	65.55	65.08	15,694.42
1098	02/17/2022 06:00	22.50	74.10	68.53	65.08	16,002.32
1099	02/17/2022 07:00	22.05	73.00	66.91	65.29	16,325.60
1100	02/17/2022 08:00	23.75	77.91	67.73	65.02	15,159.64

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1101	02/17/2022 09:00	23.01	76.25	67.10	65.51	15,642.48
1102	02/17/2022 10:00	23.20	75.96	68.43	65.02	15,517.59
1103	02/17/2022 11:00	22.29	73.17	66.22	65.02	16,150.73
1104	02/17/2022 12:00	21.43	70.72	67.53	65.57	16,799.98
1105	02/17/2022 13:00	23.20	76.58	69.90	65.08	15,517.59
1106	02/17/2022 14:00	21.65	72.32	69.72	65.15	16,631.98
1107	02/17/2022 15:00	21.86	72.74	66.76	65.15	16,467.31
1108	02/17/2022 16:00	22.64	75.37	67.90	65.29	15,901.68
1109	02/17/2022 17:00	23.46	77.63	66.76	65.42	15,348.09
1110	02/17/2022 18:00	23.20	76.60	67.80	65.35	15,517.53
1111	02/17/2022 19:00	21.88	72.21	67.03	65.70	16,453.37
1112	02/17/2022 20:00	22.66	75.27	66.48	65.29	15,886.14
1113	02/17/2022 21:00	22.66	75.50	66.99	65.02	15,890.23
1114	02/17/2022 22:00	22.66	75.28	66.81	65.15	15,890.23
1115	02/17/2022 23:00	21.78	72.62	65.77	65.08	16,526.61
1116	02/18/2022 00:00	21.88	72.68	66.00	65.15	16,452.73
1117	02/18/2022 01:00	19.68	65.48	67.92	65.71	18,297.15
1118	02/18/2022 02:00	19.92	66.15	67.14	65.36	18,071.84
1119	02/18/2022 03:00	21.87	72.22	66.71	64.93	16,457.73
1120	02/18/2022 04:00	22.73	75.09	68.42	65.64	15,837.56

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1121	02/18/2022 05:00	22.04	72.35	72.14	65.79	16,332.55
1122	02/18/2022 06:00	22.72	74.41	68.11	65.36	15,847.42
1123	02/18/2022 07:00	21.83	72.00	65.23	65.07	16,494.37
1124	02/18/2022 08:00	22.88	75.88	68.41	65.23	15,731.10
1125	02/18/2022 09:00	21.69	71.34	66.51	65.23	16,597.65
1126	02/18/2022 10:00	22.07	72.78	67.72	65.43	16,309.42
1127	02/18/2022 11:00	21.11	69.66	66.27	65.23	17,050.64
1128	02/18/2022 12:00	20.50	67.48	68.41	65.51	17,561.96
1129	02/18/2022 13:00	21.13	69.86	67.55	64.88	17,040.31
1130	02/18/2022 14:00	21.54	71.21	65.69	65.08	16,713.00
1131	02/18/2022 15:00	21.54	70.59	66.89	65.13	16,713.00
1132	02/18/2022 16:00	23.13	75.81	65.59	67.40	15,564.22
1133	02/18/2022 17:00	26.19	87.17	64.66	64.56	13,745.29
1134	02/18/2022 18:00	23.77	79.03	65.47	64.86	15,144.30
1135	02/18/2022 19:00	21.74	72.12	67.41	65.02	16,556.38
1136	02/18/2022 20:00	20.23	67.16	69.09	65.71	17,798.78
1137	02/18/2022 21:00	21.48	71.01	67.59	65.23	16,760.43
1138	02/18/2022 22:00	21.70	71.35	68.89	64.74	16,589.87
1139	02/18/2022 23:00	20.66	68.73	68.05	65.23	17,427.74
1140	02/19/2022 00:00	21.33	70.44	67.25	64.95	16,875.32

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1141	02/19/2022 01:00	19.73	65.02	71.43	65.02	18,248.43
1142	02/19/2022 02:00	18.85	61.89	65.98	65.22	19,099.77
1143	02/19/2022 03:00	22.33	73.09	66.54	65.23	16,120.33
1144	02/19/2022 04:00	23.74	77.90	69.27	64.88	15,161.61
1145	02/19/2022 05:00	22.59	73.80	66.89	65.23	15,937.45
1146	02/19/2022 06:00	22.58	74.21	67.22	65.36	15,944.23
1147	02/19/2022 07:00	22.35	73.52	67.73	65.64	16,108.60
1148	02/19/2022 08:00	22.38	73.35	68.28	65.29	16,082.91
1149	02/19/2022 09:00	22.01	72.39	66.56	65.00	16,357.70
1150	02/19/2022 10:00	22.01	72.27	66.50	64.81	16,357.70
1151	02/19/2022 11:00	22.68	74.54	66.76	65.23	15,873.49
1152	02/19/2022 12:00	21.37	69.73	66.02	65.15	16,845.17
1153	02/19/2022 13:00	20.98	69.88	69.61	64.95	17,157.06
1154	02/19/2022 14:00	21.41	71.11	66.30	64.86	16,812.70
1155	02/19/2022 15:00	22.67	74.17	66.79	65.15	15,877.75
1156	02/19/2022 16:00	22.22	73.68	66.73	65.15	16,201.79
1157	02/19/2022 17:00	22.67	74.13	66.53	65.09	15,877.75
1158	02/19/2022 18:00	23.36	76.85	70.00	64.95	15,411.98
1159	02/19/2022 19:00	22.28	73.44	67.30	65.57	16,157.15
1160	02/19/2022 20:00	23.08	75.97	66.30	65.08	15,600.78

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1161	02/19/2022 21:00	23.54	78.06	67.71	65.02	15,294.07
1162	02/19/2022 22:00	23.54	77.87	68.18	65.02	15,294.07
1163	02/19/2022 23:00	21.65	71.77	67.03	65.13	16,628.06
1164	02/20/2022 00:00	20.48	67.96	68.08	65.15	17,575.57
1165	02/20/2022 01:00	20.90	69.60	70.36	65.02	17,227.54
1166	02/20/2022 02:00	19.74	65.22	66.35	65.15	18,239.72
1167	02/20/2022 03:00	20.69	68.38	66.47	65.08	17,399.82
1168	02/20/2022 04:00	23.61	77.83	66.93	65.36	15,246.43
1169	02/20/2022 05:00	23.15	76.52	68.21	65.36	15,548.35
1170	02/20/2022 06:00	23.15	76.61	67.93	65.29	15,548.35
1171	02/20/2022 07:00	22.47	74.44	67.91	65.02	16,022.07
1172	02/20/2022 08:00	22.19	73.12	70.10	65.02	16,226.27
1173	02/20/2022 09:00	20.24	66.49	68.15	65.57	17,786.30
1174	02/20/2022 10:00	21.23	69.67	68.69	65.36	16,955.27
1175	02/20/2022 11:00	21.24	69.41	67.03	65.35	16,947.88
1176	02/20/2022 12:00	21.82	72.13	71.03	65.29	16,500.03
1177	02/20/2022 13:00	22.45	74.39	70.58	65.08	16,038.24
1178	02/20/2022 14:00	22.45	74.78	67.03	64.99	16,038.24
1179	02/20/2022 15:00	22.87	74.97	70.67	65.15	15,741.45
1180	02/20/2022 16:00	23.77	78.18	66.11	64.81	15,147.87

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1181	02/20/2022 17:00	23.05	76.29	67.01	65.36	15,616.36
1182	02/20/2022 18:00	24.59	80.58	66.02	64.81	14,638.60
1183	02/20/2022 19:00	24.08	79.60	67.00	65.42	14,952.33
1184	02/20/2022 20:00	24.32	79.39	68.33	65.36	14,802.81
1185	02/20/2022 21:00	24.08	80.41	67.83	65.28	14,952.33
1186	02/20/2022 22:00	24.56	80.97	70.53	64.95	14,656.25
1187	02/20/2022 23:00	23.58	78.06	68.14	65.15	15,264.14
1188	02/21/2022 00:00	22.22	73.11	69.93	65.02	16,203.16
1189	02/21/2022 01:00	19.57	65.57	67.54	65.08	18,398.43
1190	02/21/2022 02:00	19.94	66.20	67.09	64.88	18,057.44
1191	02/21/2022 03:00	21.36	70.44	69.79	65.43	16,856.15
1192	02/21/2022 04:00	18.79	61.94	68.10	65.62	19,157.13
1193	02/21/2022 05:00	20.32	67.51	66.71	65.02	17,716.46
1194	02/21/2022 06:00	20.26	66.96	67.28	65.02	17,764.91
1195	02/21/2022 07:00	21.02	69.42	67.11	65.29	17,127.01
1196	02/21/2022 08:00	20.97	69.47	68.09	65.29	17,165.25
1197	02/21/2022 09:00	22.55	74.10	67.08	64.88	15,964.63
1198	02/21/2022 10:00	22.10	72.72	69.70	65.36	16,287.15
1199	02/21/2022 12:00	20.67	68.14	69.97	65.15	17,414.22
1200	02/21/2022 13:00	19.74	65.77	68.99	65.29	18,241.61

