

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า โดยการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า Enhancing Power Generation Efficiency by Improved Intake Air Filtration System

วรรณิ มังคละศิริ* และอำนวยการ มณีทะ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทน อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

จิตติ มังคละศิริ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Woranee Mungkalasiri* and Amnuay Maneeta

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Jitti Mungkalasiri

National Metal and Materials Technology Center (MTEC), National Science and Technology

Development Agency (NSTDA), Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นที่ชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซลดลง และเกิดต้นทุนการสูญเสียประสิทธิภาพทางความร้อนในการผลิตไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาฟื้นฟูประสิทธิภาพด้วยวิธีการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ รวมทั้งวิเคราะห์ความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยผลกระทบของสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นนี้ได้นำมาพิจารณาปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าเพื่อลดอัตราการเสื่อมสภาพและยืดระยะเวลาทำความสะอาดชุดอัดอากาศ งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมที่ใช้เครื่องกังหันก๊าซในกระบวนการผลิต เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและประสิทธิภาพความร้อนทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงเป็นเวลา 1 ปี ผลการวิจัยก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าพบว่าประสิทธิภาพชุดอัดอากาศมีอัตราการลดลงที่ 0.757 % ต่อ 1,000 ชั่วโมงภายหลังทำความสะอาด ความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดอยู่ที่ 6 ครั้งต่อปี โดยหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศจะมีอัตราการลดลงเพียง 0.229 % ต่อ 1,000 ชั่วโมง ความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดอยู่ที่ 3 ครั้งต่อปี นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ในการปรับปรุงชุด

กรองอากาศเข้าพบว่าสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 12 ล้านบาทต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 11 เดือน

คำสำคัญ : การทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์; การเสื่อมสภาพชุดอัดอากาศ; ชุดกรองอากาศเข้า; ชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ; สิ่งสกปรก

Abstract

The objective of this research is to analyze impact of fouling on gas turbine's compressor which is significant loss of efficiency in gas turbine. As the loss from fouling, compressor's efficiency can be recovered by off line compressor washing and optimization of washing schedule for minimizing cost should be considered. The intake air filtration is upgraded to reduce compressor degradation and extend washing period. This research studies data of gas turbine in combine cycle power plant. The independent variables are collected for analyzing of compressor and thermal efficiency before and after upgrading for 1 year. The results shown that before upgrading intake air filtration system, compressor degradation is 0.757 %/1,000 hours with optimization of washing schedule 6 times/year. After upgrading, compressor degradation is 0.229 %/1,000 hours with optimization of washing schedule 3 times/year. Moreover, the economic results revealed that improved air intake filtration can reduce the cost of 12 million THB/year and payback period is approximately 11 months.

Keywords: off line compressor washing; compressor degradation; intake air filtration system; gas turbine's compressor; fouling

1. บทนำ

สถานการณ์การไฟฟ้าของประเทศไทยในปัจจุบันพบว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมเป็นประเภทของโรงไฟฟ้าที่มีสัดส่วนกำลังการผลิตมากที่สุดถึงร้อยละ 56.2 [1] ซึ่งการจัดการพลังงานและบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพที่ดี จะสามารถลดการใช้ทรัพยากรและเพิ่มความมั่นคงในระบบไฟฟ้าของประเทศได้ โดยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจะใช้เครื่องกังหันก๊าซเป็นต้นกำลังหลักในกระบวนการผลิต และเมื่อพิจารณาการจัดการพลังงานโดยมุ่งเน้นไปที่ส่วนที่ใช้พลังงานหรือส่วนที่เกิดความสูญเสียหลักใน

กระบวนการผลิต พบว่าความสูญเสียหลักนี้จะเกิดขึ้นจากงานที่ใช้ในชุดอัดอากาศ (compressor) โดยงานที่ใช้ในชุดอัดอากาศจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 50-60 ของเครื่องกังหันก๊าซ (gas turbine) [2] ซึ่งเป็นความสูญเสียที่มีนัยสำคัญและควรจะได้รับ การตรวจสอบรวมทั้งบำรุงรักษาให้มีประสิทธิภาพที่ดีอยู่เสมอ เนื่องจากเมื่อใช้งานเครื่องกังหันก๊าซจะมีสิ่งสกปรก (fouling) เกิดขึ้นที่ใบพัดของชุดอัดอากาศ ด้วยสาเหตุอันเนื่องมาจากอนุภาคสิ่งสกปรกหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กที่หลุดลอดจากชุดกรองอากาศเข้า เข้าสู่ชุดอัดอากาศ ซึ่งการเกิดสิ่งสกปรกในชุดอัดอากาศนี้จะทำให้

