การพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และควบคุมประสิทธิภาพของการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นไอน้ำด้วยวิธีสมดุลความร้อนของหม้อไอน้ำ
Development Program for Heat Balance Analysis and Boiler Combustion Efficiency Control

ณัฐพงศ์ พันธุนะ[1]* ทวีศักดิ์ ตรงติรกุล[2] วัชรพงศ์ ปิ่นกุมภี[2] และ อภิชาติ อ่อนจันทร์[2]

[1]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กทม. 10800

[2]นักศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กทม. 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้และใช้พลังงานที่มีอยู่ได้อย่างเต็มที่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมหนึ่งที่ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยเชื้อเพลิงที่ใช้มีทั้งน้ำมันเตาและก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งสถานการณ์ราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นทุกวัน ทำให้ปัจจุบันโรงงานต่าง ๆ หันมาสนใจในการประหยัดพลังงานด้วยวิธีการต่าง ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะการใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมเพื่อลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ในงานวิจัยนี้จะติดตั้งและใช้งานโปรแกรมที่เขียนขึ้นที่โรงงานแห่งหนึ่ง โดยโรงงานนี้มีการใช้พลังงานความร้อนร่วมเพื่อการย้อมผ้า ก่อนการติดตั้งโปรแกรม ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อไอน้ำที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 65.85 - 71.98% โดยมีความร้อนสูญเสียในก๊าซไอเสียประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานที่เข้าสู่หม้อไอน้ำ หลังการติดตั้งอุปกรณ์พบว่าความร้อนสูญเสียในก๊าซไอเสียลดลงเหลือ 5-12% และประสิทธิภาพทางความร้อนของทั้งระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 80-85%

Abstract

This research aimed to improve combustion burning system of boiler and to increase burning efficiency and use all out of the energy. The large boilers were used in the industrial factories which consume a lot of energy for production. The Increasing oil and gas fuel costs everyday cause many factories interested in energy saving with any technical engineering methods specifically for production costs and environment effect decreasing. This research program software was installed and invented for the industrial factory. This industry factory consumed cogeneration energy for fabric dying. The efficiency before installing the software is measured about 65.85-71.98% and heat loss by 50% of overall energy in the system. After installing heat loss in the system has been fallen to 5-12% and efficiency of heat in system has been reached a peak of 80-85%

คำสำคัญ : สมดุลความร้อน พลังงานความร้อนร่วม ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ไอน้ำ

Key words : Heat Balance, Cogeneration energy, Boiler's Efficiency, Steam

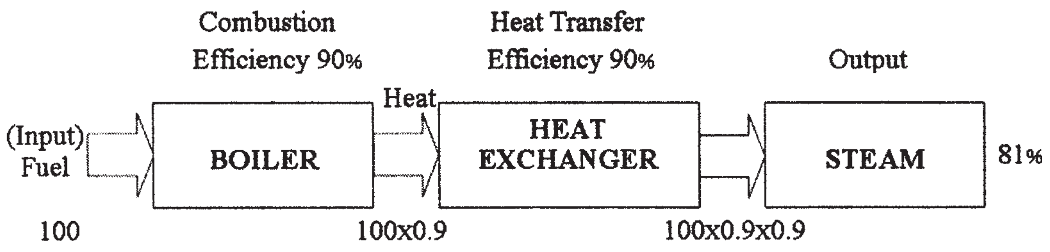
*ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ nattapong100@gmail.com โทร. 081-838-6780

