



การปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 โดยการ ปรับการอุ่นน้ำป้อนที่กำลังการผลิต 240 MW และ 180 MW

Performance Improvement of Mae Moh Power Plant Unit 12 by Adjusting of Feed Water Heater at the Capacity of 240 MW and 180 MW

คมกริช โมงขุนทด และ ชัชวาลย์ ชัยชนะ

Khomkrit Mongkhuntod and Chatchawan Chaichana

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University
 239 Huaykaew Road, Muang District, Chiang Mai, Thailand, 50200
 E-mail: Khomkrit.m@egat.co.th

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) เป็นเชื้อเพลิงมีกำลังการผลิต 300 เมกะวัตต์ (MW) ได้เดินเครื่องมาเป็นระยะเวลามากกว่า 20 ปี อุปกรณ์หลักต่าง ๆ ผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานานก็ย่อมมีประสิทธิภาพที่ต่ำลง มีผลให้ประสิทธิภาพรวมของโรงไฟฟ้าต่ำลงด้วย ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงอุปกรณ์หลักของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 คือการเปลี่ยนกังหันไอน้ำแรงดันสูงและกังหันไอน้ำแรงดันต่ำ ผลทำให้โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 มีอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Heat Rate) ที่ดีขึ้นจากเดิม 0.85% และสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงลงจากนั้นได้มีการศึกษาการปรับการผันไอน้ำที่มาจากเครื่องอุ่นน้ำป้อนให้มากขึ้นที่กำลังการผลิต 300 MW โดยใช้โปรแกรมจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ผลการศึกษาพบว่าการผันไอน้ำมาอุ่นเครื่องอุ่นน้ำป้อนทำให้โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 มีค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงดีกว่าเดิม 0.116% โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นการผันไอน้ำจากกังหันไอน้ำมาอุ่นเครื่องอุ่นน้ำป้อนโดยแบบจำลองโรงไฟฟ้าที่กำลังการผลิต 240 MW (80% Load) และกำลังการผลิต 180 MW (60% Load) ผลที่ได้คือที่ 80% ของกำลังการผลิตค่า Heat Rate ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ดีขึ้น 0.1% และที่ 60% ของกำลังการผลิตค่า Heat Rate ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ดีขึ้น 0.07%

คำสำคัญ: เครื่องอุ่นน้ำป้อน, ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า, อัตราความร้อน

ABSTRACT

Mae Moh Power Plant Unit 12 is a coal fired power plant capacity of 300 MW. It has been operated more than 20 years. The major equipment has degraded from this reason. The high pressure and low pressure steam turbine has been change for new one to improve plant efficiency. From this improvement, heat rate is better than that of before period by 0.85%. Then, it has the research about increasing the extraction steam flow from turbine to heat up in feed water heater in case of 300 MW power plant capacity. The result is decrease the heat rate about 0.116%. In this research focus on increasing the extraction steam flow from turbine to heat up in feed water heater in case of 240 MW

(80% Load) and 180 MW (60% Load). The result at 80% load is decreasing the heat rate by 0.1% and at 60% load is decreasing the heat rate by 0.07%.

Keywords: Feed Water Heater, Power Plant Efficiency, Heat rate

1. ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) เป็นเชื้อเพลิง มีกำลังการผลิต 300 เมกะวัตต์ (MW) เริ่มเดินเครื่องเข้าระบบไฟฟ้าของประเทศไทยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าใช้หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบน้ำควบแน่นหมุนเวียนจะมีเครื่องอุ่นน้ำป้อน (Feed Water Heater) เพื่ออุ่นน้ำในระบบหมุนเวียนให้มีอุณหภูมิที่พอเหมาะก่อนการให้ความร้อนในหม้อไอน้ำอยู่ 7 เครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอุ่นน้ำป้อนแรงดันต่ำ (Low Pressure Heater) 4 เครื่อง เครื่องกำจัดอากาศ (Deaerator) 1 เครื่อง และเครื่องอุ่นน้ำป้อนแรงดันสูง (High Pressure Heater) 2 เครื่อง โดยโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 เดินเครื่องมาเป็นระยะเวลานานกว่า 20 ปี เครื่องอุ่นน้ำป้อนทั้ง 7 เครื่องก็ถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลานานเช่นกัน โดยไม่ได้มีการตรวจสอบในช่วงที่มีการหยุดบำรุงรักษาตามวาระเลข ซึ่งแน่นอนว่าประสิทธิภาพด้านการถ่ายเทความร้อนของเครื่องอุ่นน้ำป้อนต่างๆย่อมเปลี่ยนแปลงไปจากการออกแบบและทำการเดินเครื่องครั้งแรก โดยในช่วงการบำรุงรักษาตามวาระของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 วันที่ 19 ตุลาคม 2556 – 14 ธันวาคม 2556 นั้นได้มีการโครงการเปลี่ยนกังหันไอน้ำแรงดันสูง (High Pressure Turbine) และกังหันไอน้ำแรงดันต่ำ (Low Pressure Turbine) โดยในการเปลี่ยนอุปกรณ์กังหันไอน้ำในครั้งนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ (Plant Efficiency) ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ให้มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 5% และค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Heat Rate) ลดลง 0.85% โดยส่งผลทำให้ค่าสมดุลความร้อน (Heat Balance) ของวงจรผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนไป ต่อมาได้มีการศึกษาการปรับอัตราการผลิตของเครื่องอุ่นน้ำป้อน