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1201	02/21/2022 14:00	20.50	68.25	66.92	64.81	17,561.09
1202	02/21/2022 15:00	20.67	67.27	67.20	65.43	17,414.22
1203	02/21/2022 16:00	20.88	68.48	66.07	64.95	17,241.80
1204	02/21/2022 17:00	19.89	65.31	68.33	65.51	18,098.68
1205	02/21/2022 18:00	21.26	69.30	70.52	65.08	16,935.91
1206	02/21/2022 19:00	19.86	64.99	66.25	65.35	18,125.68
1207	02/21/2022 20:00	22.25	73.41	66.14	65.06	16,178.56
1208	02/21/2022 21:00	22.44	73.64	66.70	65.08	16,045.70
1209	02/21/2022 22:00	23.84	78.46	66.86	64.81	15,100.23
1210	02/21/2022 23:00	21.40	70.12	68.87	65.02	16,821.89
1211	02/22/2022 00:00	19.98	65.96	68.40	65.85	18,017.15
1212	02/22/2022 01:00	21.19	70.15	65.97	64.88	16,988.44
1213	02/22/2022 02:00	23.11	75.60	69.98	64.95	15,576.32
1214	02/22/2022 03:00	22.66	74.76	67.46	65.15	15,887.85
1215	02/22/2022 04:00	21.79	71.40	66.45	65.23	16,523.55
1216	02/22/2022 05:00	21.79	71.43	66.87	65.23	16,523.55
1217	02/22/2022 06:00	22.66	74.14	65.71	64.95	15,888.39
1218	02/22/2022 07:00	21.77	72.00	66.17	65.57	16,536.90
1219	02/22/2022 08:00	21.80	71.63	66.93	65.28	16,514.28
1220	02/22/2022 09:00	22.39	73.90	67.14	65.79	16,080.80

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1221	02/22/2022 10:00	21.94	71.90	65.61	65.02	16,409.01
1222	02/22/2022 11:00	21.72	71.05	66.19	65.09	16,573.10
1223	02/22/2022 12:00	20.48	67.40	67.25	65.25	17,574.40
1224	02/22/2022 13:00	19.79	65.77	68.87	65.36	18,187.83
1225	02/22/2022 14:00	21.25	69.50	69.49	64.54	16,945.14
1226	02/22/2022 15:00	21.84	71.99	67.38	65.09	16,484.95
1227	02/22/2022 16:00	21.84	71.94	68.26	64.95	16,484.95
1228	02/22/2022 17:00	23.19	76.32	65.96	65.36	15,526.66
1229	02/22/2022 18:00	24.27	79.91	66.31	65.36	14,831.73
1230	02/22/2022 19:00	24.03	78.63	70.38	65.02	14,978.19
1231	02/22/2022 20:00	21.18	69.40	66.85	64.95	16,997.24
1232	02/22/2022 21:00	21.86	71.72	66.26	65.00	16,471.12
1233	02/22/2022 22:00	21.44	70.34	67.56	64.88	16,794.03
1234	02/22/2022 23:00	21.48	70.24	66.43	65.71	16,760.43
1235	02/23/2022 00:00	22.35	73.19	67.82	65.29	16,110.76
1236	02/23/2022 01:00	21.28	70.64	65.96	65.49	16,914.62
1237	02/23/2022 02:00	21.53	70.93	66.53	64.88	16,722.45
1238	02/23/2022 03:00	21.72	71.08	67.14	65.15	16,576.33
1239	02/23/2022 04:00	22.79	75.21	67.85	65.79	15,798.80
1240	02/23/2022 05:00	23.02	75.31	69.94	65.29	15,637.24

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1241	02/23/2022 06:00	22.35	73.22	71.27	65.29	16,110.76
1242	02/23/2022 07:00	20.40	66.97	67.14	64.81	17,650.40
1243	02/23/2022 08:00	20.81	68.93	66.61	65.57	17,302.36
1244	02/23/2022 09:00	22.24	73.55	67.48	65.02	16,187.70
1245	02/23/2022 10:00	22.59	74.80	66.13	65.08	15,936.48
1246	02/23/2022 11:00	23.68	78.64	67.56	65.23	15,202.51
1247	02/23/2022 12:00	21.59	71.73	66.53	65.02	16,674.99
1248	02/23/2022 13:00	20.94	69.62	67.53	65.15	17,193.56
1249	02/23/2022 14:00	21.36	70.58	65.75	65.36	16,853.09
1250	02/23/2022 15:00	22.70	75.12	66.35	64.88	15,859.10
1251	02/23/2022 16:00	22.03	73.08	67.45	65.51	16,344.58
1252	02/23/2022 17:00	21.57	71.53	66.64	65.15	16,686.98
1253	02/23/2022 18:00	22.48	74.70	68.14	65.36	16,017.69
1254	02/23/2022 19:00	23.37	76.83	66.53	65.23	15,406.60
1255	02/23/2022 20:00	23.85	78.76	66.44	65.02	15,096.04
1256	02/23/2022 21:00	23.87	78.82	66.66	65.28	15,080.22
1257	02/23/2022 22:00	23.85	78.30	67.35	65.02	15,096.04
1258	02/23/2022 23:00	26.62	88.04	67.08	64.31	13,523.84
1259	02/24/2022 00:00	22.00	72.41	68.89	64.58	16,363.39
1260	02/24/2022 01:00	21.58	71.04	66.90	65.43	16,684.18

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1261	02/24/2022 02:00	23.36	76.47	66.38	64.88	15,410.48
1262	02/24/2022 03:00	24.64	80.16	67.48	65.20	14,611.83
1263	02/24/2022 04:00	23.85	77.87	65.40	64.93	15,096.04
1264	02/24/2022 05:00	23.87	78.54	66.79	65.22	15,080.22
1265	02/24/2022 06:00	24.39	80.05	69.85	65.23	14,759.42
1266	02/24/2022 07:00	22.89	74.73	64.88	65.02	15,724.92
1267	02/24/2022 08:00	24.35	79.80	66.20	64.95	14,783.39
1268	02/24/2022 09:00	25.18	83.74	66.28	65.28	14,299.20
1269	02/24/2022 10:00	25.14	82.90	66.16	65.02	14,320.98
1270	02/24/2022 11:00	25.48	84.88	65.87	65.43	14,130.84
1271	02/24/2022 12:00	24.13	79.72	69.86	65.30	14,921.39
1272	02/24/2022 14:00	27.94	91.53	69.00	64.64	12,886.09
1273	02/24/2022 15:00	23.37	77.15	65.55	64.42	15,401.09
1274	02/24/2022 16:00	22.91	75.15	69.40	64.83	15,714.05
1275	02/24/2022 17:00	23.37	77.08	66.05	65.07	15,401.09
1276	02/24/2022 18:00	23.37	77.22	67.27	65.15	15,401.09
1277	02/24/2022 19:00	22.68	75.42	67.18	65.64	15,872.55
1278	02/24/2022 20:00	24.40	80.20	66.38	65.07	14,753.84
1279	02/24/2022 21:00	23.66	77.88	70.49	65.36	15,217.43
1280	02/24/2022 22:00	21.91	72.05	66.41	65.02	16,428.56

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1281	02/24/2022 23:00	25.30	83.12	65.47	65.08	14,229.21
1282	02/25/2022 00:00	21.96	72.43	71.61	65.08	16,393.44
1283	02/25/2022 01:00	21.94	72.45	68.09	65.64	16,408.80
1284	02/25/2022 02:00	22.82	74.65	67.66	64.82	15,774.30
1285	02/25/2022 03:00	23.52	76.64	67.20	65.38	15,308.57
1286	02/25/2022 04:00	23.28	76.59	68.20	65.64	15,463.21
1287	02/25/2022 05:00	22.81	74.47	71.71	65.85	15,782.03
1288	02/25/2022 06:00	22.37	73.50	66.74	65.43	16,092.97
1289	02/25/2022 07:00	23.52	77.60	66.96	65.09	15,308.57
1290	02/25/2022 08:00	22.13	73.48	70.11	65.29	16,268.65
1291	02/25/2022 09:00	22.07	72.58	67.80	65.57	16,310.67
1292	02/25/2022 10:00	23.93	78.75	66.25	65.02	15,045.72
1293	02/25/2022 11:00	22.52	74.59	67.14	64.88	15,987.69
1294	02/25/2022 12:00	22.07	72.81	66.36	65.49	16,310.67
1295	02/25/2022 13:00	20.61	68.25	67.30	65.36	17,467.36
1296	02/25/2022 14:00	21.56	71.30	67.06	65.36	16,694.89
1297	02/25/2022 15:00	22.21	73.30	66.89	65.08	16,212.04
1298	02/25/2022 16:00	21.33	71.51	66.50	65.64	16,880.58
1299	02/25/2022 17:00	20.77	68.50	67.43	65.36	17,336.35
1300	02/25/2022 18:00	21.77	72.26	67.34	65.36	16,539.56

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1301	02/25/2022 19:00	23.60	78.11	67.97	65.14	15,256.58
1302	02/25/2022 20:00	23.09	76.72	66.19	65.06	15,588.40
1303	02/25/2022 21:00	23.71	77.78	68.18	65.35	15,185.98
1304	02/25/2022 22:00	22.76	74.35	71.21	65.63	15,819.09
1305	02/25/2022 23:00	21.88	71.83	69.78	65.29	16,452.20
1306	02/26/2022 00:00	21.69	71.68	72.18	65.36	16,601.07
1307	02/26/2022 01:00	21.28	70.13	69.54	65.41	16,914.46
1308	02/26/2022 02:00	23.22	75.54	68.30	64.94	15,505.84
1309	02/26/2022 03:00	22.32	73.49	65.43	65.15	16,126.42
1310	02/26/2022 04:00	22.76	74.64	67.26	65.15	15,816.13
1311	02/26/2022 05:00	22.54	73.54	69.40	65.29	15,974.29
1312	02/26/2022 06:00	22.76	74.38	66.50	65.02	15,816.13
1313	02/26/2022 07:00	25.24	83.22	70.14	64.31	14,264.69
1314	02/26/2022 08:00	21.16	69.33	68.41	65.02	17,014.80
1315	02/26/2022 09:00	22.19	73.09	67.20	64.94	16,222.08
1316	02/26/2022 10:00	21.96	73.12	67.33	65.55	16,396.99
1317	02/26/2022 11:00	21.75	71.82	67.17	65.49	16,549.80
1318	02/26/2022 12:00	22.63	74.57	67.89	65.15	15,909.95
1319	02/26/2022 13:00	21.82	72.28	72.24	65.29	16,501.87
1320	02/26/2022 14:00	21.59	71.68	68.10	65.36	16,677.84