1. บทนำ

จากการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการสนับสนุนส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นแหล่งอุตสาหกรรมที่สำคัญของภูมิภาคเอเชีย ส่งผลให้มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นหลายแห่งทั่วประเทศ ซึ่งหากขาดการควบคุมดูแลที่ดีแล้ว ก็จะก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และการใช้พลังงานได้ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีหม้อไอน้ำขนาดใหญ่ เป็นกลุ่มอุตสาหกรรมหนึ่งที่ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากโดยเชื้อเพลิงที่ใช้มีทั้งน้ำมันเตาและก๊าซเชื้อเพลิง ซึ่งสถานการณ์ราคาเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้นทุกวันทำให้ปัจจุบันโรงงานต่าง ๆ หันมาสนใจในการประหยัดพลังงานด้วยวิธีการต่าง ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะการใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมเพื่อลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่ว ๆ ไป ที่ต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Efficiency) ของหม้อไอน้ำ ซึ่งหม้อไอน้ำเป็นเครื่องจักรที่ประกอบด้วยเครื่องจักร 2 ตัว คือ เครื่องเผาไหม้เชื้อเพลิง (Burner) และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

โดยที่เครื่องทั้ง 2 ตัว นี้จะต่ออนุกรมกัน ดังนั้น เมื่อป้อนเชื้อเพลิงเข้า Burner จะได้แก๊สร้อนออกมา แก๊สร้อนถูกส่งเข้า Heat Exchanger ได้ไอน้ำออกไปใช้งาน ดังรูปที่ 1 (*Ren-Hua Zhang*, 2004 : 3)



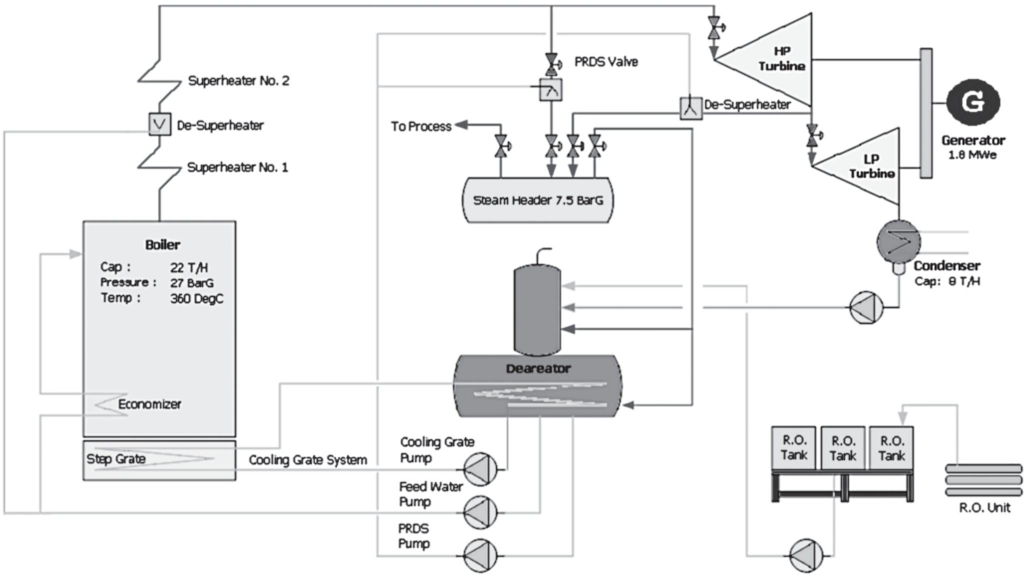
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนเชื้อเพลิงไปเป็นไอน้ำ

2. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษากระบวนการควบคุมการผลิตพลังงานความร้อนร่วมโดยการใช้ เซนเซอร์และ PLC เป็นตัวควบคุมโดยการรับสัญญาณ 4-20 mA มาจากเครื่องมือวัดและทำการส่งผ่าน PROFIBUS (Process Field Bus) มายัง PLC แล้วควบคุมผ่านแผงควบคุมของ PLC ซึ่งต้องมาปรับค่าต่าง ๆ เวลาเพิ่มภาระ (Load) ในการผลิตพลังงานความร้อนร่วมเปลี่ยน เช่น ความดันไอน้ำกับอุณหภูมิ, Forced Draft Fan กับระบบการเผาไหม้ของไฟในห้องเผาไหม้, Induce Draft Fan กับ Difference Pressure ในห้องเผาไหม้ เป็นต้น ซึ่งในบางครั้งไม่สามารถตอบสนองได้ทันกับความต้องการของภาระที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างทันท่วงที ทำให้ต้องมีผู้ปฏิบัติการมาคอยติดตามอย่างต่อเนื่อง และความไม่เป็นมาตรฐานเดียวกันของผู้ปฏิบัติงาน