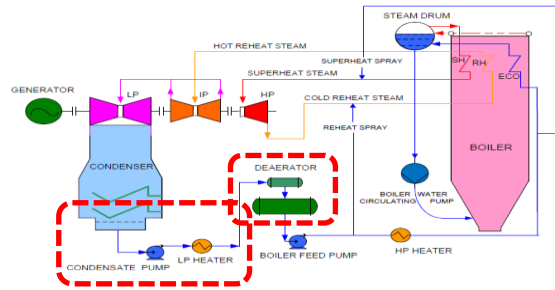
โดยมีแนวคิดในการผันเอา Extraction Steam ที่ได้เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงประสิทธิภาพกังหันไอน้ำมาอุ่นน้ำป้อนแต่ละเครื่องให้มากขึ้นที่กำลังการผลิต 100% เพื่อให้โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ซึ่งการศึกษาได้ใช้โปรแกรม Gate Cycle และผลการศึกษาพบว่าสามารถทำให้ค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิง (Heat Rate) ลดลง 0.116% และประสิทธิภาพดีขึ้น [1] โดยบทความนี้จะเป็นการวิจัยการปรับอัตราการผลิตของ Extraction Steam โดยใช้โปรแกรม Gate Cycle มาทำการศึกษาที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 กำลังการผลิต 80% (240MW) และที่กำลังการผลิต 60% (180MW)

ฐิติพร สุภามิ [2] ได้ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าที่จะใช้วัสดุสมรรถนะของกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยเทียบระหว่างค่า Target Heat Rate กับ Actual Heat Rate เพื่อเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ซึ่งนำไปสู่การหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการเดินเครื่องหรืออุปกรณ์ในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผลของงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับค่า Target Heat Rate ใหม่ภายใต้สภาพการทำงานจริงในปัจจุบัน ส่งผลให้การประเมินประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าสามารถที่จะทำได้แม่นยำขึ้น

Fernandez et al. [3] ได้ทำการวิเคราะห์เชิงความร้อนของเครื่องอุ่นน้ำป้อนในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เพื่อศึกษาว่าไอน้ำที่นำมาจากกังหันไอน้ำเพื่อมาอุ่นน้ำในเครื่องอุ่นน้ำป้อนนั้นมีคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ที่เหมาะสมกับการเดินเครื่องปัจจุบันหรือไม่ โดยได้สร้างแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ความผิดปกติของค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเดินเครื่องของเครื่องอุ่นน้ำป้อน เพื่อให้สามารถป้องกันการเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต้องหยุดเดินเครื่องลง

AnkurKeetee et al. [4] ได้ทำการวิเคราะห์เชิงอุณหพลศาสตร์ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 120 MW ที่สภาพปัจจุบันพบว่าค่าพารามิเตอร์ขาเข้าของกังหันไอน้ำนั้นไม่ได้ตามที่ออกแบบไว้ จึงทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าของ Heat Rate และ Correction Factor ในกรณีของอุณหภูมิขาเข้าที่แตกต่างกัน แต่แรงดันขาเข้าคงที่ ซึ่งจาก Correction Curve ของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับค่า Heat Rate นั้นจะสามารถหา Correction Curve ได้ โดยจาก Correction Curve นั้นได้ทำการกำหนดแรงดันขาเข้าของกังหันไอน้ำคงที่และปรับอุณหภูมิขาเข้าของกังหันไอน้ำจะพบว่าค่ากำลังการผลิตและค่า Heat Rate ก็แปรผันไปตามการปรับเช่นกัน

Thongpattanakun [5] ได้นำเสนอขั้นตอนในการปรับอัตราการไหลของอากาศและก๊าซไอเสียที่เครื่องอุ่นอากาศของหม้อไอน้ำในโรงไฟฟ้าถ่านหิน เพื่อควบคุมอุณหภูมิก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Flue Gas Desulphurization, FGD) เครื่องอุ่นอากาศจะมี 2 ชุด ได้แก่ชุดเครื่องอุ่นอากาศแบบปฐมภูมิ (Primary Air Heater, PAH) และชุดเครื่องอุ่นอากาศแบบทุติยภูมิ (Secondary Air Heater, SAH) โดยจะนำข้อมูลการเดินเครื่องที่สภาพการทำงานจริงมาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสียกับอัตราการไหลของก๊าซไอเสียรวมก่อนเข้าสู่ระบบ FGD โดยจะหาสภาวะการทำงานที่อุณหภูมิก๊าซไอเสียรวมไม่เกิน 180°C เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์เนื่องใจที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ จะถูกนำไปเทียบกับสภาวะการทำงานอ้างอิงที่ทำงานปัจจุบันและหาสภาวะที่เหมาะสม โดยพิจารณาจาก การลดการใช้ปริมาณถ่านหิน จากผลการศึกษาพบว่า สามารถควบคุมอุณหภูมิของก๊าซไอเสียก่อนเข้าสู่ระบบ FGD ได้ ไม่เกิน 180°C และมีศักยภาพในการลดอัตราการป้อนถ่านหิน 15.22 ตันต่อชั่วโมงคิดเป็นมูลค่าประมาณ 285,825.22 บาทต่อวัน



รูปที่ 1 โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 กำลังการผลิต 300 MW

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์หลักของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

2.1.1. หม้อไอน้ำ (Boiler)

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสามารถคำนวณได้จาก

$$Boiler\ Efficiency\ (\%) = \frac{Boiler\ Output\ Energy(KW)}{Boiler\ Input\ Energy(KW)} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่

$$Boiler\ Output\ Energy\ [kW] = [m \cdot m_{MS} \times (h_{MS} - h_{FW-in})] + [m \cdot m_{RH} \times (h_{RH} - h_{Cold-RH})] + [m \cdot m_{RH-Spray} \times (h_{RH} - h_{RH-Spray})]$$

$$Boiler\ Input\ Energy\ [kW] = m \cdot m_{Coal} \times (HHV+B)$$

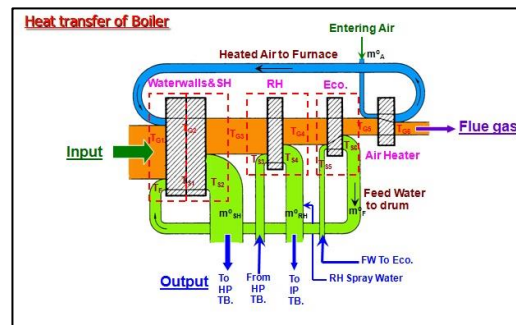
โดย

$m \cdot m_{Coal}$ = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงถ่านหิน [kg/s]