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1321	02/26/2022 15:00	22.81	75.38	67.90	65.68	15,780.93
1322	02/26/2022 16:00	23.51	77.98	67.54	65.08	15,312.19
1323	02/26/2022 17:00	23.99	79.63	66.35	65.29	15,007.29
1324	02/26/2022 18:00	24.47	81.20	66.76	65.08	14,710.11
1325	02/26/2022 19:00	23.68	78.39	67.74	65.08	15,205.08
1326	02/26/2022 20:00	22.77	75.22	67.17	65.15	15,810.56
1327	02/26/2022 21:00	23.00	75.31	66.67	65.08	15,654.02
1328	02/26/2022 22:00	23.46	76.89	71.54	64.81	15,347.56
1329	02/26/2022 23:00	21.66	70.82	67.09	65.71	16,619.59
1330	02/27/2022 00:00	21.32	70.27	70.50	65.08	16,882.58
1331	02/27/2022 01:00	21.32	70.98	66.35	64.68	16,882.58
1332	02/27/2022 02:00	24.99	81.39	74.72	64.86	14,405.15
1333	02/27/2022 03:00	22.13	72.15	70.84	64.95	16,268.75
1334	02/27/2022 04:00	22.54	74.27	68.29	65.36	15,970.27
1335	02/27/2022 05:00	21.25	69.44	65.25	65.43	16,939.63
1336	02/27/2022 06:00	20.86	69.29	63.70	65.51	17,259.67
1337	02/27/2022 07:00	22.55	74.07	66.61	64.88	15,961.39
1338	02/27/2022 08:00	22.09	72.08	68.47	65.29	16,299.38
1339	02/27/2022 09:00	23.68	78.49	67.09	65.29	15,205.52
1340	02/27/2022 10:00	24.39	81.18	66.23	64.88	14,760.40

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1341	02/27/2022 11:00	23.91	78.78	66.84	64.81	15,054.97
1342	02/27/2022 12:00	22.63	74.71	67.18	65.85	15,909.11
1343	02/27/2022 13:00	22.94	76.33	68.29	64.88	15,692.99
1344	02/27/2022 14:00	22.70	75.48	67.22	65.64	15,862.05
1345	02/27/2022 15:00	22.94	75.77	66.02	65.02	15,692.99
1346	02/27/2022 16:00	21.65	71.34	67.52	65.57	16,626.41
1347	02/27/2022 17:00	21.87	72.51	67.24	65.29	16,460.15
1348	02/27/2022 18:00	22.51	74.43	67.22	64.94	15,995.08
1349	02/27/2022 19:00	22.41	74.22	68.12	64.88	16,061.26
1350	02/27/2022 20:00	22.18	73.61	67.27	64.88	16,232.15
1351	02/27/2022 21:00	21.56	71.20	67.45	64.81	16,697.83
1352	02/27/2022 22:00	22.18	71.96	70.12	65.15	16,232.15
1353	02/27/2022 23:00	21.01	68.28	69.43	65.02	17,133.22
1354	02/28/2022 00:00	21.01	69.70	70.10	65.02	17,133.22
1355	02/28/2022 01:00	21.39	69.95	68.34	65.29	16,832.86
1356	02/28/2022 02:00	25.48	82.53	70.62	65.23	14,127.07
1357	02/28/2022 03:00	24.71	81.39	68.50	65.02	14,571.70
1358	02/28/2022 04:00	25.48	83.43	67.66	65.29	14,127.07
1359	02/28/2022 05:00	24.71	80.52	68.70	65.29	14,571.70
1360	02/28/2022 06:00	24.98	82.53	66.65	65.29	14,412.47

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1361	02/28/2022 07:00	23.96	78.52	70.14	65.02	15,028.14
1362	02/28/2022 08:00	24.46	80.74	68.52	65.09	14,718.89
1363	02/28/2022 09:00	22.80	74.33	67.65	65.29	15,786.01
1364	02/28/2022 10:00	23.49	76.93	67.42	65.08	15,328.50
1365	02/28/2022 11:00	19.78	65.14	66.45	65.08	18,199.95
1366	02/28/2022 12:00	20.85	68.48	67.17	65.28	17,267.71
1367	02/28/2022 13:00	21.17	70.13	70.01	65.07	17,008.86
1368	02/28/2022 14:00	20.79	68.75	68.01	65.08	17,312.18
1369	02/28/2022 15:00	20.69	68.11	67.46	65.92	17,403.76
1370	02/28/2022 16:00	19.84	64.79	67.48	65.31	18,149.05
1371	02/28/2022 17:00	21.37	70.49	68.52	65.15	16,849.34
1372	02/28/2022 18:00	21.33	70.20	68.90	65.51	16,874.59
1373	02/28/2022 19:00	20.81	67.82	67.58	65.28	17,300.82
1374	02/28/2022 20:00	21.58	70.88	67.25	65.07	16,682.52
1375	02/28/2022 21:00	23.80	78.62	67.71	65.23	15,127.16
1376	02/28/2022 22:00	23.31	76.77	69.14	64.95	15,445.91
1377	02/28/2022 23:00	22.61	75.01	69.30	65.36	15,918.75
1378	03/01/2022 00:00	24.44	80.67	71.30	65.02	14,732.52
1379	03/01/2022 01:00	21.33	70.06	68.39	64.95	16,876.25
1380	03/01/2022 02:00	21.93	72.40	69.37	65.35	16,413.19

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1381	03/01/2022 03:00	22.59	74.27	66.16	65.08	15,937.90
1382	03/01/2022 04:00	21.73	71.61	66.42	65.08	16,563.46
1383	03/01/2022 05:00	21.92	72.56	65.63	65.51	16,425.79
1384	03/01/2022 06:00	22.36	73.29	69.42	65.28	16,097.28
1385	03/01/2022 07:00	23.51	77.39	70.17	65.02	15,314.20
1386	03/01/2022 08:00	22.15	72.71	66.31	65.02	16,250.68
1387	03/01/2022 09:00	22.14	72.30	67.99	65.57	16,259.88
1388	03/01/2022 10:00	22.36	73.67	69.73	65.36	16,097.28
1389	03/01/2022 11:00	22.72	75.13	68.80	65.43	15,846.13
1390	03/01/2022 12:00	22.80	75.47	65.76	65.51	15,788.42
1391	03/01/2022 13:00	23.98	79.08	77.69	65.36	15,013.38
1392	03/01/2022 14:00	23.75	77.74	69.54	65.57	15,157.52
1393	03/01/2022 15:00	22.13	73.48	66.92	65.51	16,269.90
1394	03/01/2022 16:00	23.74	77.71	66.52	65.36	15,163.51
1395	03/01/2022 17:00	23.64	77.87	71.14	64.86	15,226.07
1396	03/01/2022 18:00	25.23	83.05	69.70	65.15	14,269.05
1397	03/01/2022 19:00	23.01	75.68	66.91	65.57	15,644.19
1398	03/01/2022 20:00	23.68	78.48	67.18	65.43	15,200.82
1399	03/01/2022 21:00	24.26	79.65	67.02	65.02	14,842.10
1400	03/01/2022 22:00	23.07	75.99	67.49	65.57	15,602.11

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1401	03/01/2022 23:00	25.27	83.49	68.45	65.08	14,248.94
1402	03/02/2022 00:00	21.30	70.86	65.05	65.08	16,901.08
1403	03/02/2022 01:00	21.15	69.71	67.64	65.64	17,025.00
1404	03/02/2022 02:00	21.79	72.24	65.06	65.02	16,519.31
1405	03/02/2022 03:00	22.65	74.53	66.80	65.08	15,895.83
1406	03/02/2022 04:00	22.41	73.92	68.35	65.77	16,067.80
1407	03/02/2022 05:00	23.10	75.76	67.37	64.95	15,584.10
1408	03/02/2022 06:00	23.34	76.95	66.88	65.29	15,425.09
1409	03/02/2022 07:00	23.57	77.09	67.29	65.08	15,272.36
1410	03/02/2022 08:00	23.57	77.85	66.06	65.08	15,272.36
1411	03/02/2022 09:00	23.10	75.94	66.89	65.08	15,584.10
1412	03/02/2022 10:00	23.57	77.44	66.22	64.88	15,272.36
1413	03/02/2022 11:00	22.87	75.43	70.52	65.23	15,739.94
1414	03/02/2022 12:00	25.06	82.66	64.12	65.43	14,363.91
1415	03/02/2022 13:00	21.77	72.70	66.92	65.12	16,535.26
1416	03/02/2022 14:00	23.21	77.47	64.96	65.02	15,509.32
1417	03/02/2022 15:00	24.33	79.93	66.28	65.36	14,793.56
1418	03/02/2022 16:00	24.58	81.36	69.51	64.95	14,647.09
1419	03/02/2022 17:00	25.05	82.65	66.99	65.36	14,368.92
1420	03/02/2022 18:00	25.81	85.00	66.01	65.15	13,947.49

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1421	03/02/2022 19:00	25.81	85.00	67.27	65.08	13,947.49
1422	03/02/2022 20:00	26.08	86.21	66.38	65.15	13,805.01
1423	03/02/2022 21:00	26.34	86.83	67.18	65.08	13,668.33
1424	03/02/2022 22:00	25.56	84.13	66.17	65.36	14,086.97
1425	03/02/2022 23:00	26.08	86.13	70.01	64.95	13,805.01
1426	03/03/2022 00:00	22.56	74.00	67.34	65.02	15,954.39
1427	03/03/2022 01:00	22.02	73.07	66.55	65.02	16,350.51
1428	03/03/2022 02:00	23.82	79.07	66.56	65.08	15,115.92
1429	03/03/2022 03:00	23.35	77.06	68.51	65.63	15,417.42
1430	03/03/2022 04:00	22.91	75.21	66.75	65.08	15,715.71
1431	03/03/2022 05:00	22.70	75.03	71.87	65.43	15,858.87
1432	03/03/2022 06:00	22.93	75.64	69.46	65.29	15,698.68
1433	03/03/2022 07:00	22.47	73.99	68.38	65.15	16,019.06
1434	03/03/2022 08:00	22.05	72.62	66.54	65.08	16,329.93
1435	03/03/2022 09:00	22.93	75.20	69.65	65.07	15,701.85
1436	03/03/2022 10:00	20.80	68.17	66.67	65.08	17,309.37
1437	03/03/2022 11:00	23.39	76.83	66.55	65.23	15,389.73
1438	03/03/2022 12:00	23.91	78.72	66.71	65.29	15,053.70
1439	03/03/2022 13:00	23.04	77.09	70.06	65.02	15,623.27
1440	03/03/2022 14:00	22.22	73.64	66.77	65.02	16,201.72