ในงานวิจัยนี้จึงได้คิดค้นและทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงระบบเพื่อตอบสนองให้ทันกับความต้องการของภาระทางความร้อนที่เปลี่ยนไปอย่างตลอดเวลา และช่วยลดความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานหรือความไม่เป็นมาตรฐานของผู้ปฏิบัติงานลงด้วยการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์เพื่อหา

ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานความร้อนร่วม เพื่อที่จะได้ดึงพลังงานที่มีอยู่มาใช้ได้อย่างเต็มที่ ก่อนที่จะปล่อยทิ้งไป จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าวจาก Microsoft Visual Basic .NET ซึ่งใช้สูตรการคำนวณต่างๆ ทางวิศวกรรมทางความร้อน โดยการรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มาจากเครื่องวัดและทรานสดิวเซอร์ต่างๆ ในแต่ละจุดของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม และระบบถูกออกแบบมาให้ทำการควบคุมวาล์วตามจุดต่างๆ ซึ่งมีผลสำคัญต่อค่าประสิทธิภาพและแรงดันไอน้ำได้



รูปที่ 2 แสดงขบวนการผลิตพลังงานไอน้ำ

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 การทำงานของระบบที่ศึกษา

เริ่มแรกจากน้ำตั้งต้นใน R.O. (Reverse Osmosis) Tank ได้ถูกปรับปรุงคุณภาพน้ำจนกระทั่งมาเป็นน้ำที่สะอาด โดยควบคุมให้มีค่าสสารในน้ำน้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนด น้ำจะมาเข้าสู่อุปกรณ์แยกอากาศ (Deaerator) เพื่อกำจัดออกซิเจน ซึ่งมีผลต่อการกัดกร่อนในกระบวนการการผลิตไอน้ำในอุปกรณ์แยกอากาศ จะมีน้ำเข้า 3 ทาง ได้แก่ น้ำบริสุทธิ์ที่ป้อนเข้ามาใหม่ น้ำ Condensate Return จากการควบแน่นที่เครื่องควบแน่นไอน้ำ (Condenser) เนื่องจากการเปลี่ยนเฟสพลังงานของไอน้ำ และไอน้ำร้อนจากจุดรวมไอน้ำ (Header Steam) เพื่อที่การอุ่นน้ำก่อนที่จะเข้าสู่แผงอุ่นน้ำ (Economizer) น้ำจากอุปกรณ์แยกอากาศจะไปทำการอุ่นน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นแผงอุ่นน้ำที่ทำให้น้ำอุ่นเพิ่มจากเดิม เพื่อที่จะได้เป็นการประหยัดพลังงานความร้อนในการผลิตพลังงานไอน้ำ จากแผงอุ่นน้ำจะไปเข้าท่อน้ำในหม้อไอน้ำ เพื่อที่จะทำการต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam) จากนั้นจะไปผ่านชุดทำไอน้ำยิ่งยวด (Super heater) ชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 เพื่อให้กลายเป็นไอน้ำยิ่งยวด จะนำไปผ่านกังหันไอน้ำด้านแรงดันสูงที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประมาณ 1,500 รอบต่อนาที เพื่อที่จะให้ได้ความถี่ไฟฟ้าที่ 50 Hz และจะถูกเพิ่มกำลังงานทางไฟฟ้าให้ได้มากสูงสุด ถึง 100% ด้วยการให้ไอน้ำที่ออกจากแรงดันสูงไปยังด้านแรงดัน

phra nakhon97-105 99 5/11/07, 3:42 PM

ต่ำ เพื่อกระตุ้นให้เกิดพลังงานไฟฟ้าที่เหลือ และทำการกระตุ้นกระแสไฟฟ้าที่ขดลวด Exciting ให้สูงจนกระทั่งเข้าสู่สภาวะ OVER เพื่อจะดึงพลังงานทางไฟฟ้าออกจากระบบ ก่อนที่จะถูกควบแน่นด้วยควบแน่นไอน้ำเพื่อส่งต่อไปอุปกรณ์แยกอากาศและ Wet Scrubber ต่อไป

