การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำ ระบบสโตกเกอร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล

FACTORS ANALYSIS FOR BIOMASS COMBUSTION IN TRAVELING GRATE STROKER BOILER FOR A BIOMASS POWER PLANT

อัสรี เจ๊ะอุเซ็ง

Asree Cheuseng

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

2564

ชื่อสารนิพนธ์ การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำ ระบบสโตกเกอร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล

ผู้เขียน นายอัสรี เจ๊ะอุเซ็ง

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

.....

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล)

.....กรรมการ

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วนิดา รัตนมณี)

.....

(ดร.สุริยา จิรสถิตสิน)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำระบบสโตกเกอร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล

ผู้เขียน นายอัสรี เจ๊ะอุเซ็ง

สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลของหม้อกำเนิดไอน้ำระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการผลิตไอน้ำแรงดันสูง ออกซิเจนส่วนเกินหลังการเผาไหม้ ปริมาณ NOx และ อุณหภูมิก่อนออกปล่องไฟ Stack คือ ค่าความชื้นเชื้อเพลิง อัตราการป้อนเชื้อเพลิง อัตราการป้อนอากาศ FD fan ความดันเตาเผาไหม้ อุณหภูมิเตาเผาไหม้ และอุณหภูมิไอน้ำแรงดันสูง จากตัวแบบ stepwise quadratic regression สำหรับอัตราการผลิตไอน้ำแรงดันสูงและออกซิเจนส่วนเกินหลังการเผาไหม้ และตัวแบบ full quadratic regression สำหรับปริมาณ NOx และ อุณหภูมิก่อนออกปล่องไฟ Stack ซึ่งจะให้ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับค่าที่ดีที่สุดอยู่ที่ 95.60%, 90.60%, 47.21% และ 60.51% ตามลำดับ จากนั้นทำการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ฟังก์ชัน response optimizer พบว่าสามารถเพิ่มการผลิตไอน้ำแรงดันสูงได้จากค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่ 91.941 t/h เพิ่มขึ้นเป็น 100.2877 t/h คิดเป็น 9.078% สามารถลดออกซิเจนส่วนเกินหลังการเผาไหม้ได้จากค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่ 9.226% เป็น 7.7639% คิดเป็น 15.848% เพิ่มปริมาณ NOx ได้จากค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่ 118.870 ppm เพิ่มขึ้นเป็น 163.7648 ppm คิดเป็น 37.768% และเพิ่มอุณหภูมิก่อนออกปล่องไฟ Stack ได้จากค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุงที่ 158.160 °C เพิ่มขึ้นเป็น 171.3961 °C คิดเป็น 8.369% จากสมการถดถอยนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์หาสภาวะที่เหมาะสมของความชื้นเชื้อเพลิงชีวมวล อัตราการป้อนเชื้อเพลิงและอัตราการป้อน FD fan ซึ่งใช้ข้อมูลจริงในอดีตของการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาในอนาคต รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลในเครือเดียวกันได้

Minor Thesis Title Factors Analysis for Biomass Combustion in Traveling Grate Stroker Boiler for A Biomass Power Plant
Author Mr. Asree Cheuseng
Major Program Industrial Management
Academic Year 2020