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1441	03/03/2022 15:00	23.93	78.92	65.92	65.00	15,044.83
1442	03/03/2022 16:00	23.24	76.03	68.11	65.23	15,487.39
1443	03/03/2022 17:00	23.67	78.50	68.05	65.57	15,207.31
1444	03/03/2022 18:00	23.93	78.63	68.16	64.88	15,044.83
1445	03/03/2022 19:00	22.50	73.88	67.39	64.88	15,997.01
1446	03/03/2022 20:00	21.26	70.30	67.94	65.23	16,930.60
1447	03/03/2022 21:00	22.35	73.87	67.35	65.02	16,104.10
1448	03/03/2022 22:00	22.84	75.68	68.35	65.57	15,762.15
1449	03/03/2022 23:00	21.26	70.01	63.84	65.35	16,930.60
1450	03/04/2022 00:00	21.50	71.67	71.16	65.36	16,744.13
1451	03/04/2022 01:00	21.52	71.01	69.61	64.86	16,728.71
1452	03/04/2022 02:00	21.51	71.14	67.22	65.64	16,738.51
1453	03/04/2022 03:00	23.37	77.18	71.13	65.71	15,406.09
1454	03/04/2022 04:00	21.72	71.13	68.44	65.51	16,576.83
1455	03/04/2022 05:00	21.94	72.02	68.39	64.88	16,407.06
1456	03/04/2022 06:00	23.32	77.00	66.31	65.15	15,439.25
1457	03/04/2022 07:00	22.16	73.36	71.44	65.64	16,244.36
1458	03/04/2022 08:00	22.52	74.09	68.13	65.07	15,983.97
1459	03/04/2022 09:00	22.36	73.86	67.57	64.88	16,100.46
1460	03/04/2022 10:00	21.91	72.06	68.64	65.85	16,428.88

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1461	03/04/2022 11:00	21.70	71.64	67.37	65.15	16,586.92
1462	03/04/2022 12:00	22.86	75.24	67.43	65.51	15,746.00
1463	03/04/2022 13:00	21.94	73.05	70.76	64.95	16,410.37
1464	03/04/2022 14:00	20.94	69.76	66.81	65.36	17,191.15
1465	03/04/2022 15:00	21.50	70.60	69.10	65.85	16,745.28
1466	03/04/2022 16:00	21.58	70.76	65.52	65.13	16,685.53
1467	03/04/2022 17:00	23.46	77.61	65.50	65.13	15,346.25
1468	03/04/2022 18:00	23.93	79.26	66.82	65.36	15,041.25
1469	03/04/2022 19:00	24.86	81.58	66.64	65.42	14,483.34
1470	03/04/2022 20:00	25.23	83.01	67.13	65.29	14,270.19
1471	03/04/2022 21:00	25.74	84.83	70.62	64.88	13,987.61
1472	03/04/2022 22:00	23.97	78.86	68.57	65.71	15,016.69
1473	03/04/2022 23:00	24.72	81.82	67.45	65.36	14,561.64
1474	03/05/2022 00:00	23.01	76.10	70.63	65.36	15,648.66
1475	03/05/2022 01:00	22.28	74.00	71.05	65.36	16,160.77
1476	03/05/2022 02:00	22.05	72.96	67.71	65.64	16,325.68
1477	03/05/2022 03:00	22.33	73.51	70.04	65.02	16,120.72
1478	03/05/2022 04:00	21.81	72.13	69.86	65.15	16,505.79
1479	03/05/2022 05:00	22.03	72.32	66.57	65.36	16,340.73
1480	03/05/2022 06:00	22.19	73.06	69.01	65.71	16,222.51

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1481	03/05/2022 07:00	24.03	78.68	71.37	65.43	14,978.26
1482	03/05/2022 08:00	23.33	76.82	66.17	65.02	15,433.38
1483	03/05/2022 09:00	23.33	76.51	67.62	65.09	15,433.38
1484	03/05/2022 10:00	21.24	70.19	67.72	65.51	16,947.38
1485	03/05/2022 11:00	21.31	70.40	67.71	65.51	16,893.83
1486	03/05/2022 12:00	20.60	68.19	69.56	64.81	17,473.68
1487	03/05/2022 13:00	19.55	64.64	70.74	64.95	18,410.36
1488	03/05/2022 14:00	18.61	61.85	66.43	65.06	19,347.04
1489	03/05/2022 15:00	19.89	65.52	67.55	64.95	18,098.13
1490	03/05/2022 16:00	22.19	72.81	68.09	65.15	16,224.77
1491	03/05/2022 17:00	21.75	71.52	67.22	65.37	16,552.54
1492	03/05/2022 18:00	21.77	71.68	67.98	65.15	16,537.00
1493	03/05/2022 19:00	21.71	71.85	67.09	64.95	16,580.03
1494	03/05/2022 20:00	20.16	66.07	68.85	65.57	17,859.26
1495	03/05/2022 21:00	22.45	73.54	68.67	65.64	16,037.20
1496	03/05/2022 22:00	22.21	72.99	69.87	65.08	16,209.10
1497	03/05/2022 23:00	21.77	71.66	67.60	65.08	16,533.23
1498	03/06/2022 00:00	19.75	65.54	67.83	65.85	18,227.49
1499	03/06/2022 01:00	21.67	72.06	70.71	65.08	16,609.20
1500	03/06/2022 02:00	21.46	70.74	70.34	65.57	16,775.10

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1501	03/06/2022 03:00	22.32	73.67	67.57	65.13	16,126.66
1502	03/06/2022 04:00	23.72	77.60	68.00	65.36	15,177.87
1503	03/06/2022 05:00	21.66	71.12	68.55	65.42	16,620.33
1504	03/06/2022 06:00	22.32	73.51	65.91	65.07	16,126.66
1505	03/06/2022 07:00	23.00	75.52	69.52	64.88	15,655.39
1506	03/06/2022 08:00	21.83	72.20	66.75	65.08	16,488.75
1507	03/06/2022 09:00	22.62	75.56	66.29	65.49	15,912.14
1508	03/06/2022 10:00	22.65	74.54	67.33	65.08	15,892.89
1509	03/06/2022 11:00	24.74	81.28	68.39	65.02	14,552.10
1510	03/06/2022 12:00	24.40	80.29	67.07	65.51	14,754.34
1511	03/06/2022 13:00	21.57	71.57	67.86	65.28	16,691.12
1512	03/06/2022 14:00	22.59	75.76	66.40	65.15	15,935.51
1513	03/06/2022 15:00	21.69	72.30	68.18	65.85	16,599.49
1514	03/06/2022 16:00	24.16	80.41	69.17	64.94	14,900.75
1515	03/06/2022 17:00	24.40	81.01	68.34	65.23	14,754.34
1516	03/06/2022 18:00	23.92	79.11	66.22	65.15	15,049.75
1517	03/06/2022 19:00	24.65	81.38	68.01	65.92	14,602.06
1518	03/06/2022 20:00	22.18	73.44	64.93	65.12	16,233.79
1519	03/06/2022 21:00	23.61	77.67	70.33	64.95	15,249.33
1520	03/06/2022 22:00	23.37	77.20	70.05	65.02	15,401.82

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1521	03/06/2022 23:00	22.25	73.46	70.34	65.15	16,181.84
1522	03/07/2022 00:00	20.84	68.87	69.75	65.07	17,276.03
1523	03/07/2022 01:00	20.20	66.87	70.21	65.23	17,821.05
1524	03/07/2022 02:00	22.00	72.81	66.41	64.88	16,362.60
1525	03/07/2022 03:00	22.93	75.64	67.52	65.23	15,701.37
1526	03/07/2022 04:00	22.67	75.44	67.55	65.15	15,881.98
1527	03/07/2022 05:00	22.44	74.15	66.02	65.08	16,040.34
1528	03/07/2022 06:00	22.00	72.76	67.11	65.36	16,364.39
1529	03/07/2022 07:00	23.36	77.18	69.34	64.95	15,410.24
1530	03/07/2022 08:00	23.13	76.24	67.15	65.35	15,564.34
1531	03/07/2022 09:00	22.90	75.61	68.20	65.36	15,721.56
1532	03/07/2022 10:00	21.12	69.62	70.90	65.23	17,045.98
1533	03/07/2022 11:00	22.34	73.42	66.54	64.95	16,112.94
1534	03/07/2022 12:00	22.34	73.79	67.11	65.08	16,112.94
1535	03/07/2022 13:00	21.70	72.43	69.94	65.02	16,592.71
1536	03/07/2022 14:00	20.89	69.12	71.33	65.36	17,230.00
1537	03/07/2022 15:00	21.91	72.47	67.38	65.12	16,428.43
1538	03/07/2022 16:00	22.79	75.34	66.13	65.07	15,796.49
1539	03/07/2022 17:00	23.03	76.45	66.89	65.15	15,634.85
1540	03/07/2022 18:00	23.53	77.76	67.91	65.64	15,302.64