การกำเนิดพลังงานไอน้ำ หม้อไอน้ำมีคุณสมบัติที่จะผลิตพลังงานไอน้ำได้ที่ 22 ตันไอน้ำ ต่อชั่วโมง ด้วยแรงดันไอน้ำที่ 27 Bar อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส ด้วยระบบการผลิตไอน้ำที่ต้องการจะเพิ่มพลังงานในการเปลี่ยนเฟสของไอน้ำไปเป็นไอน้ำยิ่งยวด จำเป็นต้องผ่านชุดไอน้ำยิ่งยวดเป็นสื่อกลางตัวหนึ่ง โดยใช้ความร้อนจาก Flues gas ที่มีอุณหภูมิสูงถึง 700 องศา มาทำการแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนที่จะปล่อยความร้อนทิ้งไปยังตัว Economizer, Heat Exchanger Cyclone และทำการลดอุณหภูมิก่อนออกจากปล่องด้วย อุณหภูมิที่ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส

เมื่อเราได้แรงดันไอน้ำที่พอเหมาะกับกังหันไอน้ำที่ถูกนำมาเชื่อมตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว เราก็ต้องทำการเริ่มเดินกังหันไอน้ำ ด้วยการเตรียมความร้อน โดยเปิดวาล์วทางด้านแรงดันสูง เพื่อไล่ไอน้ำที่ค้างอยู่ในกังหันไอน้ำทิ้งออกให้หมด จนกระทั่งแน่ใจได้ว่า ไม่ก่อให้เกิดสภาวะ Water Hammer ที่จะไปทำลายอุปกรณ์อื่นๆ หรือไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน เมื่อแน่ใจแล้ว เราถึงจะทำการเดินกังหันไอน้ำที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เพื่อที่จะให้ได้ความถี่ทางไฟฟ้าที่ประมาณ 50 Hz แล้วถึงจะทำการขนานเครื่องกำเนิดเข้ากับทางการไฟฟ้า ส่วนการขนานเครื่องกำหนดไฟฟ้า มีปัจจัยในการพิจารณา 3 ข้อหลักๆ คือ ความถี่ต้องเท่ากัน แรงดันต้องเท่ากันและมุมเฟสแรงดันทางไฟฟ้าต้องเป็นมุมเดียวกันเสมอ

เมื่อไอน้ำ (Live Steam) ได้เข้าสู่กังหันไอน้ำด้วยแรงดันมากกว่า 15 Bar ไอน้ำที่ออกจากด้านแรงดันสูงจะเป็นไอน้ำที่อยู่ในรูปของความร้อนยิ่งยวด (Superheat) แต่เมื่อมีการกระตุ้นการทำงาน เพื่อที่จะให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า จำเป็นต้องให้พลังงานทางด้านแรงดันต่ำเพื่อเป็นตัวกระตุ้นแรงดันไฟฟ้า ดังนั้น ไอน้ำที่ออกจากวาล์วแรงดันต่ำซึ่งมีค่าประมาณ 14 Bar จะเป็นไอน้ำอิ่มตัวจะส่งผ่านเข้าเครื่องควบแน่น โดยการทำงาน นำน้ำมาหล่อเย็นไอน้ำนี้ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานทางความร้อน แล้วถูกส่งต่อไปให้ชุดกำจัดอากาศ เพื่อที่จะกำจัดออกซิเจน เพื่อไม่ให้เป็นผลต่อการกัดกร่อนในหม้อไอน้ำต่อไป