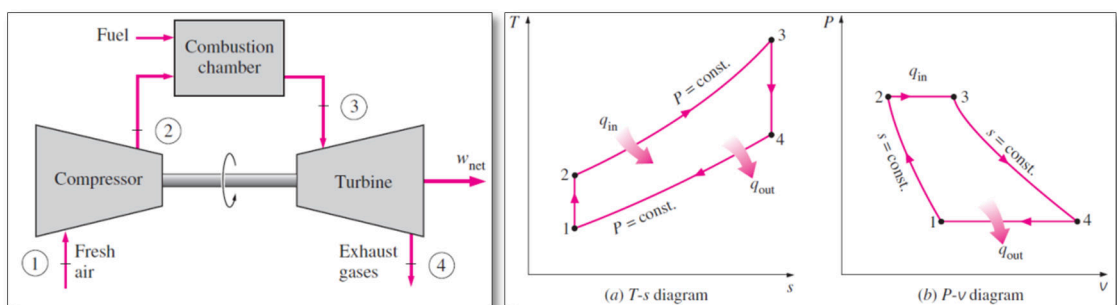
ประสิทธิภาพในการอัดอากาศลดลงและส่งผลต่อประสิทธิภาพความร้อนรวมทั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซ เป็นผลให้เกิดต้นทุนจากความสูญเสียประสิทธิภาพความร้อน ด้วยเหตุนี้โรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องกังหันก๊าซต้องพิจารณาหยุดเดินเครื่องเพื่อบำรุงรักษาด้วยการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ (off line washing) เพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศซึ่งจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น และเมื่อพิจารณาปัญหาการเกิดสิ่งสกปรกในชุดอัดอากาศ พบว่าปัญหาเกิดจากอนุภาคสิ่งสกปรกขนาดเล็กที่หลุดลอดจากชุดกรองอากาศขาเข้า (air intake filter) ซึ่งหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการกรองอากาศให้สามารถกรองสิ่งสกปรกขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน จะช่วยลดอัตราการเกิดสิ่งสกปรกที่ชุดอัดอากาศได้ [3] ส่งผลทำให้สามารถยืดระยะเวลาการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการดำเนินงานลงได้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบของการเกิดสิ่งสกปรกที่ชุดอัดอากาศ ซึ่งเกิดจากอนุภาคสิ่งสกปรกที่หลุดลอดออกจากชุดกรองอากาศขาเข้า ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่สูงขึ้น เพื่อนำผลของความสูญเสียที่เกิดขึ้นมาพิจารณาดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพชุดกรองอากาศขาเข้าให้มีความสามารถในการกรองอนุภาคสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองในอากาศที่สูงขึ้น รวมทั้งนำข้อมูลที่ได้จาก

การศึกษามาวិเคราะห์ประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาผลประโยชน์จากความคุ้มค่าใช้จ่ายรวมของการดำเนินงานที่ลดลงเทียบกับเงินลงทุนเพื่อหาระยะเวลาคืนทุนในการดำเนินโครงการ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซ

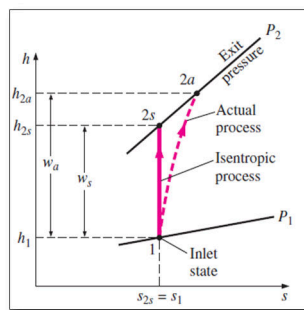
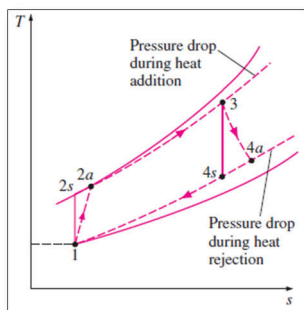
เครื่องกังหันก๊าซ เป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ชุดอัดอากาศ ห้องเผาไหม้ และกังหันก๊าซ โดยเพลลาของเครื่องกังหันก๊าซจะต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งงานที่ได้ประมาณร้อยละ 50-60 จะถูกใช้ในชุดอัดอากาศ ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศจึงมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าและอัตราการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ด้วยวัฏจักรเบรย์ตัน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแบ่งเป็น (1) กระบวนการ 1-2 กระบวนการอัดตัวแบบไอเซนโทรปิก (ชุดอัดอากาศ) (2) กระบวนการ 2-3 กระบวนการรับความร้อนภายใต้ความดันคงที่ (ห้องเผาไหม้) (3) กระบวนการ 3-4 กระบวนการขยายตัวแบบไอเซนโทรปิก (กังหันก๊าซ) และ (4) กระบวนการ 4-1 กระบวนการถ่ายความร้อนทิ้งภายใต้ความดันคงที่ (ระบายไอเสีย)



รูปที่ 1 วัฏจักรเบรย์ตันในแต่ละส่วนของเครื่องกังหันก๊าซ (แบบวัฏจักรเปิด) [4]

จากไดอะแกรม กระบวนการ 1-2 และ กระบวนการ 3-4 จะเป็นกระบวนการไอเซนโทรปิก ซึ่งวิเคราะห์ภายใต้กระบวนการแบบอุดมคติที่ภาวะของไหลคงตัวและความดันคงที่ อย่างไรก็ตาม ในวัฏจักร

เครื่องกังหันก๊าซจริงจะแตกต่างกับวัฏจักรเบรย์ตัน สาเหตุเนื่องจากการสูญเสียจากความเสียดทาน ความไม่สมดุลของการอัดอากาศ และความดันสูญเสียในกระบวนการรับและถ่ายความร้อน ซึ่งแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องกังหันก๊าซจริงเปรียบเทียบกับวัฏจักรเบรย์ตัน [4]

ซึ่งจากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าในวัฏจักรเครื่องกังหันก๊าซ ค่าเอนทัลปีไปจากวัฏจักรอุดมคติของเบรย์ตัน ทำให้เกิดสภาวะย้อนกลับไม่ได้ในชุดอัดอากาศและกังหันก๊าซ ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศจะมีค่าดังสมการ

$$\eta_c = \frac{W_s \text{ (Isentropic work)}}{W_a \text{ (Actual work)}} \cong \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1} \quad (1)$$

หรือสามารถอธิบายการหาประสิทธิภาพได้

ตามสมการการหาประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ (compressor efficiency) ดังนี้

$$\eta_c (\%) = T_{in} \frac{\left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{[T_{out} - T_{in}]} * 100 \quad (2)$$

โดยที่ η_c = ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ, $k = 1.4$ คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, P_{out} = ความดันขาออกชุดอัดอากาศ (kPa), P_{in} = ความดันขาเข้าชุดอัดอากาศ (kPa), T_{out} = อุณหภูมิขาออกชุดอัดอากาศ (Kelvin), T_{in} = อุณหภูมิขาเข้าชุดอัดอากาศ (Kelvin)