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1541	03/07/2022 19:00	23.74	78.22	69.63	65.08	15,163.60
1542	03/07/2022 20:00	23.63	77.74	70.59	65.15	15,234.33
1543	03/07/2022 21:00	24.12	79.90	67.24	64.94	14,922.50
1544	03/07/2022 22:00	23.64	78.29	68.00	65.08	15,226.93
1545	03/07/2022 23:00	24.92	82.60	67.41	64.95	14,444.24
1546	03/08/2022 00:00	22.12	73.37	68.00	65.29	16,274.50
1547	03/08/2022 01:00	20.89	70.18	68.45	64.95	17,230.89
1548	03/08/2022 02:00	22.34	74.38	66.52	64.93	16,113.37
1549	03/08/2022 03:00	23.50	78.09	68.34	65.07	15,318.11
1550	03/08/2022 04:00	23.74	78.81	66.83	64.95	15,166.45
1551	03/08/2022 05:00	22.92	75.78	67.69	65.64	15,709.80
1552	03/08/2022 06:00	23.52	77.96	67.88	65.00	15,308.60
1553	03/08/2022 07:00	22.12	73.29	68.78	65.79	16,271.61
1554	03/08/2022 08:00	23.09	76.49	68.34	65.57	15,593.64
1555	03/08/2022 09:00	23.38	77.36	69.44	65.51	15,400.59
1556	03/08/2022 10:00	23.15	75.87	66.90	65.07	15,552.97
1557	03/08/2022 11:00	22.92	75.22	70.12	65.41	15,708.50
1558	03/08/2022 12:00	21.25	70.49	65.97	65.02	16,940.33
1559	03/08/2022 13:00	22.27	73.94	68.80	65.08	16,162.78
1560	03/08/2022 14:00	20.87	69.00	69.91	64.94	17,248.29

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1561	03/08/2022 15:00	22.03	73.13	67.13	65.61	16,343.32
1562	03/08/2022 16:00	22.48	73.93	67.05	65.42	16,016.45
1563	03/08/2022 17:00	22.92	75.74	70.76	65.08	15,708.50
1564	03/08/2022 18:00	21.21	70.00	68.63	65.57	16,971.81
1565	03/08/2022 19:00	23.15	76.13	67.90	65.08	15,552.97
1566	03/08/2022 20:00	20.71	68.23	66.64	64.81	17,383.29
1567	03/08/2022 21:00	22.78	75.54	66.63	65.36	15,802.29
1568	03/08/2022 22:00	21.45	71.24	66.96	65.51	16,784.76
1569	03/08/2022 23:00	21.67	71.70	67.42	65.57	16,615.22
1570	03/09/2022 00:00	21.67	72.25	68.39	65.09	16,613.46
1571	03/09/2022 01:00	21.20	70.85	66.46	65.08	16,981.09
1572	03/09/2022 02:00	22.20	73.90	66.89	65.64	16,217.45
1573	03/09/2022 03:00	22.23	73.62	65.89	65.08	16,195.41
1574	03/09/2022 04:00	21.63	71.82	66.59	65.08	16,643.43
1575	03/09/2022 05:00	21.63	72.21	66.91	65.23	16,646.44
1576	03/09/2022 06:00	21.22	70.16	67.76	65.15	16,969.10
1577	03/09/2022 07:00	21.63	72.05	66.56	65.36	16,646.44
1578	03/09/2022 08:00	21.02	70.06	68.31	65.89	17,125.18
1579	03/09/2022 09:00	21.89	72.39	67.54	65.28	16,445.30
1580	03/09/2022 10:00	22.11	72.14	67.48	65.15	16,280.85

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1581	03/09/2022 11:00	21.86	72.28	66.34	65.36	16,465.61
1582	03/09/2022 12:00	20.70	67.61	69.89	65.49	17,389.30
1583	03/09/2022 13:00	19.82	65.82	71.64	67.22	18,166.98
1584	03/09/2022 14:00	21.29	70.88	65.68	64.95	16,909.23
1585	03/09/2022 15:00	23.65	77.65	64.59	65.15	15,219.57
1586	03/09/2022 16:00	24.42	79.87	67.70	65.39	14,743.42
1587	03/09/2022 17:00	22.72	75.63	65.31	65.71	15,847.19
1588	03/09/2022 18:00	24.40	80.55	69.55	65.02	14,755.67
1589	03/09/2022 19:00	23.19	76.06	65.95	65.00	15,524.58
1590	03/09/2022 20:00	23.65	77.32	67.37	65.06	15,219.57
1591	03/09/2022 21:00	23.19	76.72	66.90	65.02	15,524.58
1592	03/09/2022 22:00	22.73	75.70	67.25	65.29	15,838.20
1593	03/09/2022 23:00	24.83	82.21	67.18	64.88	14,499.90
1594	03/10/2022 00:00	24.32	81.05	68.32	65.63	14,802.31
1595	03/10/2022 01:00	24.12	80.39	67.21	65.36	14,924.04
1596	03/10/2022 02:00	25.51	84.65	67.39	65.51	14,110.29
1597	03/10/2022 03:00	24.42	80.75	67.38	65.02	14,742.74
1598	03/10/2022 04:00	24.56	81.84	67.79	65.36	14,658.59
1599	03/10/2022 05:00	23.60	78.46	69.09	65.64	15,256.57
1600	03/10/2022 06:00	24.32	79.89	68.59	65.29	14,803.41

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1601	03/10/2022 07:00	23.61	78.70	68.98	64.88	15,245.19
1602	03/10/2022 08:00	24.61	81.89	65.17	65.02	14,625.87
1603	03/10/2022 09:00	23.70	78.28	68.88	65.85	15,191.69
1604	03/10/2022 10:00	24.67	80.75	65.89	65.07	14,590.04
1605	03/10/2022 11:00	24.67	80.99	68.01	65.63	14,593.04
1606	03/10/2022 12:00	24.43	80.34	66.07	65.09	14,735.94
1607	03/10/2022 13:00	24.67	81.20	65.89	64.95	14,590.04
1608	03/10/2022 14:00	23.72	78.15	67.24	65.36	15,176.54
1609	03/10/2022 15:00	22.38	74.70	70.51	65.43	16,084.99
1610	03/10/2022 16:00	23.07	76.46	68.77	65.00	15,602.44
1611	03/10/2022 17:00	23.27	76.72	67.80	65.36	15,468.29
1612	03/10/2022 18:00	26.22	86.09	66.26	65.15	13,732.12
1613	03/10/2022 19:00	24.92	82.32	69.95	65.08	14,447.11
1614	03/10/2022 20:00	25.25	82.60	66.80	65.08	14,260.12
1615	03/10/2022 21:00	24.55	81.81	67.69	65.29	14,665.33
1616	03/10/2022 22:00	26.07	86.59	69.36	65.08	13,811.31
1617	03/10/2022 23:00	25.66	85.43	67.16	64.95	14,028.89
1618	03/11/2022 00:00	22.53	74.76	66.27	65.29	15,980.61
1619	03/11/2022 01:00	22.53	75.45	66.95	65.29	15,980.61
1620	03/11/2022 02:00	21.57	71.39	66.29	65.08	16,691.69

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1621	03/11/2022 03:00	22.07	72.70	66.84	65.08	16,311.80
1622	03/11/2022 04:00	22.49	74.81	67.43	65.07	16,010.31
1623	03/11/2022 05:00	22.92	76.41	66.32	64.95	15,708.81
1624	03/11/2022 06:00	23.37	77.46	67.72	65.00	15,407.32
1625	03/11/2022 08:00	22.63	74.84	68.29	65.23	15,907.92
1626	03/11/2022 09:00	23.31	76.16	71.68	65.29	15,447.23
1627	03/11/2022 10:00	23.78	78.13	70.68	65.57	15,137.69
1628	03/11/2022 11:00	24.56	80.51	69.16	64.74	14,656.56
1629	03/11/2022 12:00	23.41	77.49	68.21	65.15	15,375.67
1630	03/11/2022 13:00	24.28	80.65	71.37	65.29	14,825.72
1631	03/11/2022 14:00	24.77	82.19	66.53	65.08	14,532.15
1632	03/11/2022 15:00	25.72	84.50	70.23	65.02	13,994.75
1633	03/11/2022 16:00	25.72	85.32	67.81	65.21	13,994.75
1634	03/11/2022 17:00	27.59	90.95	71.58	65.36	13,046.64
1635	03/11/2022 18:00	27.87	92.13	64.68	64.74	12,917.46
1636	03/11/2022 19:00	28.22	93.21	68.73	65.64	12,759.05
1637	03/11/2022 20:00	26.75	87.98	65.75	64.47	13,459.52
1638	03/11/2022 21:00	25.47	84.47	65.96	65.35	14,134.69
1639	03/11/2022 22:00	26.23	87.34	68.54	65.08	13,726.05
1640	03/11/2022 23:00	25.19	83.16	68.73	65.85	14,292.07

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1641	03/12/2022 00:00	21.60	72.50	66.33	65.36	16,663.97
1642	03/12/2022 01:00	19.37	64.30	69.44	65.08	18,586.03
1643	03/12/2022 02:00	20.45	67.56	66.10	65.08	17,607.82
1644	03/12/2022 03:00	19.35	63.98	67.67	65.57	18,600.71
1645	03/12/2022 04:00	19.91	66.20	69.98	64.95	18,080.56
1646	03/12/2022 05:00	19.91	65.89	66.26	65.08	18,080.56
1647	03/12/2022 06:00	19.91	65.84	67.39	65.08	18,080.56
1648	03/12/2022 07:00	20.66	68.37	68.07	65.57	17,423.01
1649	03/12/2022 08:00	21.01	69.51	65.74	65.08	17,134.15
1650	03/12/2022 09:00	19.66	65.21	67.70	65.08	18,315.25
1651	03/12/2022 10:00	20.22	67.15	65.85	65.15	17,803.66
1652	03/12/2022 11:00	20.22	67.09	69.75	65.02	17,803.66
1653	03/12/2022 12:00	22.12	72.97	69.88	65.08	16,274.88
1654	03/12/2022 13:00	21.90	73.57	69.85	65.02	16,437.63
1655	03/12/2022 14:00	21.85	73.60	66.04	65.09	16,473.08
1656	03/12/2022 15:00	22.08	73.32	67.24	65.29	16,306.69
1657	03/12/2022 16:00	22.94	75.59	67.89	65.07	15,692.69
1658	03/12/2022 17:00	24.29	80.52	69.59	65.15	14,822.05
1659	03/12/2022 18:00	23.59	78.32	68.74	65.21	15,263.38
1660	03/12/2022 19:00	23.11	76.48	67.53	65.43	15,574.88