ดังนั้น เพื่อที่จะตอบสนองต่อโหลดทางไอน้ำได้ทัน จึงมีการพัฒนาชุดแลกเปลี่ยนความร้อนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Economizer, Heat Exchanger มาไว้เพื่อรองรับการบริโภคไอน้ำที่มากขึ้นของอุตสาหกรรมการผลิต โดยหลักการทำงานนี้ คือ ให้ความร้อนจากก๊าซไอเสียที่ใกล้จะหมดความร้อนแล้ว มาผ่านท่อขดซึ่งมีน้ำอยู่ในท่อ แล้วนำน้ำที่เป็นน้ำอุ่นมาเข้าชุดกำจัดอากาศแล้วส่งต่อไปที่หม้อไอน้ำโดยตรง โดยมีวาล์วควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำไม่ให้ต่ำกว่า 55 mm. น้ำ

ถ้าหม้อไอน้ำไม่มีน้ำอยู่ จะเกิดการแห้งระเหิด แล้วถ้ามีน้ำเข้าไปในหม้อไอน้ำขณะที่น้ำแห้ง จะพบว่าน้ำจะทำการขยายตัวจากนั้นเป็นไอน้ำทันที ด้วยการขยายตัวที่มากกว่า 1,600 เท่าของปริมาตร ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดการระเบิดของหม้อไอน้ำได้

3.2 วิธีการในการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

มาตรฐานอ้างอิงสำหรับการทดสอบหม้อไอน้ำในสถานที่ตั้งจะใช้ตามมาตรฐานของอังกฤษ BS845: 1987 และมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ASME PTC-4-1 ว่าด้วยกฎเกณฑ์การทดสอบกำลังของหน่วยผลิตไอน้ำ วิธีการแบบนี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า วิธีการสูญเสียความร้อน โดยสามารถคำนวณค่าประสิทธิภาพ จากการลบเศษส่วนการสูญเสียความร้อนจากจำนวน 100 ดังนี้

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ (η)

$$\eta = 100 - (i + ii + iii + iv + v + vi + vii)$$

โดยที่การสูญเสียหลักที่เกิดขึ้นในหม้อไอน้ำ คือ การสูญเสียความร้อนเนื่องจาก

i. ก๊าซไอเสียแห้ง
ii. การระเหยของน้ำที่เกิดขึ้นจากก๊าซไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง
iii. การระเหยของความชื้นในเชื้อเพลิง
iv. ความชื้นที่มีอยู่ในอากาศของการเผาไหม้
v. เชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ซึ่งอยู่ในเถ้าลอย
vi. เชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ซึ่งอยู่ในเถ้าหนัก
vii. การแผ่รังสีและการสูญเสียอื่นๆ

การสูญเสียเนื่องจากความชื้นในเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ไฮโดรเจนจะขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิง และไม่สามารถออกแบบเพื่อควบคุมได้ (Jian-qiang Li, 2004 : 1)

3.3 สมการที่ใช้ในการควบคุมและวิเคราะห์หาความสูญเสีย (Losses) ในระบบ

นำข้อมูลจากออกซิเจนเซนเซอร์ที่ตรวจวัดนำมาคำนวณค่าปริมาณอากาศตามทฤษฎี เพื่อที่จะนำไปควบคุมปริมาณอากาศที่ได้จากการ Force Draft Fan โดยอาศัย Damper ควบคุมวาล์วตามปริมาณการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนในห้องเผาไหม้

a. ปริมาณอากาศที่เกินความจำเป็น

$$= \frac{O_2 \times 100}{21 - O_2} \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

b. ปริมาณอากาศตามทฤษฎี

$$= \frac{11C + 34.5\left(\frac{H_2 - O_2}{8}\right) + 4.32S}{100}$$

c. ปริมาณอากาศที่ใช้จริง

$$= \left(1 + \frac{\text{ปริมาณอากาศที่เกินความจำเป็น}}{100}\right) \times \text{ปริมาณอากาศตามทฤษฎี}$$