HHV = ความร้อนขั้นสูงของถ่านหิน

B = พลังงานความร้อนโดยประมาณที่เพิ่ม

ให้กับ Boiler [kJ/kg] จะมาจาก 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ Sensible Heat-in Fuel, Heat in Entering Air และ Heat Supplied by Auxiliary Drive



รูปที่ 2 คุณพลังงานใน Boiler

2.1.2 กังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

ประสิทธิภาพของ Steam Turbine จะคำนวณควบคู่กับสมรรถนะของ Generator (Steam Turbine Generator) โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการนี้

$$\text{Steam Turbine – Generator Heat Rate [kJ/kWh]} = \frac{\text{Heat Input to Steam Turbine [kJ]}}{\text{Electrical Power Output [kW]} \times \text{Time [hour]}} \quad (2)$$

โดยที่

Steam Turbine–Generator Heat Rate คือ อัตราการป้อนพลังงานความร้อนเข้าสู่ Steam Turbine เพื่อใช้ในการขับเคลื่อน Generator ให้ทำการผลิตไฟฟ้าจำนวนหนึ่งหน่วย [kJ/kWh] และ Heat Input to Steam Turbine คือ พลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าสู่ Steam Turbine [kJ] สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Heat Input to Steam Turbine [kJ]} = [m'_{MS} \times (h_{MS} - h_{FW-in})] + [m'_{RH} \times (h_{RH} - h_{Cold-RH})] + [m'_{RH-Spray} \times (h_{RH} - h_{RH-Spray})] \quad (3)$$

โดยที่

m'_{MS} = อัตราการไหลของไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง [kg/s]

h_{MS} = เอนทาลปีของไอน้ำร้อนชนิดยิ่ง [kJ/kg]

h_{FW-in} = เอนทาลปีของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ Boiler [kJ/kg]

m'_{RH} = อัตราการไหลของไอน้ำหลังให้ความร้อนซ้ำ [kg/s]

h_{RH} = เอนทาลปีของไอน้ำหลังให้ความร้อนซ้ำ [kJ/kg]

$h_{Cold-RH}$ = เอนทาลปีของไอน้ำก่อนให้ความร้อนซ้ำ [kJ/kg]

$m'_{RH-Spray}$ = อัตราการไหลของน้ำสำหรับลดอุณหภูมิไอน้ำก่อนให้ความร้อนซ้ำ [kg/s]

$h_{RH-Spray}$ = เอนทาลปีของน้ำสำหรับลดอุณหภูมิไอน้ำก่อนให้ความร้อนซ้ำ [kJ/kg]

m'_{FW-in} = อัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ Boiler [kg/s]

Electrical Power Output = กำลังไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าสามารถผลิตได้ [kW]

Time = ระยะเวลาที่โรงไฟฟ้าเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า [Hour]

2.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency: η_{th}) ของกระบวนการหรือวัฏจักรใด ๆ คือ ค่าที่คำนวณเปรียบเทียบระหว่างงานสุทธิของระบบ (Net Work : W_{net}) กับพลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Heat Input : Q_H) ดังสมการนี้

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H} \quad (4)$$

โดยที่ W_{net} = งานสุทธิที่ระบบสามารถผลิตได้

Q_H = ปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับ Boiler [kW]

2.3 อัตราการใช้ความร้อนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า (Heat Rate)

ค่าอัตราพลังงานความร้อนในการผลิตไฟฟ้าหนึ่งหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า มีหน่วย kJ/kWh คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมปริมาณความร้อนจากเชื้อเพลิง ได้แก่ ถ่านหินลิกไนต์และน้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเผาไหม้ ซึ่งเป็นพลังงานที่เข้าสู่ระบบ (Input) มีหน่วย kcal กับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จำนวนหนึ่งหน่วยไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานที่ออกจากระบบ (Output) มีหน่วย kWh ดังสมการนี้

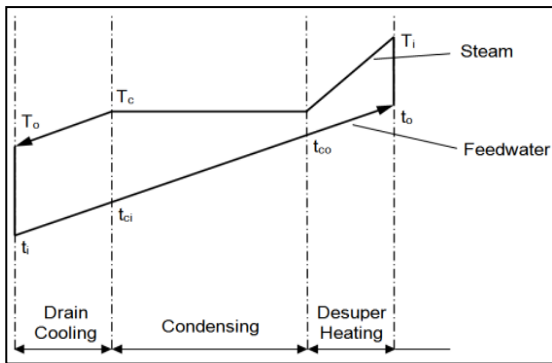
$$\text{Heat rate } \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} \right] = \frac{(\text{ปริมาณลิกไนต์ [kg]} \times \text{ค่าความร้อนลิกไนต์ } \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right])}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ [kWh]}} \quad (5)$$