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1661	03/12/2022 20:00	22.50	74.89	65.24	64.95	15,997.11
1662	03/12/2022 21:00	23.05	76.07	69.23	65.36	15,619.10
1663	03/12/2022 22:00	21.92	73.20	68.45	65.92	16,423.87
1664	03/12/2022 23:00	21.69	71.79	69.53	65.29	16,601.32
1665	03/13/2022 00:00	21.03	69.78	68.97	65.15	17,121.59
1666	03/13/2022 01:00	20.31	67.50	68.20	65.36	17,722.84
1667	03/13/2022 02:00	21.03	70.03	66.84	65.02	17,121.59
1668	03/13/2022 03:00	20.82	69.24	66.76	65.29	17,294.54
1669	03/13/2022 04:00	20.19	67.25	66.08	65.08	17,827.27
1670	03/13/2022 05:00	20.05	66.55	67.25	65.13	17,959.06
1671	03/13/2022 06:00	20.79	68.97	66.52	65.15	17,318.52
1672	03/13/2022 07:00	20.58	67.94	71.86	65.36	17,491.70
1673	03/13/2022 08:00	21.82	72.07	68.66	65.36	16,497.14
1674	03/13/2022 09:00	20.22	66.89	69.22	65.35	17,802.63
1675	03/13/2022 10:00	21.17	70.47	65.06	65.08	17,008.59
1676	03/13/2022 11:00	21.13	69.91	67.35	65.36	17,037.08
1677	03/13/2022 12:00	21.13	70.09	66.08	65.15	17,037.08
1678	03/13/2022 13:00	20.22	67.34	71.18	65.42	17,802.63
1679	03/13/2022 14:00	21.56	71.20	67.70	65.21	16,699.71
1680	03/13/2022 15:00	21.34	71.00	67.60	64.95	16,866.71

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1681	03/13/2022 16:00	22.17	73.62	68.06	65.21	16,240.84
1682	03/13/2022 17:00	22.60	75.07	66.68	64.95	15,927.91
1683	03/13/2022 18:00	23.28	76.78	70.51	65.12	15,461.32
1684	03/13/2022 19:00	22.15	73.01	66.72	65.48	16,252.97
1685	03/13/2022 20:00	22.02	72.75	65.98	65.08	16,348.14
1686	03/13/2022 21:00	21.75	72.09	68.53	65.23	16,551.72
1687	03/13/2022 22:00	20.34	67.82	68.49	65.29	17,702.37
1688	03/13/2022 23:00	21.64	71.83	68.49	65.08	16,634.51
1689	03/14/2022 00:00	20.55	68.43	69.19	65.02	17,521.42
1690	03/14/2022 01:00	20.14	67.40	68.11	65.02	17,871.84
1691	03/14/2022 02:00	21.62	71.20	66.43	65.08	16,649.83
1692	03/14/2022 03:00	20.60	68.29	67.77	65.02	17,473.31
1693	03/14/2022 04:00	20.81	69.14	65.86	65.08	17,300.31
1694	03/14/2022 05:00	25.87	85.62	74.65	64.86	13,913.88
1695	03/14/2022 15:00	20.87	69.39	69.11	65.36	17,248.93
1696	03/14/2022 16:00	19.97	65.93	71.59	64.76	18,023.44
1697	03/14/2022 17:00	20.64	69.12	70.68	64.81	17,445.41
1698	03/14/2022 18:00	20.17	66.67	69.35	64.81	17,852.45
1699	03/14/2022 19:00	20.68	68.91	69.71	65.03	17,408.99
1700	03/14/2022 20:00	21.63	71.65	68.29	65.23	16,643.88

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1701	03/14/2022 21:00	21.23	70.94	69.58	64.88	16,957.53
1702	03/14/2022 22:00	21.39	71.12	64.94	65.02	16,832.90
1703	03/14/2022 23:00	21.08	69.68	66.65	64.88	17,078.18
1704	03/15/2022 00:00	20.14	66.52	68.46	65.15	17,876.38
1705	03/15/2022 01:00	19.53	65.40	68.48	65.64	18,430.19
1706	03/15/2022 02:00	20.50	68.35	66.38	65.15	17,563.12
1707	03/15/2022 03:00	21.08	69.61	66.26	64.88	17,078.18
1708	03/15/2022 04:00	20.70	68.77	66.32	64.76	17,389.23
1709	03/15/2022 05:00	21.08	69.81	65.82	64.75	17,078.18
1710	03/15/2022 06:00	21.08	69.35	68.30	64.88	17,078.18
1711	03/15/2022 07:00	20.63	68.73	65.64	65.15	17,451.44
1712	03/15/2022 08:00	21.84	72.44	70.79	65.03	16,480.71
1713	03/15/2022 09:00	21.08	69.68	68.80	65.09	17,080.60
1714	03/15/2022 10:00	21.89	72.63	66.41	64.95	16,448.36
1715	03/15/2022 11:00	21.62	72.22	66.91	65.15	16,648.88
1716	03/15/2022 12:00	20.52	68.47	66.89	64.95	17,543.60
1717	03/15/2022 13:00	20.92	69.82	69.05	64.65	17,209.46
1718	03/15/2022 14:00	20.46	67.87	68.02	65.79	17,594.15
1719	03/15/2022 15:00	21.49	71.27	68.05	65.29	16,750.12
1720	03/15/2022 16:00	22.34	74.15	66.77	64.95	16,117.71

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1721	03/15/2022 17:00	21.74	73.06	65.26	65.02	16,562.73
1722	03/15/2022 18:00	21.93	72.96	71.21	64.88	16,412.58
1723	03/15/2022 19:00	22.35	74.46	66.83	64.81	16,109.06
1724	03/15/2022 20:00	22.78	75.61	67.29	64.97	15,805.53
1725	03/15/2022 21:00	21.72	72.61	68.95	64.75	16,576.71
1726	03/15/2022 22:00	22.53	74.92	67.95	65.51	15,976.55
1727	03/15/2022 23:00	21.46	71.82	67.66	65.43	16,773.35
1728	03/16/2022 00:00	21.63	72.02	67.57	65.09	16,643.06
1729	03/16/2022 01:00	20.92	70.11	69.85	64.81	17,209.75
1730	03/16/2022 02:00	20.92	69.65	67.28	64.95	17,209.75
1731	03/16/2022 03:00	20.56	68.77	65.80	64.88	17,511.95
1732	03/16/2022 04:00	23.85	80.00	65.27	64.93	15,096.95
1733	03/16/2022 05:00	22.50	74.51	67.48	64.95	16,001.83
1734	03/16/2022 06:00	23.15	77.23	66.76	65.02	15,553.14
1735	03/16/2022 07:00	23.85	78.93	66.04	64.88	15,096.95
1736	03/16/2022 08:00	23.14	76.94	69.19	65.43	15,559.11
1737	03/16/2022 09:00	23.61	78.08	67.53	65.15	15,247.92
1738	03/16/2022 10:00	24.33	80.55	66.51	64.88	14,794.76
1739	03/16/2022 11:00	23.14	76.48	71.01	65.51	15,559.11
1740	03/16/2022 12:00	22.55	74.70	66.64	64.81	15,961.52

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1741	03/16/2022 13:00	22.18	73.61	69.92	64.74	16,233.62
1742	03/16/2022 14:00	21.96	73.10	69.21	65.08	16,394.35
1743	03/16/2022 15:00	23.72	78.80	67.66	65.84	15,174.02
1744	03/16/2022 16:00	23.02	76.34	66.72	65.08	15,638.55
1745	03/16/2022 17:00	22.33	74.29	72.97	65.51	16,122.21
1746	03/16/2022 18:00	23.96	79.61	70.57	64.94	15,025.38
1747	03/16/2022 19:00	23.02	76.37	67.02	64.95	15,638.55
1748	03/16/2022 20:00	23.48	78.25	66.65	65.29	15,332.02
1749	03/16/2022 21:00	22.37	73.96	69.50	64.95	16,090.81
1750	03/16/2022 22:00	22.34	73.70	68.08	64.95	16,112.03
1751	03/16/2022 23:00	20.96	69.30	68.92	65.43	17,176.12
1752	03/17/2022 00:00	21.17	70.56	66.05	65.15	17,002.63
1753	03/17/2022 01:00	21.79	72.95	68.44	64.95	16,520.58
1754	03/17/2022 02:00	21.60	71.79	67.03	65.02	16,665.94
1755	03/17/2022 03:00	22.21	73.73	67.89	65.13	16,208.56
1756	03/17/2022 04:00	22.87	75.55	66.93	64.99	15,739.15
1757	03/17/2022 05:00	22.87	75.40	67.16	65.08	15,739.15
1758	03/17/2022 06:00	22.87	75.26	68.34	64.95	15,739.15
1759	03/17/2022 07:00	21.99	73.08	67.56	65.35	16,372.29
1760	03/17/2022 08:00	22.60	74.32	67.02	65.15	15,927.18