S = เปอร์เซ็นต์ของซัลเฟอร์
H_2 = เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจน
O_2 = เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน
C = เปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน

การคำนวณความสูญเสียในระบบเนื่องจากความร้อนที่หายไปกับก๊าซไอเสียแห้ง

เมื่อ k = ค่าคงที่ Seigert
0.65 สำหรับถ่านหิน
0.56 สำหรับน้ำมัน

$T_{Fluegas}$ = อุณหภูมิก๊าซเสีย
$T_{Ambient}$ = อุณหภูมิทางเข้าของ Force Draft Fan

การคำนวณความสูญเสียในระบบเนื่องจากความร้อนที่หายไปกับการระเหยของน้ำซึ่งเกิดจากออกซิเจนกับไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง

$$\frac{9H_2 \cdot [584 + C_P \cdot (T_{Fluegas} - T_{Ambient})]}{Gross\ Caloric\ Value\ (GCV)_{Fuel}}$$

H_2 = เปอร์เซ็นต์ของก๊าซไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในเชื้อเพลิงจากห้องปฏิบัติการ
(GCV ให้เป็นค่าหน่วย กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)

การคำนวณความสูญเสียในระบบเนื่องจากความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในเชื้อเพลิง

$$\frac{m\,[584 + C_P \cdot (T_{Fluegas} - T_{Ambient})]}{Gross\ Caloric\ Value\ (GCV)_{Fuel}}$$

การคำนวณความสูญเสียในระบบเนื่องจากความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในอากาศ

$$\frac{\text{ปริมาณอากาศที่ใช้อยู่จริง} \times \frac{Humidity}{100} \times C_P\,(T_{Fluegas} - T_{Ambient})}{Gross\ Caloric\ Value\ (GCV)_{Fuel}} \times 100$$

การคำนวณความสูญเสียในระบบเนื่องจากความร้อนไปกับขี้เถ้าที่เผาไหม้

$$\frac{m_{Ash} \cdot 100\ (Gross\ Caloric\ Value)_{Ash} \cdot (100 - m_{Burn})}{Gross\ Caloric\ Value\ (GCV)_{Fuel}}$$

เมื่อ

m_{Ash} = ปริมาณขี้เถ้า (Fixed Ash)

m_{Burn} = ปริมาณขี้เถ้าที่เผาไหม้

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

$$\eta = 100 - \sum_{i=1}^{n} losses_i$$

สามารถทำให้มีการสมดุลของมวลและพลังงานได้ในแต่ละส่วน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการหาทางเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ

อัตราส่วนการระเหย หมายถึง จำนวนของไอน้ำที่ผลิตได้เป็นกิโลกรัม ต่อปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ไปเป็นกิโลกรัม

อัตราส่วนการระเหย จะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{\eta \cdot Gross\ Caloric\ Value\ (GCV)_{Fuel}}{T_{Steam} - T_{Water}}$$

โดยที่

T_{Steam} = อุณหภูมิของไอน้ำที่ผลิตได้

T_{Water} = อุณหภูมิของน้ำตั้งต้นก่อนเข้าหม้อไอน้ำ

3.4 การทำงานของระบบที่พัฒนา

จากการสร้างโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ โดยนำข้อมูลแบบเวลาจริง (Real Time) ที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ที่ติดตั้งในระบบการทำงานของโรงงานฯ โดยตัวอย่างที่นำมาใช้วิเคราะห์ คือ การนำสัญญาณที่ได้จากเทอร์โมคัลเปิลที่ติดตั้งในหม้อไอน้ำ และเฝ้าตรวจดูอุณหภูมิของไอน้ำเพื่อควบคุมให้ได้ตามปริมาณที่กำหนดไว้ สัญญาณที่ได้จากจุดนี้จะเป็นสัญญาณแบบอนาลอก จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลจาก Expansion Card ที่ติดตั้งไว้ก่อนบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Server แล้วจึงนำสัญญาณนี้ไปประมวลผลบนระบบ SCADA โดยระบบนี้จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญหลัก ๆ 2 ส่วนคือ