และการหาประสิทธิภาพความร้อนเครื่องกังหันก๊าซ (gas turbine thermal efficiency) [5] สามารถคำนวณได้ตามสมการ

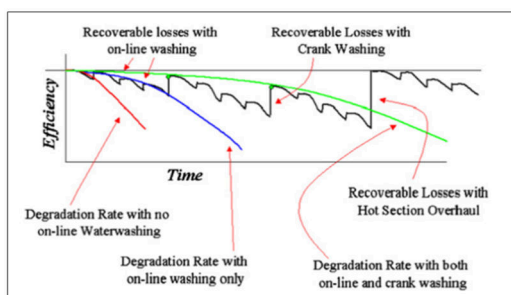
$$\eta_{th} (\%) = \frac{W_{net}}{\dot{m} \text{ fuel} * LHV} * 100 \quad (3)$$

โดยที่ η_{th} = ประสิทธิภาพความร้อนของเครื่องกังหันก๊าซ, W_{net} = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW), $\dot{m} \text{ fuel}$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/s), LHV = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ (kJ/kg)

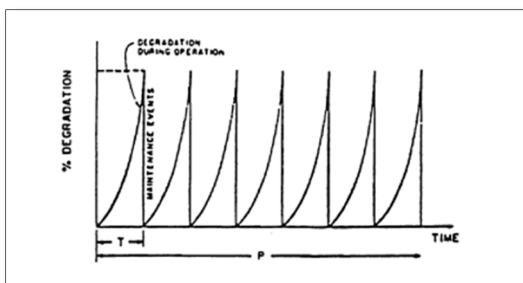
2.2 การฟื้นฟูประสิทธิภาพชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ

เมื่อเกิดสิ่งสกปรกในชุดอัดอากาศจะทำให้ประสิทธิภาพในการอัดอากาศลดลง และส่งผลต่อประสิทธิภาพความร้อนและกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซ โดยการบำรุงรักษาด้วยวิธีการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์จะสามารถฟื้นฟูประสิทธิภาพจากผลกระทบของสิ่งสกปรกได้ ดังแสดงในรูปที่ 3 แต่เนื่องด้วยการดำเนินการจำเป็นต้องหยุดเดินเครื่องกังหันก๊าซ ส่งผลทำให้เกิดต้นทุนและความสูญเสีย ดังนั้นการวิเคราะห์ความถี่ที่เหมาะสมในการดำเนินการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ จึงต้องนำมาพิจารณาเพื่อหาต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด ในด้านต้นทุนที่เกิดจากประสิทธิภาพที่ลดลงจากผลกระทบ

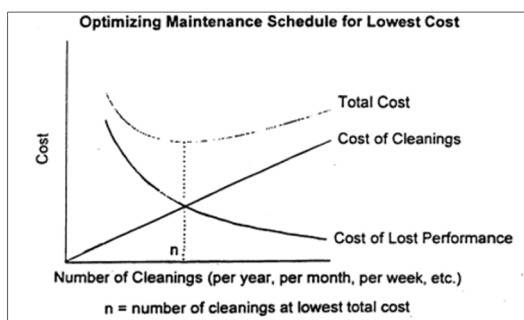
ของสิ่งสกปรกและต้นทุนที่เกิดจากการหยุดเดินเครื่อง
กักกันก๊าซเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพ



รูปที่ 3 การฟื้นฟูประสิทธิภาพชุดอัดอากาศเครื่อง
กักกันก๊าซ ด้วยวิธีการทำความสะอาดแบบ
ออฟไลน์ [6]



รูปที่ 4 อัตราการเสื่อมสภาพต่อคาบเวลา [7]



รูปที่ 5 ระยะเวลาความถี่ที่เหมาะสมในการทำ
สะอาดที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด [7]

2.3 การวิเคราะห์จุดเหมาะสมในการบำรุง รักษาที่ต้นทุนต่ำสุด

การวิเคราะห์จุดเหมาะสมในการบำรุง
รักษาที่ต้นทุนต่ำสุด เป็นในการวิเคราะห์ผลกระทบของ
การเสื่อมสภาพที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักร
ลดลงทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูงสูญเสียไปจาก
ประสิทธิภาพที่ลดลง และการบำรุงรักษาเพื่อฟื้นฟู
ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอุปกรณ์กลับมาปกติอีก
ครั้ง โดยพิจารณาแผนเป็นบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่
กำหนดและวิเคราะห์ด้วยการเสื่อมสภาพด้วยอัตรา
คงที่ (linear rate of degradation) [7] ดังแสดงในรูป
ที่ 4

เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุง
รักษาเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพเครื่องจักรแล้ว สามารถ
วิเคราะห์ได้ตามสมการ [7]

$$nC + nV \int_0^{P/n} f(t)dt \quad (4)$$

โดยที่ P คือ คาบเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น
เวลา 1 ปี โดยการวิเคราะห์ด้วย linear rate of
degradation หมายถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตาม
ผลกระทบของการเสื่อมสภาพซึ่งกรณีมีความสัมพันธ์
เป็นเส้นตรง $f(t) = R(t)$ สามารถพิจารณาต้นทุน
ค่าใช้จ่ายรวม [7] ได้ตามสมการ

$$nC + nV \int_0^{1/n} R(t)dt = nC + \frac{RV}{2n} \quad (5)$$

จำนวนความถี่ที่เหมาะสมของการบำรุง
รักษาที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด [7] สามารถคำนวณ
ได้ตามสมการ

$$n = \sqrt{\frac{RV}{2C}} \quad (6)$$

โดยที่ R = อัตราการเสื่อมสภาพ (% ต่อปี), V = ต้นทุน
ความสูญเสียการเสื่อมสภาพ (บาทต่อ % ต่อ ปี), C =
ต้นทุนการบำรุงรักษา (บาท), n = ความถี่ในการ
บำรุงรักษาที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด (ครั้งต่อปี)