2.4 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำป้อนในโรงไฟฟ้า

ค่าที่นิยมในการใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำป้อนตามมาตรฐาน ASME PTC 12.1 [6] คือ ค่า Terminal Temperature Difference (TTD) และค่า Drain Cooling Approach (DCA) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$TTD = T_C - t_o \quad (6)$$

$$DCA = T_i - t_i \quad (7)$$



รูปที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณ TTD และ DCA

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

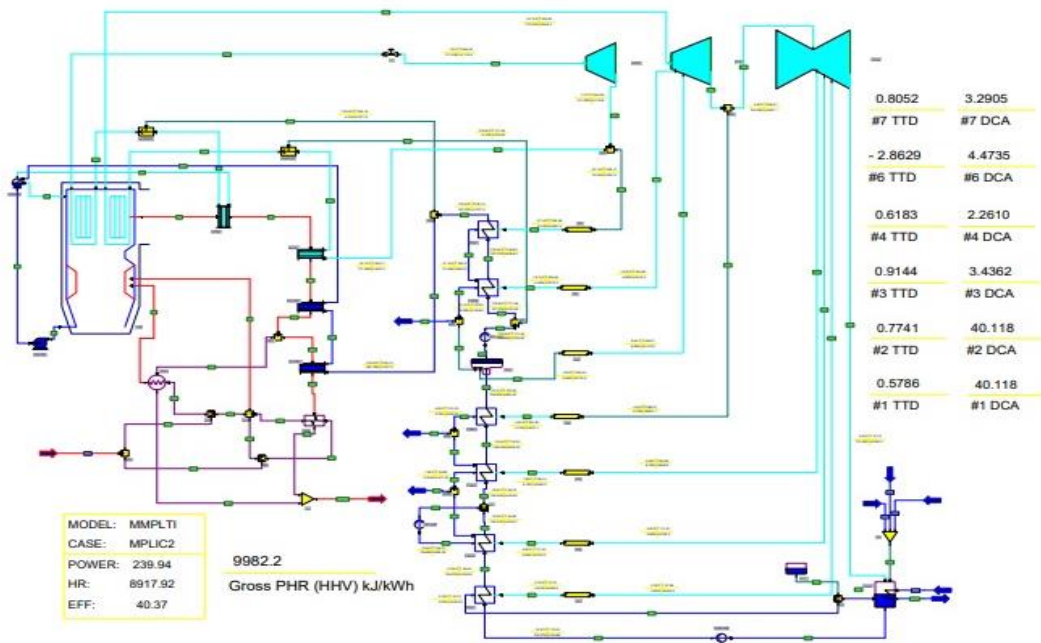
3.1 เก็บข้อมูลเพื่อนำไปป้อนในแบบจำลองโปรแกรม Gate Cycle

เก็บตามมาตรฐานการวัดประสิทธิภาพ โรงไฟฟ้า ASME PTC 6 ซึ่งจะเก็บข้อมูลที่การเดินเครื่อง 80% และ 60% ของกำลังการผลิต โดยแต่ละช่วงจะเก็บเป็น

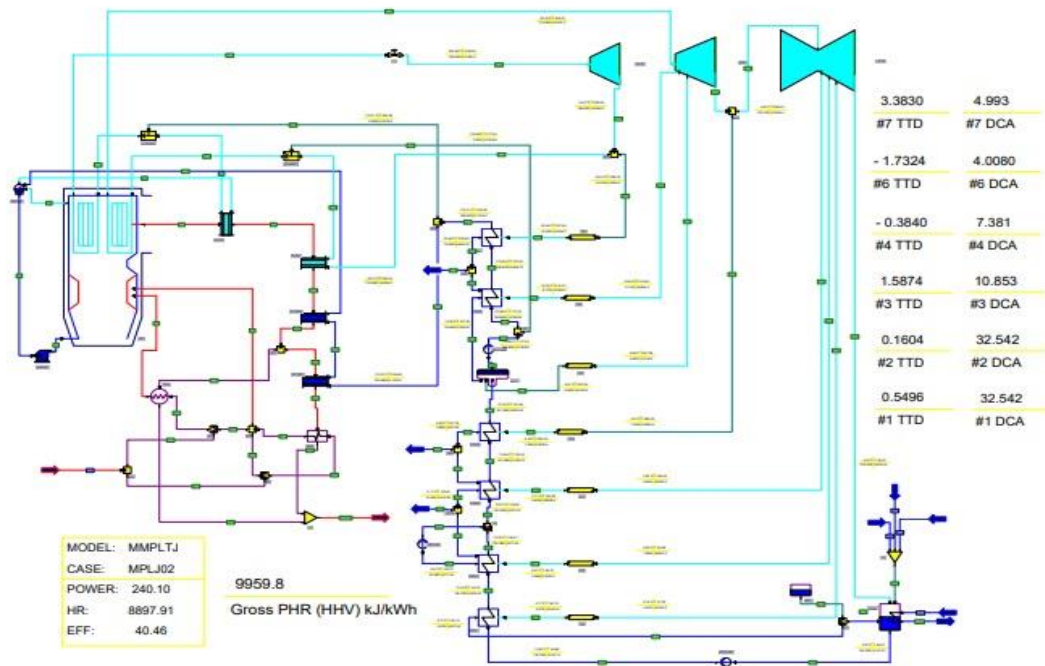
เวลา 2 ชั่วโมงโดยควบคุมให้โรงไฟฟ้าเดินเครื่องเสถียรที่สุดโดยไม่มีปัจจัยภายนอกอื่น ๆ รบกวน และนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้าเพื่อทำการตรวจรับ ซึ่งทั้ง 2 ช่วงคือช่วงตรวจรับตอนออกแบบและช่วงตรวจรับตอนการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จึงใช้การเปรียบเทียบโดยอ้างอิงทั้ง 2 ช่วงเพื่อคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องอุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อค่า Heat Rate ของโรงไฟฟ้า โดยแบบจำลองจะจำแนกได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แบบจำลองในงานวิจัย