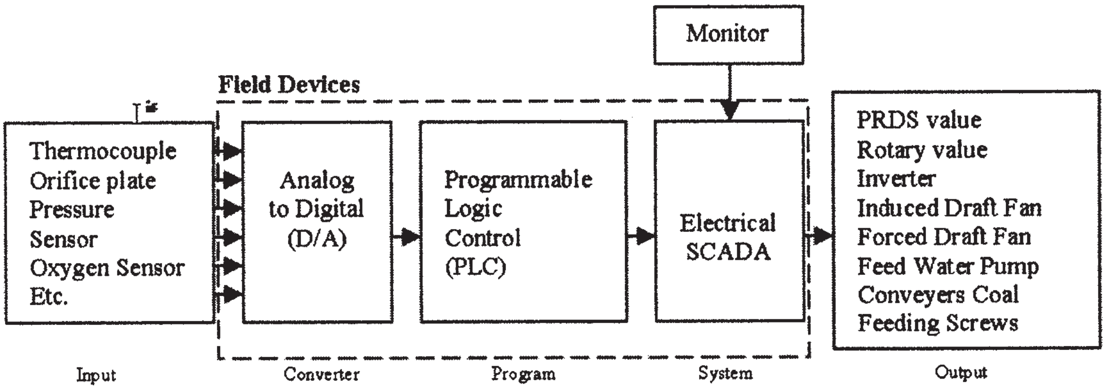
ส่วนที่ 1 ส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์ (Field Devices) โดยตรง ซึ่งใช้วิธีการเดินสายสัญญาณจากอุปกรณ์มาเข้าอินพุตของ PLC และจากนั้นก็เขียนโปรแกรมเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ (เอาท์พุต) เช่น การควบคุมปริมาณของเปอร์-เซ็นต์การเปิดปิดวาล์วน้ำ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 คือส่วนที่ไว้ติดต่อสื่อสารกับผู้ปฏิบัติงาน หรือที่เรียกว่า Human Machine Interface (HMI) ทำหน้าที่ในการสั่งและแจ้งสถานะของกระบวนที่เกิดขึ้น เช่น ต้องการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การเปิดปิดวาล์วน้ำ หรือบอกสถานะของวาล์วน้ำว่าเปิดอยู่กี่เปอร์เซ็นต์ (T.J. O'NEIL, 1990 : 2)

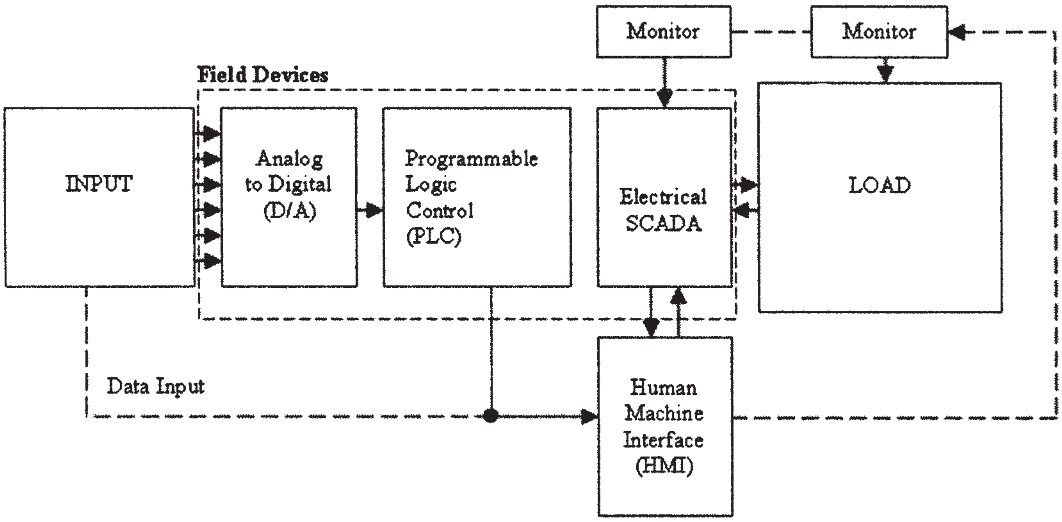
จากระบบมาตรฐานที่ถูกนำมาใช้จริงในโรงงานฯ ก่อนหน้านี้ในรูปที่ 3 จะพบว่าการทำงานของระบบจะเป็นแบบลูปเปิด (Open loop) กล่าวคือ ในส่วนของบล็อกแรกจะเป็นสัญญาณอินพุตที่ได้มาจากทราน-สดิวเซอร์แบบต่าง ๆ ใน Plant ซึ่งจะถูกแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปแบบสัญญาณดิจิตอลในบล็อกที่ 2 และขยายสัญญาณเพิ่มขึ้นเพื่อไปสั่งการให้ PLC ทำงาน