ผลรวมของต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการเสื่อม
สภาพของเครื่องจักรและต้นทุนในการบำรุงรักษา
เครื่องจักรเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพ ที่จำนวนความถี่ใน
การบำรุงรักษา (ครั้งต่อปี) สามารถวิเคราะห์ต้นทุน

ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดที่ความถี่ที่เหมาะสมในการบำรุงรักษาหรือทำความสะอาด ดังแสดงรูปที่ 5

2.4 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ

ระยะเวลาคืนทุน (payback period) คือระยะเวลาที่กระแสเงินสดได้รับสุทธิที่ได้จากการลงทุนมีค่าเท่ากับเงินทุนที่ต้องลงทุนไป ซึ่งการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนเป็นการคำนวณหาจุดคุ้มทุนของโครงการลงทุนดำเนินการ โดยมีหน่วยวัดเป็นระยะเวลา ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้จะใช้วิธีการหาระยะเวลาคืนทุนและจำนวนเงินที่ประหยัดจากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปี เปรียบเทียบชนิดของชุดกรองอากาศก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุนในการปรับปรุงโครงสร้าง ÷ จำนวนเงินที่ประหยัดจากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปี

โดยที่ จำนวนเงินที่ประหยัดจากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้ต่อปี = (ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดก่อนการปรับปรุงต่อปี + ค่าใช้จ่ายต่อปีในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศก่อนการปรับปรุง) - (ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดหลังการปรับปรุงต่อปี + ค่าใช้จ่ายต่อปีในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศหลังการปรับปรุง)

3. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.1 การเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซ

เป็นการศึกษาผลกระทบของสิ่งสกปรกที่ส่งผลกระทบต่อชุดอัดอากาศ โดยศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศและเครื่อง

กังหันก๊าซ เพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และวิธีการในการรวบรวมตัวแปรจากอุปกรณ์ตรวจวัดจากโปรแกรมฐานข้อมูล รวมทั้งศึกษาวิธีการบำรุงรักษาเพื่อฟื้นฟูประสิทธิภาพจากผลกระทบของสิ่งสกปรกที่ชุดอัดอากาศ

3.2 การรวบรวมและวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซโดยข้อมูลเชิงสถิติก่อนและหลังการปรับปรุง

เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรประกอบด้วยอุณหภูมิและความดันขาเข้าชุดอัดอากาศ อุณหภูมิและความดันขาออกชุดอัดอากาศ อัตราการใช้เชื้อเพลิง ค่าความร้อนเชื้อเพลิง รวมทั้งกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกังหันก๊าซก่อนและหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าเป็นเวลา 1 ปี โดยหาประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซ ทุกชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ และวิเคราะห์หาแนวโน้มอัตราการเสื่อมสภาพเป็นสมการเชิงเส้นจากการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์อัตราการใช้เชื้อเพลิงและต้นทุนการดำเนินการ

3.3 การวิเคราะห์จุดเหมาะสมในการทำความสะดวกชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ก่อนและหลังการปรับปรุง

นำสมการเชิงเส้นจากการวิเคราะห์การถดถอย มาประเมินผลเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มขึ้นของเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตจากอัตราการเสื่อมสภาพประเมินต้นทุนจากอัตราการใช้เชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลา และวิเคราะห์หาต้นทุนเฉลี่ยในการบำรุงรักษาด้วยวิธีการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ (ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการผลิต ต้นทุนค่าทำความสะอาดชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซด้วยสารเคมี ต้นทุนค่าสึกหรอเครื่องจักร และต้นทุนค่าความสูญเสียเชื้อเพลิงขณะหยุดเดินเครื่อง) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาจุดเหมาะสมในการทำความสะดวกชุดอัดอากาศแบบ

ออฟไลน์ใน 1 ปี รวมทั้งประเมินผลของต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม ที่ความถี่และระยะเวลาต่าง ๆ (1, 2, 3, 4, 6, 8 และ 16 ครั้งต่อปี) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล

3.4 การปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

เป็นการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า เพื่อลดผลกระทบของสิ่งสกปรกที่ชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ ซึ่งชุดกรองอากาศขาเข้าก่อนการปรับปรุงมีความสามารถในการอนุภาคสิ่งสกปรก ในอากาศขาเข้าขนาด 1 ถึง 10 ไมครอน จำนวน 3 ชั้น ประกอบด้วย (1) coarse filter มีความสามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศที่ขนาดมากกว่า 10 ไมครอน (2) pre filter มีความสามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศที่ขนาดประมาณ 10 ไมครอน และ (3) fine filter มีความสามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศที่ขนาดประมาณ 1 ถึง 10 ไมครอน และสามารถกรองอนุภาคผงคาร์บอนขนาดใหญ่ได้

เนื่องจากพื้นที่โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมที่ศึกษาในงานวิจัยนี้นั้นตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้กับอุตสาหกรรมหนัก เช่น อุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมัน และอุตสาหกรรมผลิตคาร์บอน ทำให้มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กและสิ่งสกปรกปริมาณสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเปลี่ยนชุดกรองใหม่ให้มีความสามารถในการอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศขาเข้าขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน ได้ โดยชุดกรองอากาศขาเข้าหลังการปรับปรุงนี้จะมีจำนวน 2 ชั้น ประกอบด้วย (1) pre filter มีความสามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศที่ขนาด 1 ถึง 10 ไมครอน และ (2) efficiency particulate air filter มีความสามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกในอากาศที่ขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน ซึ่งจะประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคสิ่งสกปรก ประเภทผงคาร์บอนขนาดเล็ก คิว และไอน้ำมัน ซึ่งเป็นอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน