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1761	03/17/2022 09:00	22.41	73.76	67.45	65.07	16,067.76
1762	03/17/2022 10:00	21.55	72.04	69.16	65.42	16,701.55
1763	03/17/2022 11:00	23.76	78.80	70.82	65.36	15,153.76
1764	03/17/2022 12:00	23.28	76.89	70.56	65.63	15,463.88
1765	03/17/2022 13:00	22.77	75.78	71.03	65.64	15,812.15
1766	03/17/2022 14:00	23.00	76.27	66.83	65.21	15,654.82
1767	03/17/2022 15:00	22.74	75.12	73.19	65.70	15,830.06
1768	03/17/2022 16:00	21.86	72.49	72.02	65.92	16,470.18
1769	03/17/2022 17:00	21.33	70.35	67.93	65.55	16,875.69
1770	03/17/2022 18:00	22.16	72.98	68.86	64.89	16,245.66
1771	03/17/2022 19:00	21.17	70.62	70.91	65.08	17,005.76
1772	03/17/2022 20:00	20.18	67.61	66.89	65.02	17,837.52
1773	03/17/2022 21:00	21.27	71.04	70.68	64.95	16,928.13
1774	03/17/2022 22:00	22.11	73.66	66.08	65.07	16,280.41
1775	03/17/2022 23:00	21.43	71.50	67.01	64.87	16,795.50
1776	03/18/2022 00:00	21.01	69.63	65.90	65.42	17,134.80
1777	03/18/2022 01:00	21.19	69.97	67.71	65.63	16,989.46
1778	03/18/2022 02:00	21.04	70.01	65.27	65.15	17,107.08
1779	03/18/2022 03:00	21.22	70.65	66.42	65.42	16,963.46
1780	03/18/2022 04:00	20.37	67.61	68.54	65.72	17,670.27

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1781	03/18/2022 05:00	21.04	69.42	67.33	65.15	17,107.08
1782	03/18/2022 06:00	20.10	66.79	66.83	65.42	17,906.63
1783	03/18/2022 07:00	19.42	65.07	66.45	65.08	18,535.11
1784	03/18/2022 08:00	20.99	69.75	70.97	65.36	17,151.90
1785	03/18/2022 09:00	20.63	68.00	68.34	65.64	17,448.46
1786	03/18/2022 10:00	22.05	73.21	65.86	65.36	16,330.21
1787	03/18/2022 11:00	20.50	67.56	66.54	65.42	17,557.52
1788	03/18/2022 12:00	19.40	64.82	67.28	65.85	18,557.37
1789	03/18/2022 13:00	19.37	64.23	70.53	65.08	18,584.38
1790	03/18/2022 14:00	19.46	64.85	67.74	65.70	18,503.53
1791	03/18/2022 15:00	21.57	71.38	69.27	65.08	16,693.01
1792	03/18/2022 16:00	22.71	75.57	66.96	64.95	15,849.64
1793	03/18/2022 17:00	21.58	71.71	68.05	65.15	16,683.75
1794	03/18/2022 18:00	20.83	69.20	65.38	65.12	17,279.04
1795	03/18/2022 19:00	21.00	69.10	73.92	65.36	17,140.19
1796	03/18/2022 20:00	21.45	71.17	67.13	65.51	16,780.71
1797	03/18/2022 21:00	20.24	67.03	71.62	65.15	17,784.67
1798	03/18/2022 22:00	20.56	68.56	66.67	65.36	17,508.22
1799	03/18/2022 23:00	22.57	75.14	65.94	65.15	15,951.88
1800	03/19/2022 00:00	18.81	62.44	71.77	68.10	19,135.25

ตารางที่ ก-2 ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า หลังการปรับปรุง

ลำดับ	เดือน/วัน/ปี เวลา	ประสิทธิภาพโดยรวมของโรงไฟฟ้า	ประสิทธิภาพหม้อต้มไอน้ำ	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 1	ประสิทธิภาพกังหันไอน้ำ ช่วงที่ 2	อัตราการใช้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
1801	03/19/2022 01:00	21.32	71.02	70.39	65.36	16,882.69
1802	03/19/2022 02:00	22.35	74.30	68.46	65.02	16,103.92
1803	03/19/2022 03:00	23.57	78.54	66.88	65.08	15,272.03
1804	03/19/2022 04:00	24.46	80.91	67.85	64.95	14,716.58
1805	03/19/2022 05:00	24.01	79.18	66.66	65.08	14,994.74
1806	03/19/2022 06:00	24.01	79.10	67.47	65.13	14,994.74
1807	03/19/2022 07:00	24.01	79.12	68.57	65.15	14,994.74
1808	03/19/2022 08:00	23.77	78.80	66.37	65.13	15,144.68
1809	03/19/2022 09:00	23.15	76.97	64.55	65.21	15,549.33
1810	03/19/2022 10:00	25.42	84.42	66.39	65.21	14,160.26
1811	03/19/2022 11:00	24.46	80.76	72.21	65.21	14,716.58
1812	03/19/2022 12:00	22.00	73.75	67.21	65.77	16,363.70
1813	03/19/2022 13:00	23.04	76.82	66.17	65.26	15,626.63

ภาคผนวก ข.
แสดงวิธีการคำนวณค่าความร้อน และเอนทัลปี

ข.1 การคำนวณค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ค่าความร้อนสูงสุด (Higher Heating Value, HHV) ของเชื้อเพลิงชีวมวล คำนวณได้จากองค์ประกอบของเชื้อเพลิง ดังสมการ

$$HHV = 0.35X_C + 1.18X_H + 0.10X_S - 0.02X_N - 0.10X_O - 0.02X_{ash} \quad (1.1)$$

โดย HHV = ค่าความร้อนสูงสุด (kJ/kg)

X_C = ปริมาณคาร์บอนของชีวมวลแห้ง (%)

X_H = ปริมาณไฮโดรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_S = ปริมาณซัลเฟอร์ของชีวมวลแห้ง (%)

X_N = ปริมาณไนโตรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_O = ปริมาณออกซิเจนของชีวมวลแห้ง (%)

X_{ash} = ปริมาณเถ้าของชีวมวลแห้ง (%)

ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) ของเชื้อเพลิงชีวมวล คำนวณจาก

$$LHV = HHV\left(1-\frac{H_2O}{100}\right) - 2.444\frac{H_2O}{100} - \left[2.444 \times \frac{X_H}{100} \times 8.936 \times \left(1 - \frac{H_2O}{100}\right)\right] \quad (1.2)$$

โดย LHV = ค่าความร้อนต่ำ (kJ/kg)

H_2O = ค่าความชื้นเชื้อของเชื้อเพลิง (%)

X_H = ปริมาณไฮโดรเจนของชีวมวลแห้ง (%)

ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ข้อมูล	หน่วย	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ค่าเฉลี่ย
%Moisture	%	43.70	42.09	42.90
LHV	kcal/kg	2,054.00	2,123.00	2,088.50
Xc	%	47.02	47.01	47.01
Xh	%	6.24	6.15	47.01
Xs	%	0.01	0.01	6.20
Xn	%	0.18	0.10	0.01
Xo	%	44.87	25.70	35.29
Xw	%	43.70	42.09	42.90
Xa	%	1.34	1.45	1.40

อ้างอิง : ผลการทดสอบเชื้อเพลิง จากสำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม 2564

คำนวณค่าความร้อนสูงสุด (HHV) ของตัวอย่างเชื้อเพลิง ตารางที่ ข-1

$$(2{,}088.50 \times 4.2) = HHV\left(1 - \frac{42.90}{100}\right) - 2.444\,\frac{42.90}{100} - \left[\,2.444 \times \frac{47.01}{100} \times 8.936 \times \left(1 - \frac{42.90}{100}\right)\right]$$

$$HHV = 15{,}363.84 \text{ kJ/cal}$$

ดังนั้น สมการเพื่อคำนวณหาค่าความร้อนต่ำ (LHV) ของเชื้อเพลิง จะได้

$$LHV = 15{,}363.84\left(1-\frac{H_2O}{100}\right) - 2.444\,\frac{H_2O}{100} - \left[2.444x\frac{6.20}{100} \times 8.936x\left(\frac{H_2O}{100}\right)\right] \quad (1.3)$$

ข.2 การคำนวณเอนทัลปี

1. เอนทัลปีจำเพาะของน้ำป้อนที่ป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำป้อนที่เข้าสู่หม้อไอน้ำอยู่ในช่วง 110 ºC - 130 ºC

เปิดตารางไอน้ำ Saturated water เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 130 ºC จะได้ค่า h_f = 546.38 kJ/kg

ที่อุณหภูมิ 110 ºC จะได้ค่า h_f = 461.42 kJ/kg

ทำการ Interpolate เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ (X) ที่อุณหภูมิ T

$$\frac{130 - 110}{T - 110} = \frac{546.38 - 461.42}{X - 461.42}$$

ดังนั้น $X = 4.248\,(T - 110) + 461.42$ kJ/kg (2.1)

2. เอนทัลปีจำเพาะของน้ำอิ่มตัวในหม้อต้มไอน้ำ

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 280 ºC-300 ºC

เปิดตารางไอน้ำ Saturated water เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 280 ºC จะได้ค่า h_f = 1236.67 kJ/kg

ที่อุณหภูมิ 300 ºC จะได้ค่า h_f = 1344.77 kJ/kg

ทำการ Interpolate เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ (X) ที่อุณหภูมิ T

$$\frac{280 - 300}{T - 300} = \frac{1236.67 - 1344.77}{X - 1344.77}$$

ดังนั้น $X = 5.405\,(T - 300) + 1344.77$ kJ/kg (2.2)

3. เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำอิ่มตัวในหม้อต้มไอน้ำ

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 280 ºC - 300 ºC

เปิดตารางไอน้ำ Saturated water เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะได้ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 280 °C จะได้ h_g = 2779.82 kJ/kg

ที่อุณหภูมิ 300 °C จะได้ h_g = 2749.57 kJ/kg

ทำการ Interpolate เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ (X) ที่อุณหภูมิ T

$$\frac{280 - 300}{T - 300} = \frac{2779.82 - 2749.57}{X - 2749.57}$$

ดังนั้น $X = -1.513 (T - 300) + 2749.57$ kJ/kg (2.3)

4. เอลทัลปีจำเพาะของของผสมในหม้อต้มไอน้ำ

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 280 °C - 300 °C

เปิดตารางไอน้ำ Saturated water

ที่อุณหภูมิ 280 °C จะได้ h_{fg} = 1543.15 kJ/kg

ที่อุณหภูมิ 300 °C จะได้ h_{fg} = 1404.8 kJ/kg

ทำการ linear Interpolation เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ (X) ที่อุณหภูมิ T

$$\frac{280 - 300}{T - 300} = \frac{1543.15 - 1404.8}{X - 1404.8}$$

ดังนั้น $X = -6.9175 (T - 300) + 1404.8$ kJ/kg (2.4)

5. เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำที่หม้อน้ำผลิตออกมา

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 450 °C - 500 °C และความดันของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 60 bar – 70 bar

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water

เมื่อ P = 60 bar และ T = 450 °C จะได้ h = 3302.9 kJ/kg

เมื่อ P = 60 bar และ T = 500 °C จะได้ h = 3423.1 kJ/kg

เมื่อ P = 70 bar และ T = 450 °C จะได้ h = 3288.3 kJ/kg

เมื่อ P = 70 bar และ T = 500 °C จะได้ h = 3411.4 kJ/kg

ทำการ linear Interpolation โดยที่

P = 60 bar : $\frac{450 - 500}{T - 500} = \frac{3302.9 - 3423.1}{X - 3423.1}$

จะได้ $X_{60} = 2.404 (T - 500) + 3423.1$ kJ/kg (2.5)

P = 70 bar : $\frac{450 - 500}{T - 500} = \frac{3288.3 - 3411.4}{X - 3411.4}$

จะได้ $X_{70} = 2.462\ (T - 500) + 3411.4$ kJ/kg (2.6)

ดังนั้น $\frac{60 - 70}{P - 70} = \frac{X_{60} - X_{70}}{X - X_{70}}$

$X = \frac{(X_{60} - X_{70})(P-70)}{-10} + X_{70}$ kJ/kg (2.7)

6. เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหัน (Extraction), kJ/kg

กำหนดให้ ความดันไอน้ำที่ตำแหน่งระบายออกจากกังหันอยู่ในช่วง 5 bar – 8 bar และที่อุณหภูมิ 250 °C

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water

เมื่อ P = 5 bar จะได้ h = 2961 kJ/kg

เมื่อ P = 8 bar จะได้ h = 2950.4 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ (X) ที่ความดัน P

$\frac{5 - 8}{P - 8} = \frac{2961 - 2950.4}{X - 2950.4}$

ดังนั้น $X = -3.533\ (P - 8) + 2950.4$ kJ/kg (2.8)

7. เอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำที่ตำแหน่งออกจากตัวกังหัน, kJ/kg (h_3)

กำหนดให้ อุณหภูมิของไอน้ำขาออกกังหันอยู่ในช่วง 45 °C -50 °C

ความดันไอน้ำขาออกกังหันอยู่ในช่วง -0.7 bar – (-1) bar

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water

เมื่อ P = -0.7 bar และ T = 45 °C จะได้ h = 2571.15 kJ/kg

เมื่อ P = -0.7 bar และ T = 50 °C จะได้ h = 2583.99 kJ/kg

เมื่อ P = -1 bar และ T = 45 °C จะได้ h = 2584.93 kJ/kg

เมื่อ P = -1 bar และ T = 50 °C จะได้ h = 2594.32 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอลทัลปีจำเพาะ

โดยที่ ความดัน P = 45 bar : $\frac{-0.7 + 1}{P + 1} = \frac{2571.15 - 2584.93}{X - 2584.93}$

จะได้ $X_{45} = -45.93\ (P + 1) + 2584.93$ kJ/kg (2.9)

ความดัน P = 50 bar : $\frac{-0.7+1}{P+1} = \frac{2583.99-2594.32}{X-2594.32}$

จะได้ $X_{50} = -34.43\ (P+1) + 2594.32$ kJ/kg (2.10)

ดังนั้น $\frac{45-50}{P-50} = \frac{X_{45}-X_{50}}{X-X_{50}}$

$$X = \frac{(X_{60}-X_{70})(P-70)}{-5} + X_{70} \quad \text{kJ/kg} \qquad (2.11)$$

8. เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำเข้ากังหัน

กำหนดให้ อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มไอน้ำ อยู่ในช่วง 450 °C -500 °C

และความดันดันของน้ำในหม้อต้มไอน้ำอยู่ในช่วง 60 bar – 70 bar

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water

เมื่อ P = 60 bar และ T = 450 °C จะได้ s = 6.7219 kJ/kg.K

เมื่อ P = 60 bar และ T = 500 °C จะได้ s = 6.8826 kJ/kg.K

เมื่อ P = 70 bar และ T = 450 °C จะได้ s = 6.6353 kJ/kg.K

เมื่อ P = 70 bar และ T = 500 °C จะได้ s = 6.800 kJ/kg.K

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ โดยที่

P = 60 bar : $\frac{450-500}{T-500} = \frac{6.7219-6.8826}{X-6.8826}$

จะได้ $X_{60} = 0.003214\ (T-500) + 6.8826$ kJ/kg (2.12)

P = 70 bar : $\frac{450-500}{T-500} = \frac{6.6353-6.800}{X-6.800}$

จะได้ $X_{70} = 0.003294\ (T-500) + 6.800$ kJ/kg (2.13)

ดังนั้น $\frac{60-70}{P-70} = \frac{X_{60}-X_{70}}{X-X_{70}}$

$$X = \frac{(X_{60}-X_{70})(P-70)}{-10} + X_{70} \quad \text{kJ/kg} \qquad (2.14)$$

- ทำการหาเอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำออก Extraction กรณีไอเซนทรอปิก (h_{2S})

โดยที่ เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำออก Extraction (S_{2S}) = เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำเข้ากังหัน (S_1)

กำหนดให้ S_1 (อยู่ในช่วง 6.7886 kJ/kg.K – 4.8916 kJ/kg.K)

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water @ 550 kPa

เมื่อ S_g = 6.7886 kJ/kg.K จะได้ h_g = 2752.4 kJ/kg

เมื่อ S_{fg} = 4.8916 kJ/kg.K จะได้ h_{fg} = 2096.6 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ

$$\frac{6.7886 - 4.8916}{s_1 - 4.8916} = \frac{2752.4 - 2096.6}{X - 2096.6}$$

จะได้ $X = 345.704 (S_1 - 4.8916) + 2096.6$ kJ/kg (2.15)

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water @ 650 kPa

เมื่อ S_g = 6.7322 kJ/kg.K จะได้ h_g = 2759.6 kJ/kg

เมื่อ S_{fg} = 4.7699 kJ/kg.K จะได้ h_{fg} = 2075.5 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ

$$\frac{6.7322 - 4.7699}{s_1 - 4.7699} = \frac{2759.6 - 2075.5}{X - 2075.5}$$

จะได้ $X = 348.62 (S_2 - 4.7699) + 2075.5$ kJ/kg (2.16)

ดังนั้น $\frac{550 - 650}{T - 650} = \frac{h_{550} - h_{450}}{h_{2s} - h_{65}}$

$$X = \frac{(h_{550} - h_{650})(T-650)}{-100} + h_{650} \text{ kJ/kg} \quad (2.17)$$

9. เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำออก Extraction

กำหนดให้ อุณหภูมิของไอน้ำ Extraction คือ 250 ºC

ความดันไอน้ำ Extraction อยู่ในช่วง 5 bar – 8 bar

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water @250 ºC

เมื่อ P = 5 bar จะได้ s_2 = 7.2725 kJ/kg.K

เมื่อ P = 8 bar จะได้ s_2 = 7.0402 kJ/kg.K

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ

$$\frac{5 - 8}{T - 8} = \frac{7.2725 - 7.0402}{X - 7.0402}$$

ดังนั้น $X = -0.0774 (P - 8) + 7.0402$ kJ/kg (2.18)

- ทำการหาเอนทัลปีจำเพาะของไอน้ำออก กรณีไอเซนทรอปิก (h_{3S})

โดยที่ เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำออก = เอนโทรปีจำเพาะของไอน้ำออก Extraction (S_{2S})

กำหนดให้ s_2 (อยู่ในช่วง 7.3710 kJ/kg.K – 0.7038 kJ/kg.K)

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water @ 50 °C

เมื่อ S_f = 7.3710 kJ/kg.K จะได้ h_f = 2382.0 kJ/kg

เมื่อ S_{fg} = 0.7038 kJ/kg.K จะได้ h_{fg} = 209.34 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ

$$\frac{7.3710 - 0.7038}{s_2 - 0.7038} = \frac{2382.0 - 209.34}{X - 209.34}$$

จะได้ $X = 325.834\,(S_2 - 0.703) + 209.34$ kJ/kg (2.20)

เปิดตารางไอน้ำ Superheated water @ 45 °C

เมื่อ S_f = 7.5247 kJ/kg.K จะได้ h_f = 2394.0 kJ/kg

เมื่อ S_{fg} = 0.6389 kJ/kg.K จะได้ h_{fg} = 188.44 kJ/kg

ทำการ Linear Interpolation เพื่อหาค่าเอนโทรปีจำเพาะ

$$\frac{7.5247 - 0.6389}{s_2 - 0.6389} = \frac{2394.0 - 188.44}{X - 188.44}$$

จะได้ $X = 320.291\,(S_2 - 0.6386) + 188.44$ kJ/kg (2.21)

ดังนั้น $$\frac{45 - 50}{T - 50} = \frac{h_{45} - h_{50}}{h_{3s} - X_{70}}$$

$$X = \frac{(h_{45} - h_{50})(T-50)}{-5} + h_{50} \quad \text{kJ/kg} \qquad (2.22)$$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นางสาวณัฐธิดา อัมโร
รหัสประจำตัวนักศึกษา	6310121004

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีสำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2559
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์	

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน
วิศวกรประสิทธิภาพ	บริษัท ดับเบิ้ลไนน์ โอแอนด์เอ็ม จำกัด

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ณัฐธิดา อัมโร, ชุกรี แดสา, 2565, “การวิเคราะห์กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคนิคการควบคุมและติดตามแบบอัตโนมัติ”, การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติประจำปี 2565 (OR-NET 2022), ครั้งที่ 19, 16-18 มีนาคม 2565, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 336 – 344.