ABSTRACT

This research focuses on factor analysis for biomass combustion of traveling grate stoker boiler. The regression showed that the moisture content, fuel feed rate, air feed rate, boiler pressure, and boiler temperature affect high-pressure steam production rate, excess oxygen percentage, NOx content, and chimney temperature. By using stepwise quadratic regression for high pressure steam production rate and excess percentage of oxygen and using full quadratic regression for NOx content and chimney temperature, the R – Squared Adjusted: (R^2adj) of high pressure steam production, excess percentage of oxygen, NOx content and chimney temperature were 95.60%, 90.60%, 47.21% and 60.51% respectively. The optimum factor was determined using the response optimizer function. It was found that the high-pressure steam production was increased from 91.941 t/h to 100.2877 t/h as a 9.078% improvement. The excess oxygen percentage was decreased from 9.226% to 7.7639% as a 15.848% improvement. Also, the NOx content improved 37.768% by increased from 118.870 ppm to 163.7648 ppm. Furthermore, the chimney temperature improved 8.369% by increased from 158.160 °C to 171.3961 °C. From this regression model, it is possible to predict the optimum conditions of biomass fuel humidity, fuel feed rate and FD fan feed rate of biomass power plant based on historical production data. It can be used in this biomass power plant production in the future and also applied for the same chain biomass power plant.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำระบบสโตกเกอร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล” สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี จะต้องอาศัยแหล่งความรู้ต่างๆ ทั้งคำแนะนำ และการให้คำปรึกษา ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติจากบุคคลต่าง ๆ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดเลี้ยงดูเอาใจใส่ อบรมให้ประพฤติในสิ่งที่ดี และสิ่งที่ถูกต้องตลอดจนส่งเสริมในด้านการศึกษาได้อย่างดีที่สุด ดร.สุริยา จิรสถิตสิน อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ผู้เสนอแนวคิดให้ผู้วิจัยเลือกสารนิพนธ์เรื่องนี้ ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้อง และให้การเสนอแนะในการปรับข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ รัตนวิไล ประธานกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ วนิดา รัตนมณี กรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในระหว่างดำเนินการศึกษา ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไข และกรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อความสมบูรณ์ของการจัดทำสารนิพนธ์นี้จนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี ขอขอบพระคุณโรงไฟฟ้าชีวมวลกรณีศึกษาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าและวิจัย จนทำให้สำเร็จลุล่วงได้ดี และพนักงานทุกท่านที่กรุณาสนับสนุนให้ความร่วมมือตลอดโครงการสำหรับจัดทำสารนิพนธ์ ผู้ให้การสนับสนุน ทั้งทางด้านทุนทรัพย์ และกำลังใจของทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม

อัสรี เจ๊ะอุเซ็ง

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		(3)
Abstract		(4)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(6)
รายการตาราง		(8)
รายการรูปภาพ		(9)
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1	ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3	ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		5
2.1	ระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงพลังงานทดแทน	5
2.2	เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวล	5
2.3	เทคโนโลยีการเผาไหม้ชีวมวล	6
2.4	การจัดการข้อมูลสูญหาย	20
2.5	การวิเคราะห์การถดถอย	22
2.6	การวิเคราะห์ตัวแปรผิวสะท้อน	24
2.7	การนำเสนอแผนภาพข้อมูล	27
2.8	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3 วิธีวิจัย		33
3.1	ข้อมูลที่นำมาศึกษา	33
3.2	การเก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลก่อนการประมวลผล	34
3.3	การสร้างตัวแบบ	34
3.4	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและออกแบบโปรแกรมทางสถิติ	35
3.5	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบทำนายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลของหม้อกำเนิดไอน้ำ	36
3.6	การนำเสนอแผนภาพข้อมูล	37

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย		38
4.1	การเก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลก่อนการประมวลผล	38
4.2	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบในกระบวนการผลิตไอน้ำแรงดันสูง	40
4.3	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้น	47
4.4	การวิเคราะห์สมการถดถอย	49
4.5	การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง	105
4.6	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบทำนายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลของหม้อกำเนิดไอน้ำ	109
4.7	การนำเสนอแผนภาพข้อมูล	109
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ		113
5.1	สรุปผลการวิจัย	113
5.2	ข้อเสนอแนะ	114
บรรณานุกรม		115
ภาคผนวก ก		117
ภาคผนวก ข		155
ประวัติผู้เขียน		181

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ตัวแปรต้น (Primary : P) ที่พิจารณาในการหาความสัมพันธ์กับตัวแปรตอบสนอง	40
4.2	ตัวแปรตอบสนอง (Secondary : S) ที่พิจารณาในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมกับการเผาไหม้	40
4.3	ค่าทางสถิติของตัวแปรต้นและตัวแปรตอบสนอง	47
4.4	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ correlation coefficient	48
4.5	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับค่าของสมการถดถอยของตัวแปรตอบสนอง	98
4.6	ผลวิเคราะห์การหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรต้นและตัวแปรตอบสนองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง	106
4.7	เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง	108

รายการรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	กระบวนการผลิตไฟฟ้า	2
1.2	เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2
2.1	การเผาไหม้โดยตรงของชีวมวล	6
2.2	ระบบสโตกเกอร์แบบตะกรับเลื่อน	9
2.3	เตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์แบบกระจาย	10
2.4	เตาเผาเชื้อเพลิงระบบสโตกเกอร์ที่เชื้อเพลิงถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านล่าง	11
2.5	แสดงลักษณะเตาเผาเชื้อเพลิงระบบพัลเวอร์ไรซ์	12
2.6	เตาเผาเชื้อเพลิงระบบไซโคลน	13
2.7	เตาเผาเชื้อเพลิงระบบฟลูอิดไดซ์เบด	14
2.8	หม้อไอน้ำชนิดท่อไฟ	16
2.9	หม้อไอน้ำชนิดท่อน้ำ	17
2.10	หม้อไอน้ำแบบไหลผ่านครั้งเดียวตลอด	18
2.11	หม้อไอน้ำความร้อนทิ้ง	18
2.12	กระบวนการ gasification และเตา gasifier	19
2.13	ตัวอย่างหม้อไอน้ำที่ใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวล	20
2.14	ขั้นตอนการประมาณค่าสูญหายโดยวิธี KNN	21
2.15	พื้นผิวสะท้อน	25
2.16	เส้นระดับพื้นผิวสะท้อน	26
2.17	ขั้นตอนของการหาพื้นผิวสะท้อน	27
2.18	ตัวอย่างการนำเสนอแบบทิศทางหรือแนวโน้ม	28
2.19	ตัวอย่างการนำเสนอแบบกลุ่มข้อมูล	28
2.20	ตัวอย่างการนำเสนอเชิงเปรียบเทียบข้อมูล	29
2.21	ตัวอย่างการนำเสนอรูปแบบแผนที่	29
2.22	ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน	30
3.1	ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและจัดการข้อมูลก่อนการประมวลผล	34
4.1	ข้อมูลจากการเดินเครื่องจักรในแต่ละวันของการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล กรณีศึกษา	39

รายการรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2	ข้อมูลจากการเดินเครื่องจักรใช้วิธีการ KNN imputation ของโรงไฟฟ้าชีวมวล กรณีศึกษา	39
4.3	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X1	41
4.4	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X2	41
4.5	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X3	42
4.6	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X4	42
4.7	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X5	43
4.8	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรต้น X6	43
4.9	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรตอบสนอง Y1	44
4.10	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรตอบสนอง Y2	45
4.11	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรตอบสนอง Y3	45
4.12	กราฟฮิสโตรแกรมของตัวแปรตอบสนอง Y4	46
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองและตัวแปรต้น	48
4.14	กราฟเศษเหลือของตัวแปรตอบสนองอัตราการผลิตไอน้ำแรงดันสูง	100
4.15	กราฟเศษเหลือของตัวแปรตอบสนองออกซิเจนส่วนเกินหลังการเผาไหม้	102
4.16	กราฟเศษเหลือของตัวแปรตอบสนองปริมาณ NOx	103
4.17	กราฟเศษเหลือของตัวแปรตอบสนองอุณหภูมิก่อนออกปล่องไฟ Stack	104
4.18	ผลวิเคราะห์การหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรต้นและตัวแปรตอบสนองด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง	107
4.19	ตัวอย่างการนำเสนอในรูปแบบ Data Visualization ของข้อมูลที่ผ่านวิเคราะห์ทางสถิติ	109
4.20	Dashboard แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับปริมาณออกซิเจน	110
4.21	Dashboard แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนเชื้อเพลิงและอัตราการผลิตไอน้ำแรงดันสูง	110
4.22	Dashboard แสดงความดันเตาเผา	111
4.23	Dashboard แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเตาเผากับอุณหภูมิก่อนออกปล่องไฟ Stack	111
4.24	Dashboard แสดงค่าปริมาณ NOx	112