3.5 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินผลความคุ้มค่าด้านการลงทุน

เป็นการประเมินความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์จากการลงทุนปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ซึ่งจะสามารถยืดระยะเวลาทำความสะอาดชุดอัดอากาศ โดยพิจารณาที่ความถี่ที่เหมาะสมในการทำ ความสะอาดที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดก่อนและหลังการปรับปรุง จะมีการวิเคราะห์เงินลงทุนและต้นทุนค่าใช้จ่าย เพื่อหาค่าระยะเวลาคืนทุนของโครงการโดยจะมีกระบวนการในการวิเคราะห์ คือ (1) เงินลงทุนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า (2) ต้นทุนค่าใช้จ่ายก่อนการปรับปรุง พิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดที่จุดเหมาะสมในการทำทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ และต้นทุนค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนและบำรุงรักษาชุดกรองอากาศ ก่อนการปรับปรุง (3) ต้นทุนค่าใช้จ่ายหลังการปรับปรุง พิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดที่จุดเหมาะสมในการทำทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์และต้นทุนค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนและบำรุงรักษาชุดกรองอากาศ หลังการปรับปรุง และ (4) การประเมินระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยพิจารณาเงินลงทุนในการปรับปรุงและจำนวนเงินที่ประหยัดจากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อไป

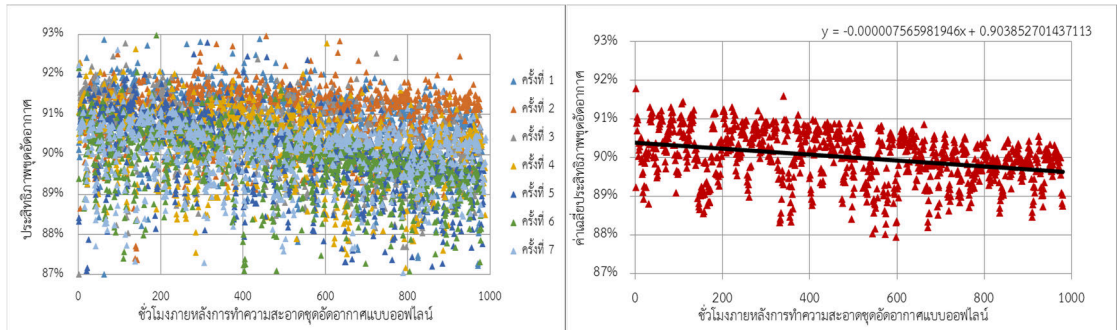
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลกระทบของสิ่งสกปรกต่อประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

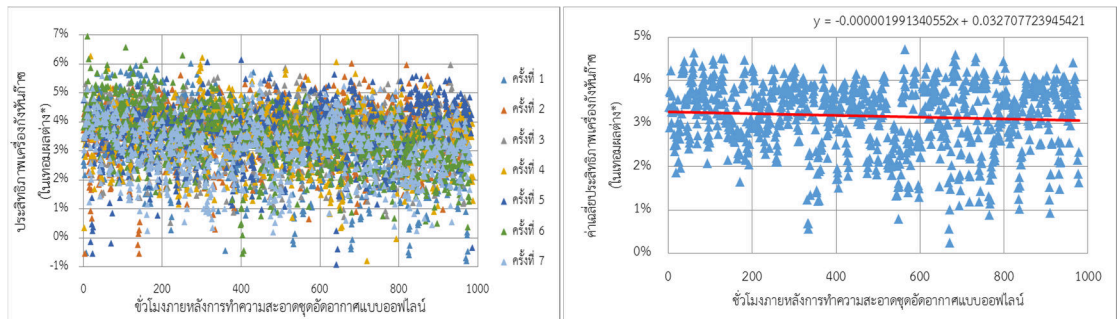
ผลการศึกษาผลกระทบของสิ่งสกปรกต่ออัตราการเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพชุดอัดอากาศของเครื่องกังหันก๊าซ ทุกชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ จำนวน 7 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี ซึ่งจากการเก็บข้อมูลตัวแปรและนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ โดยวิเคราะห์ในแผนผังการกระจาย

ตัวของข้อมูล ที่กำหนดตัวแปรอิสระเป็นชั่วโมง ภายหลังการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ และตัวแปรตามเป็นประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พบว่าแนวโน้มประสิทธิภาพชุดอัด

อากาศจะลดลงจากผลกระทบของสิ่งสกปรกจนกระทั่งมีการฟื้นฟูประสิทธิภาพชุดอัดอากาศด้วยการทำความสะอาดแบบออฟไลน์อีกครั้ง โดยแนวโน้มการเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศ ก่อนการปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศจากสิ่งสกปรกก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า



รูปที่ 7 การเสื่อมสภาพของเครื่องกังหันก๊าซจากสิ่งสกปรกก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