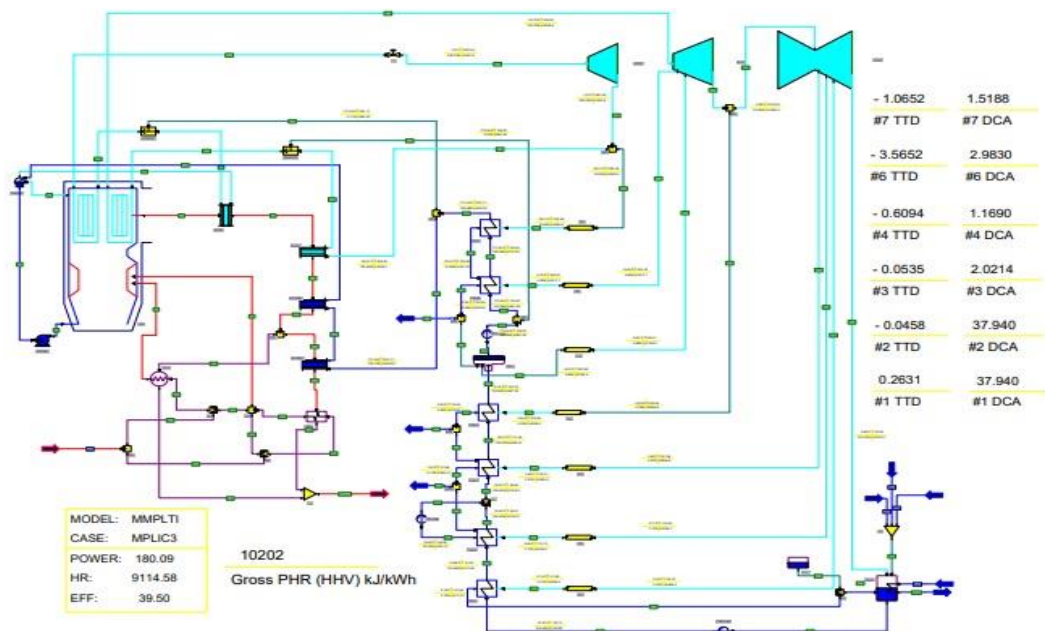
สภาวะ	80% Load	60% Load
ช่วงออกแบบ	Case 1	Case 4
ช่วงหลังปรับปรุงประสิทธิภาพ	Case 2	Case 5
ช่วงหลังการปรับ Extraction Steam	Case 3	Case 6



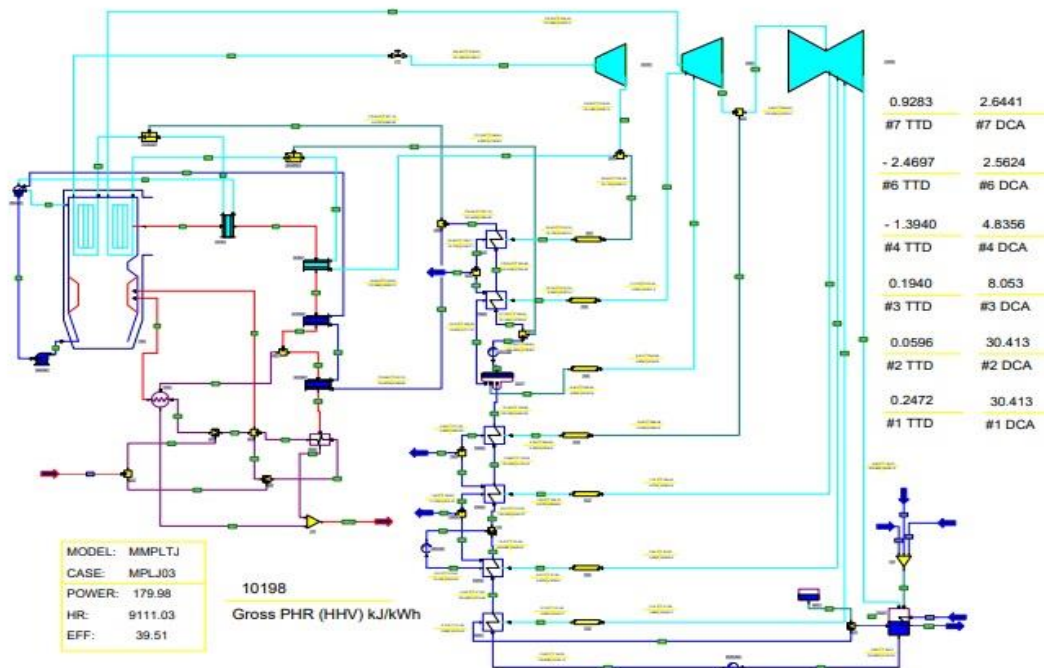
รูปที่ 4 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ช่วงออกแบบที่กำลังการผลิต 240 MW (Case 1)



รูปที่ 5 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 หลังปรับปรุงประสิทธิภาพกังหันไอน้ำที่กำลังการผลิต 240 MW (Case 2)



รูปที่ 6 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ช่วงออกแบบที่กำลังการผลิต 180 MW (Case 4)



รูปที่ 7 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 หลังปรับปรุงประสิทธิภาพกังหันไอน้ำที่กำลังการผลิต 180 MW (Case 5)

3.2 คำนวณค่าประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นน้ำป้อน

ทำการคำนวณค่า TTD และ DCA ของเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 1-7 เปรียบเทียบระหว่าง Case 1 และ Case 2 ที่กำลังการผลิต 80% Load จากนั้นก็ทำการเปรียบเทียบระหว่าง Case 4 และ Case 5 ที่กำลังการผลิต 60% Load