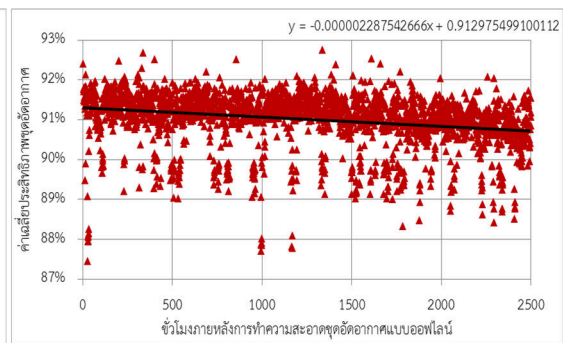
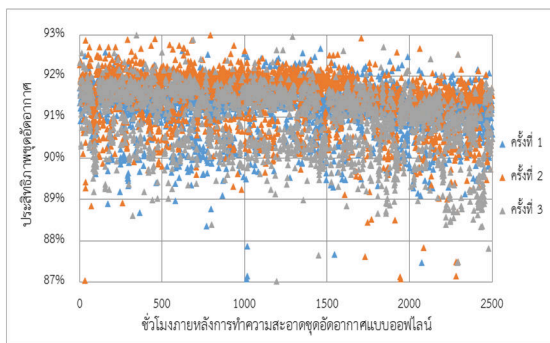
ผลการศึกษาพบว่าจากผลกระทบของสิ่งสกปรกจะทำให้ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศเฉลี่ยมีอัตราการเสื่อมสภาพ (ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์) อยู่ที่ 0.000757 % ต่อชั่วโมง และค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพชุดอัดอากาศที่ฟื้นฟูกลับขึ้นมาได้ (ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์) อยู่ที่ 90.39 % สามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ ดังนี้ ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ = $(- 0.00000757) * (\text{ชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาด}) + (0.90385270)$

และเมื่อวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ โดยกำหนดตัวแปรอิสระเป็นชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ และตัวแปรตามเป็นประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ วิเคราะห์ในแผนผังการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าการเสื่อมสภาพของเครื่องกังหันก๊าซมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 7

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ (* คำนวณได้จาก ค่าประสิทธิภาพ

เครื่องกังหันก๊าซ - ค่าประสิทธิภาพที่ผู้ผลิตรับประกันที่ การเดินเครื่องเต็มพิกัด) ภายหลังการทำความสะอาด แบบออฟไลน์ จะลดลงที่ 0.000199 % ต่อชั่วโมง โดย ผลวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของอัตราการเสื่อม สภาพเครื่องกังหันก๊าซ จะเป็นไปตามสมการเชิงเส้น ดังนี้ ประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ = $(- 0.00000199) * (\text{ชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาด}) + (0.032707723)$ โดยผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์อัตรา

การใช้เชื้อเพลิง ซึ่งเป็นต้นทุนความสูญเสียประสิทธิภาพ ความร้อนจากผลของการเกิดสิ่งสกปรกที่อุดตัน อากาศ ซึ่งพบว่ามีอัตราการสูญเสียเชื้อเพลิงก๊าซ ธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 0.0103 ล้านบาท ต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นต้นทุนการสูญเสียประสิทธิภาพ ความร้อนจากอัตราการเสื่อมสภาพที่ 2.8101 บาทต่อ ชั่วโมง (ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์)



รูปที่ 8 การเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศ จากสิ่งสกปรกหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

4.2 ผลกระทบของสิ่งสกปรกต่อประสิทธิภาพ ชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซหลังการปรับปรุง ชุดกรองอากาศขาเข้า

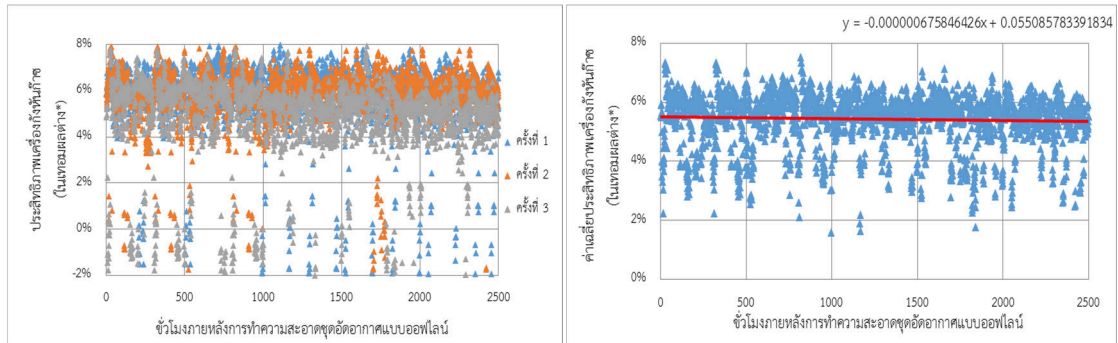
เมื่อปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าให้ สามารถกรองอนุภาคสิ่งสกปรกที่ขนาดน้อยกว่า 1 ไมครอน ได้ จะพบว่าประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและ เครื่องกังหันก๊าซมีอัตราการเสื่อมสภาพช้าลง เมื่อ วิเคราะห์ในแผนผังการกระจายตัวของข้อมูล จากการ เก็บข้อมูลภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ จำนวน 3 ครั้ง เป็นเวลา 1 ปี พบว่าประสิทธิภาพของ ชุดอัดอากาศมีอัตราการเสื่อมสภาพช้าลง เมื่อเทียบกับ อัตราการเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพของชุดอัด อากาศก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า โดยเมื่อนำข้อมูลที่ได้นมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้น พบว่าแนวโน้มประสิทธิภาพชุดอัดอากาศจะ

ลดลงจากผลกระทบของสิ่งสกปรก จนกระทั่งมีการ ฟุ้งฟูประสิทธิภาพชุดอัดอากาศด้วยการทำความสะอาด แบบออฟไลน์อีกครั้ง โดยแนวโน้มการเสื่อม สภาพของชุดอัดอากาศ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8

ซึ่งผลการศึกษพบว่าผลกระทบของสิ่ง สกปรกจะทำให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยของชุดอัดอากาศมี อัตราการเสื่อมสภาพ (ภายหลังการทำความสะอาด แบบออฟไลน์) อยู่ที่ 0.000229 % ต่อชั่วโมง และ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพชุดอัดอากาศที่ฟื้นฟูกลับ ขึ้นมาได้ (ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์) อยู่ที่ 91.29 % สามารถเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ ดังนี้ ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ = $(- 0.00000229) * (\text{ชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาด}) + (0.912975509)$ และเมื่อวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพ เครื่องกังหันก๊าซหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขา

เข้า โดยกำหนดตัวแปรอิสระเป็นชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์และตัวแปรตามเป็นประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ วิเคราะห์ใน

แผนผังการกระจายตัวของข้อมูล พบว่าการเสื่อมสภาพของเครื่องกังหันก๊าซมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การเสื่อมสภาพของเครื่องกังหันก๊าซ จากสิ่งสกปรกหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

ผลจากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ (* คำนวณได้จาก ค่าประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ - ค่าประสิทธิภาพที่ผู้ผลิตรับประกันที่การเดินเครื่องเต็มพิกัด) ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ อยู่ที่ 0.000068 % ต่อชั่วโมง โดยผลวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของอัตราการเสื่อมสภาพเครื่องกังหันก๊าซ จะเป็นไปตามสมการเชิงเส้น ดังนี้ ประสิทธิภาพเครื่องกังหันก๊าซ = $(- 0.00000068) * (\text{ชั่วโมงภายหลังการทำความสะอาด}) + (0.05508578)$ จากผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าภายหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซมีอัตราการเสื่อมสภาพช้าลง และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตไฟฟ้า จะมีอัตราการสูญเสียเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าเหลือ 0.0034 ล้านบีทียูต่อชั่วโมง หรือคิดเป็นต้นทุนการสูญเสียประสิทธิภาพความร้อนจากอัตราการเสื่อมสภาพที่ 0.9198 บาทต่อชั่วโมง (ภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์) ซึ่งเป็นการสูญเสียที่ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

4.3 ผลการศึกษาจุดเหมาะสมในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซที่ได้ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ซึ่งจะได้ต้นทุนการสูญเสียประสิทธิภาพความร้อนจากการเสื่อมสภาพ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนเฉลี่ยในการทำความสะดวกชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ ที่เกิดจากการหยุดเดินเครื่องกังหันก๊าซ จะมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 2,521,139 บาทต่อครั้ง สามารถแสดงผลได้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 10 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์ ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยมีการพิจารณาเทียบในแต่ละความถี่ในการทำความสะดวกแบบออฟไลน์ ซึ่งพบว่าการปรับปรุงความถี่ในการทำความสะดวกที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดอยู่ที่ 6 ครั้งต่อปี คิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมที่ 30,185,446 บาทต่อปี และหลังการปรับปรุง ความถี่ในการทำความสะดวกที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

อยู่ที่ 3 ครั้งต่อปี คิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมที่ 17,400,509 บาทต่อปี

4.4 ผลการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ในการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

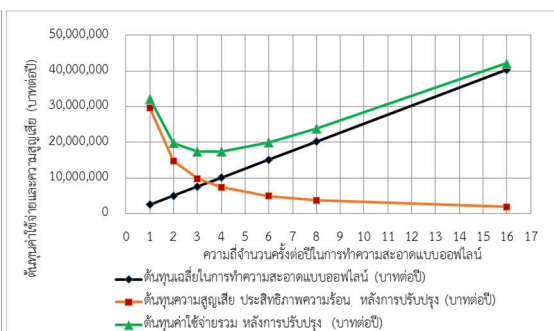
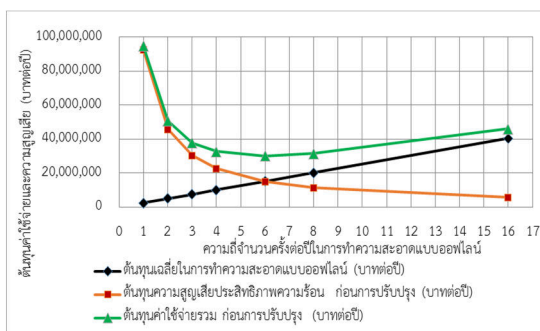
การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ในการปรับปรุงติดตั้งชุดกรองอากาศขาเข้า จะแสดงในเทอมของระยะเวลาคืนทุนของโครงการ โดยพิจารณาจากผลประโยชน์ได้จากต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปีที่เกิดจากต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดก่อนและหลังการปรับปรุง และต้นทุนค่าใช้จ่ายของชุดกรองอากาศขาเข้า ซึ่ง

สามารถแสดงผลประหยัดได้ดังตารางที่ 2

ในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศใหม่นั้น จะต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างของอุปกรณ์ด้วย โดยเงินลงทุนในการปรับปรุงโครงสร้างมีราคา 10,862,155 บาท เมื่อนำมาวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของโครงการ จะได้ ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ = $10,862,155 \div 12,376,937 = 0.88$ ปี หรือประมาณ 11 เดือน จึงสามารถกล่าวได้ว่าการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้านอกจากจะสามารถลดผลกระทบของสิ่งสกปรกที่จะทำให้ประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่อง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม ก่อนและหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า เพื่อหาความถี่ที่เหมาะสมในการทำความสะอาดชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ (หน่วย บาทต่อปี)

จำนวนครั้งต่อปี	ต้นทุนเฉลี่ยในการทำความสะอาดชุดอัดอากาศ	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
		ต้นทุนความสูญเสียประสิทธิภาพความร้อน	ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม	ต้นทุนความสูญเสียประสิทธิภาพความร้อน	ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม
1	2,521,139	92,437,292	94,958,431	29,671,874	32,193,014
2	5,042,279	45,588,813	50,631,091	14,771,913	19,814,192
3	7,563,418	30,265,573	37,828,991	9,837,091	<u>17,400,509</u>
4	10,084,557	22,644,822	32,729,379	7,371,452	17,456,009
6	15,126,836	15,058,610	30,185,446	4,909,451	20,036,286
8	20,169,114	11,312,292	31,481,406	3,683,494	23,852,608
16	40,338,229	5,640,923	45,979,152	1,842,569	42,180,798