3.3 ทำการปรับ Extraction Steam

ทำการปรับอัตราการไหลของ Extraction Steam ที่เข้ามาอุ่น Feed Water Heater เครื่องที่ 3, 4, 6 และ 7 แต่เครื่องที่ 1, 2 และ 5 จะไม่ทำการปรับ เนื่องจากเครื่องที่ 1 และ 2 นั้นถูกติดตั้งใน Condenser ซึ่งใช้ Steam จาก Low Pressure Turbine มาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งไม่สามารถปรับได้ส่วนเครื่องที่ 5 เป็น Deaerator ซึ่งการปรับจะส่งผลต่อค่า Dissolve Oxygen ซึ่งเป็นค่าควบคุม โดยในงานวิจัยนี้จะหลีกเลี่ยงการปรับที่เครื่องที่ 5 ส่วนเครื่องที่ 3, 4, 6 และ 7 จะใช้โปรแกรม Gate Cycle อ้างอิง Model Case 2 และ Case 5 ในการปรับ โดยจากข้อมูลผลการวิเคราะห์

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (UA) ของเครื่องอุ่นน้ำป้อนทั้ง 4 ตัวพบว่าเครื่องที่ 3 และ 7 มีค่า UA สูงกว่าเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 4 และ 6 ซึ่งค่า UA นั้นแสดงถึงประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพภาพรวมของโรงไฟฟ้า จึงเลือกทำการปรับเฉพาะที่เครื่องที่ 3 และ 7 จากนั้นพบว่าในการปรับอัตราการไหลของไอน้ำที่มาจากเครื่องที่ 7 เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าลดลง ผู้วิจัยจึงเลือกทำการปรับเฉพาะเครื่องที่ 3

4. ผลการวิจัย

4.1 ค่า TTD และ DCA ที่ 80% Load

ตารางที่ 2 ค่า TTD ที่ 80% Load

Heater No.	Case 1	Case 2
Heater 3	0.9144	1.5847
Heater 4	0.6183	-0.384
Heater 6	-2.8629	-1.7324
Heater 7	0.8052	3.383

ตารางที่ 3 ค่า DCA ที่ 80% Load

Heater No.	Case 1	Case 2
Heater 3	3.4362	10.853
Heater 4	2.261	7.381
Heater 6	4.4735	4.008
Heater 7	3.2905	4.993

จากการคำนวณค่า TTD และ DCA ของเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 3, 4, 6 และ 7 ที่กำลังการผลิต 80% ในตารางที่ 2 และ 3 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 พบว่าค่า TTD ของเครื่องที่ 3, 6 และ 7 มีค่าสูงขึ้น แต่เครื่องที่ 4 มีค่าต่ำลง ส่วนค่า DCA ของเครื่องที่ 3, 4 และ 7 มีค่าสูงขึ้น แต่เครื่องที่ 6 มีค่าต่ำลง จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องอุ่นน้ำป้อนทั้ง 4 ตัวมีประสิทธิภาพที่ต่ำลง ส่วนที่เครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 4 มีค่า TTD สูงขึ้นนั้นเนื่องมาจากมีอัตราการไหลของ Extraction Steam เพิ่มขึ้นหลังจากการปรับปรุงประสิทธิภาพกังหันไอน้ำจึงทำให้มีไอน้ำมาอุ่นน้ำป้อนสูงขึ้น โดยความเป็นจริงแล้วเครื่องที่ 4 มีประสิทธิภาพที่ต่ำลง สาเหตุหลักที่ประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นน้ำป้อนต่ำลงมาจากการใช้งานมาเป็นระยะเวลาและไม่มีกรอดมาบำรุงรักษาเลย

4.2 ค่า TTD และ DCA ที่ 60% Load

ตารางที่ 4 ค่า TTD ที่ 60% Load

Heater No.	Case 4	Case 5
Heater 3	-0.05	0.19
Heater 4	-0.61	-1.39
Heater 6	-3.57	-2.47
Heater 7	-1.07	0.93

ตารางที่ 5 ค่า DCA ที่ 60% Load

Heater No.	Case 4	Case 5
Heater 3	2.02	8.05
Heater 4	1.17	4.83
Heater 6	2.98	2.56
Heater 7	1.52	2.64

จากการคำนวณค่า TTD และ DCA ของเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 3, 4, 6 และ 7 ที่กำลังการผลิต 60% ในตารางที่ 4 และ 5 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 พบว่าค่า TTD ของเครื่องที่ 3, 4, 6 และ 7 มีค่าสูงขึ้น

ส่วนค่า DCA ของเครื่องที่ 3, 4 และ 7 มีค่าสูงขึ้น แต่เครื่องที่ 6 มีค่าต่ำลง จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องอุ่นน้ำป้อนทั้ง 4 ตัวมีประสิทธิภาพที่ต่ำลงเช่นเดียวกับที่กำลังการผลิต 80% สาเหตุหลักที่ประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นน้ำป้อนต่ำลงมาจากการใช้งานมาเป็นระยะเวลาและไม่มีกรอดมาบำรุงรักษาเลย

4.3 ผลการปรับอัตราการไหลของเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่ กำลังการผลิต 80% และ 60%