รูปที่ 10 การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำสุด (ก) ก่อนการปรับปรุง และ (ข) หลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

ตารางที่ 2 ผลการประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย ก่อนและหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า

ต้นทุนค่าใช้จ่าย (หน่วย : บาทต่อปี)	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลประหยัด
ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชุดกรองอากาศ	5,687,000	6,095,000	- 408,000
ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด	30,185,446	17,400,509	12,784,937
ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด	35,872,446	23,495,509	12,376,937

กังหันก๊าซลดลงได้แล้ว ยังทำให้เกิดผลประหยัดและมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว ดังนั้นโครงการนี้จึงมีความเหมาะสมคุ้มค่าที่จะลงทุนสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมที่ศึกษาวิจัยในครั้งนี้

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาอิทธิพลของสิ่งสกปรกต่อประสิทธิภาพชุดอัดอากาศเครื่องกังหันก๊าซ พบว่า อัตราการเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศซึ่งเกิดจากสิ่งสกปรกที่หลุดลอดชุดกรองอากาศ ส่งผลทำให้เครื่องกังหันก๊าซเสื่อมสภาพ และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์นั้นจะสามารถฟื้นฟูประสิทธิภาพชุดอัดอากาศได้ โดยผลการวิเคราะห์อัตราการเสื่อมสภาพของประสิทธิภาพชุดอัดอากาศและเครื่องกังหันก๊าซสามารถแสดงได้ ดังนี้

การดำเนินงานที่สภาวะก่อนการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ชุดอัดอากาศ (compressor) จะมีอัตราการเสื่อมสภาพภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ที่ 0.757 % ต่อ 1,000 ชั่วโมง และเครื่องกังหันก๊าซ (gas turbine) จะมีอัตราการเสื่อมสภาพที่ 0.199 % ต่อ 1,000 ชั่วโมง โดยความถี่ที่เหมาะสมที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมในการดำเนินการต่ำที่สุดอยู่ที่ 6 ครั้งต่อปี หรือดำเนินการทุก 1,334 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม 30,185,446 บาทต่อปี

การดำเนินงานที่สภาวะหลังการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้า ชุดอัดอากาศ (compressor)

จะมีอัตราการเสื่อมสภาพภายหลังการทำความสะอาดแบบออฟไลน์ ที่ 0.229 % ต่อ 1,000 ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดอัดอากาศมีอัตราการเสื่อมสภาพช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุง และเครื่องกังหันก๊าซ (gas turbine) จะมีอัตราการเสื่อมสภาพช้าลงเช่นกัน อยู่ที่ 0.068 % ต่อ 1,000 ชั่วโมง โดยความถี่ที่เหมาะสมที่ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมในการดำเนินการต่ำที่สุดอยู่ที่ 3 ครั้งต่อปี หรือดำเนินการทุก 2,667 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายรวมลดลงเหลือเพียง 17,400,509 บาทต่อปี

นอกจากนี้ผลการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ในการปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้านั้นจะทำให้มีผลประหยัดเกิดขึ้นคิดเป็นมูลค่า 12,376,937 บาทต่อปี โดยคิดเป็นระยะเวลาคืนทุนของโครงการที่ 0.88 ปี หรือประมาณ 11 เดือน ดังนั้น จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงชุดกรองอากาศขาเข้าจะสามารถลดอัตราการเสื่อมสภาพของชุดอัดอากาศจากสิ่งสกปรกได้ ซึ่งทำให้ลดความสูญเสียด้านประสิทธิภาพความร้อนและต้นทุนค่าใช้จ่ายจากการยืดระยะเวลาในการทำความสะอาดชุดอัดอากาศแบบออฟไลน์ และยังเป็นการเพิ่มความมั่นคงในการผลิตไฟฟ้าของประเทศ จากการลดการหยุดเดินเครื่องกังหันก๊าซเพื่อทำความสะอาดได้อีกด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ธรรมชาติ นอกจากนี้ขอขอบคุณ บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ซินเนอร์ยี จำกัด (มหาชน) โรงไฟฟ้าศรีราชา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558, แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579, กรุงเทพฯ.
- [2] Cyrus, B. and Bromley, A. , 2004, Gas turbine axial compressor fouling and washing, pp. 163-192, Proceedings of The 33th Turbomachinery Symposium USA.
- [3] Wilcox, M., Kurz, R. and Brun, K. , 2012, Technology review of modern gas turbine inlet filtration systems, Int. J. Rotat. Machin. 2012: Article ID 128134, 15 p.
- [4] Cengel, Y.A. and Boles, M.A., 2005, Thermodynamics: An Engineering Approach, 5th Ed., McGraw-Hill Education, New York.
- [5] Oyedepo, S.O. and Kilanko, O., 2014, Thermodynamic analysis of a gas turbine power plant modeled with an evaporative cooler, Int. J. Thermodyn. 17: 14-20.
- [6] Aretakis, N., Roumeliotis, I., Doumouras, G. and Mathioudakis, K. , 2012, Compressor washing economic analysis and optimization for power generation, Appl. Energ. 95: 77-86.
- [7] Koch, J., DeGeeter, S. and Haynes, C.J., 1996, Condenser compressor and HRSG cleaning in combined cycle: How often is too often?, Available Source: <http://www.hestrate.com/docs/Maintenance-scheduling-1996.pdf>, September 14, 2016.