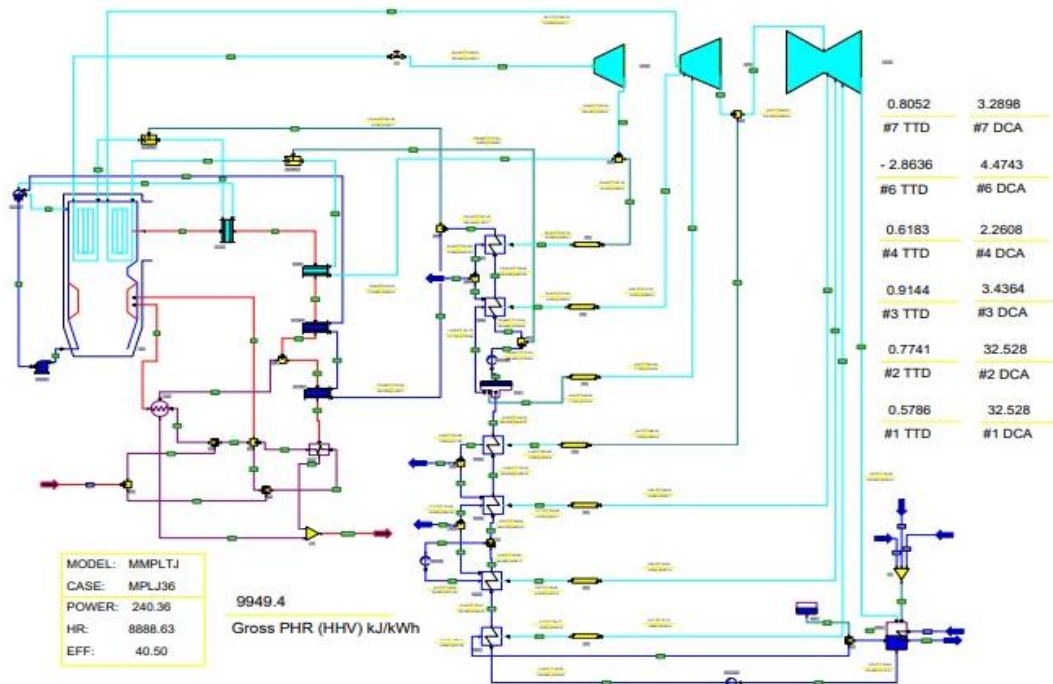
ในการปรับอัตราการไหลที่มาอุ่นเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 3 ที่ 100% ของกำลังการผลิตนั้นสามารถปรับได้มากที่สุดเพิ่มขึ้น 10% อ้างอิงตามมาตรฐาน ASME PTC 12.1 และที่สถานะการปรับที่ 10% นี้ทำให้โรงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด โดยเมื่อทำการจำลองโดยโปรแกรม Gate Cycle มาเป็นสถานะที่ 80% และ 60% นั้นจะแสดงดังตารางที่ 6 สำหรับที่ 80% Load และได้ Model ดังรูปที่ 7 สำหรับที่ 60% Load จะได้ดังตารางที่ 7 และได้ Model ดังรูปที่ 8 โดยเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 4-7 ค่าอัตราการไหลจะเปลี่ยนแปลงตามการปรับที่เครื่องที่ 3

ตารางที่ 6 อัตราการไหล Extraction Steam ที่ 80% Load

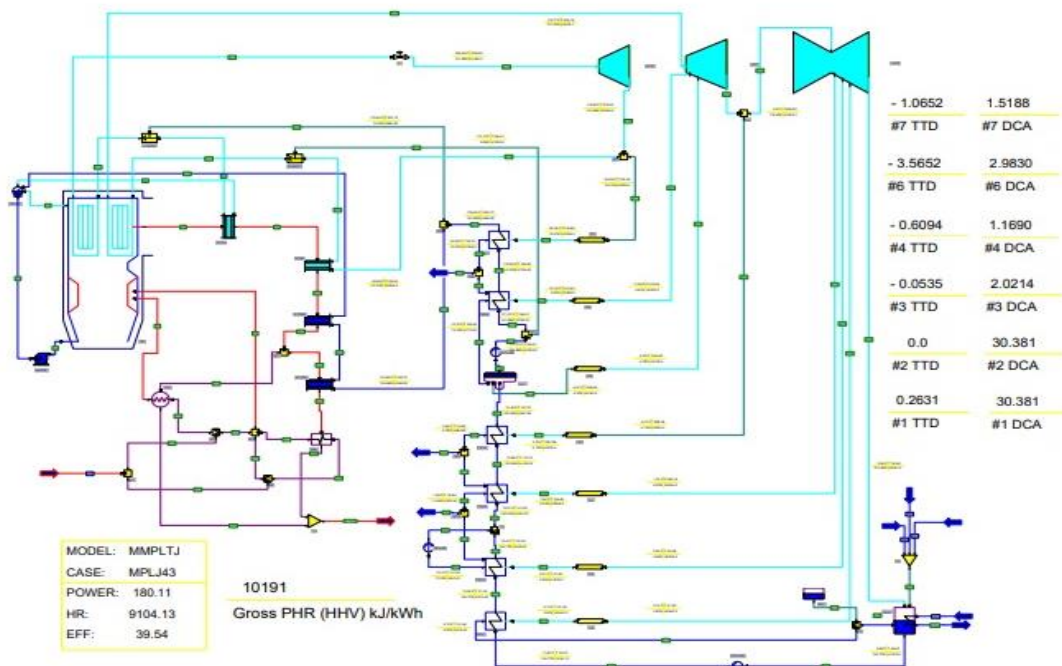
Heater No.	อัตราการไหล Extraction Steam Case 2 (kg/s)	อัตราการไหล Extraction Steam Case 3 (kg/s)
3	8.63	8.79
4	7.69	7.72
6	6.11	6.47
7	14.54	15.24

ตารางที่ 7 อัตราการไหล Extraction Steam ที่ 60% Load

Heater No.	อัตราการไหล Extraction Steam Case 5 (kg/s)	อัตราการไหล Extraction Steam Case 6 (kg/s)
3	6.37	6.33
4	5.36	5.12
6	4.35	4.72
7	10.17	10.51



รูปที่ 7 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 หลังการปรับ Extraction Steam 240 MW (Case 3)

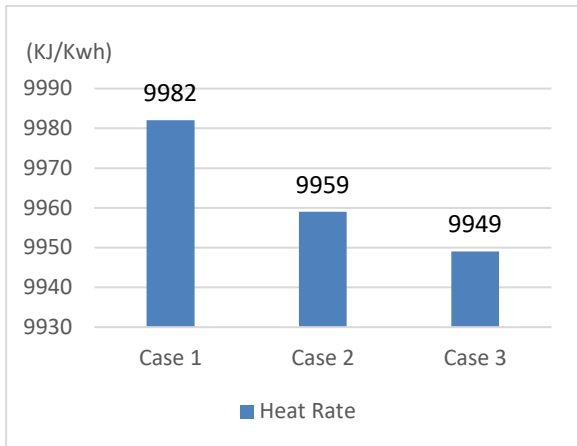


รูปที่ 8 แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 หลังการปรับ Extraction Steam 180 MW (Case 6)

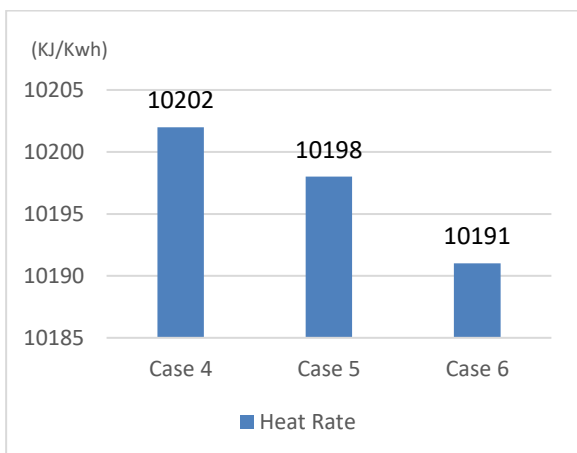
จากการปรับอัตราการไหลของไอน้ำที่เข้าเครื่องอุ่นน้ำป้อนเครื่องที่ 3 ตามตารางที่ 6 และ 7 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่กำลังการผลิต 80% และ 60% ตามลำดับพบว่า

ค่า Gross Heat Rate ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 ที่ 80% Load มีค่าเท่ากับ 9,949 kJ/kWh ซึ่งมีค่าดีกว่าก่อนทำการปรับคือ 9,959 kJ/kWh คิดเป็นดีขึ้น 0.1%

และที่ 60% Load มีค่าเท่ากับ 10,191 kJ/kWh ซึ่งมีค่าดีกว่าก่อนทำการปรับคือ 10,198 kJ/kWh คิดเป็นดีขึ้น 0.07% สามารถแสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 เปรียบเทียบ Heat Rate ที่ 80% Load



รูปที่ 10 เปรียบเทียบ Heat Rate ที่ 60% Load

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการใช้แบบจำลองโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 โดยโปรแกรม Gate Cycle มาเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำร้อน โดยจะใช้แบบจำลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 2 ช่วงคือช่วงตรวจรับโรงไฟฟ้า

จากบริษัทผู้ผลิตและช่วงปัจจุบันหลังจากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ซึ่งจะเปรียบเทียบ 2 ค่าคือ Terminal Temperature Difference (TTD) และ Drain Cooling Approach (DCA) ที่โรงไฟฟ้ากำลังการผลิต 80% และ 60% จากนั้นจะอ้างอิงแบบจำลองช่วงปัจจุบันหลังจากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า เพื่อนำมาปรับอัตราการไหลของ Extraction Steam ที่นำไอน้ำจากกังหันไอน้ำมาอุ่นเครื่องสูบน้ำร้อนแต่ละตัวให้มากขึ้นเพื่อให้โรงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะใช้ค่า Heat Rate เป็นค่าบ่งบอกประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

เมื่อปรับอัตราการไหลของ Extraction Steam ที่แบบจำลองกำลังการผลิต 80% และ 60% ผลที่ได้คือที่ 80% ของกำลังการผลิตค่า Gross Heat Rate ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 มีค่าเท่ากับ 9,949 kJ/kWh ซึ่งมีค่าดีกว่าก่อนทำการปรับคือ 9,959 kJ/kWh คิดเป็นดีขึ้น 0.1% และที่ 60% ของกำลังการผลิตค่า Gross Heat Rate ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 12 มีค่าเท่ากับ 10,191 kJ/kWh ซึ่งมีค่าดีกว่าก่อนทำการปรับคือ 10,198 kJ/kWh คิดเป็นดีขึ้น 0.07%

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการ กฟผ.-ม.ช., การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โปรแกรม Gate Cycle ในการดำเนินงานของโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Khomkrit, M. Chaichana, C. and Nuntaphan, A. Thermal Efficiency Analysis and Optimal of Feed Water of Mae Moh Power Plant. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 2017; 11(12).

- [2] Supasri, T., Vorayos, N. and Thongchiew, P. Performance Analysis Model Development for Mae Moh Coal-Fired Power Plant. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 2013; 7(9): 1882-1886.
- [3] Álvarez-Fernández, M., Portillo-Valdés, L.D., Alonso-Tristán, C. Thermal Analysis of Closed Feed Water Heater in Nuclear Power Plant. *Applied Thermal Engineering*, 2014; 68: 45-58.
- [4] Anker, K. and Khunwawala, A.L. Thermodynamic Analysis of 120 MW Thermal Power Plant with Combined Effect of Constant Inlet Pressure (124.61 bar) and Difference Inlet Temperatures. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2013; 1: 17-25.
- [5] Tongpattanakul, P. Thermal Management of Waste Heat Recovery System in Coal-Fired Power Plant for Tempera. *Energy and Mass Transfer 15th*, 2016, pp.304.
- [6] The American Society of Mechanical Engineers. Close Feed Water Heater. NY, USA, 2000.