ควบคุมกระบวนการต่อไปโดย ผู้ใช้งาน (USER) จะเฝ้ามอง (Monitoring) ผ่านระบบ SCADA เช่น การควบคุม PRDS Valve, Rotary Valve และ Forced Draft Fan เป็นต้น

สำหรับระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นจะทำให้การทำงานเป็นแบบลูปปิด (Close Loop) ในรูปที่ 4, 5 ซึ่งจะทำให้กระบวนการการทำงานมีความเสถียรภาพ (stability) มากขึ้น ระบบการควบคุมต่างๆ จะเป็นแบบอัตโนมัติ กล่าวคือ จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะจัดอยู่ในส่วนของ HMI โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับทรานสดิวเซอร์แต่ละตัวโดยตรง และนำสัญญาณอินพุตที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าเซตพอยท์ (Set point) ที่ถูกกำหนดไว้ก่อนแล้ว เพื่อไปควบคุมโหลด หรือ เอาท์พุตให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยโปรแกรมนี้จะทำงานเป็นทั้ง Monitoring และ controller อยู่ในตัวเอง จะส่งผลทำให้ระบบ SCADA ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอีกด้วย

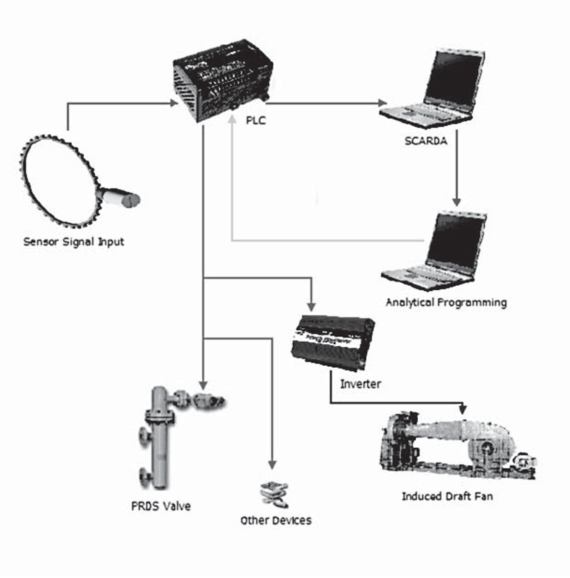


รูปที่ 3 แสดงระบบควบคุมแบบเดิม



รูปที่ 4 แสดงระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น

ปัจจัยสำคัญที่โปรแกรมฯ ต้องการเพื่อนำมาวิเคราะห์ระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการมีหลายตัวคือ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้, แรงดันไอน้ำในหม้อน้ำ, อุณหภูมิของไอน้ำในหม้อน้ำ และปริมาณ Oxygen ในห้องเผาไหม้ จากปัจจัยดังกล่าวจะนำไปควบคุมการทำงานการเปิด-ปิด วาล์วต่าง ๆ คือ Feeding Screws, Feed water pump, FD Fan และ ID Fan

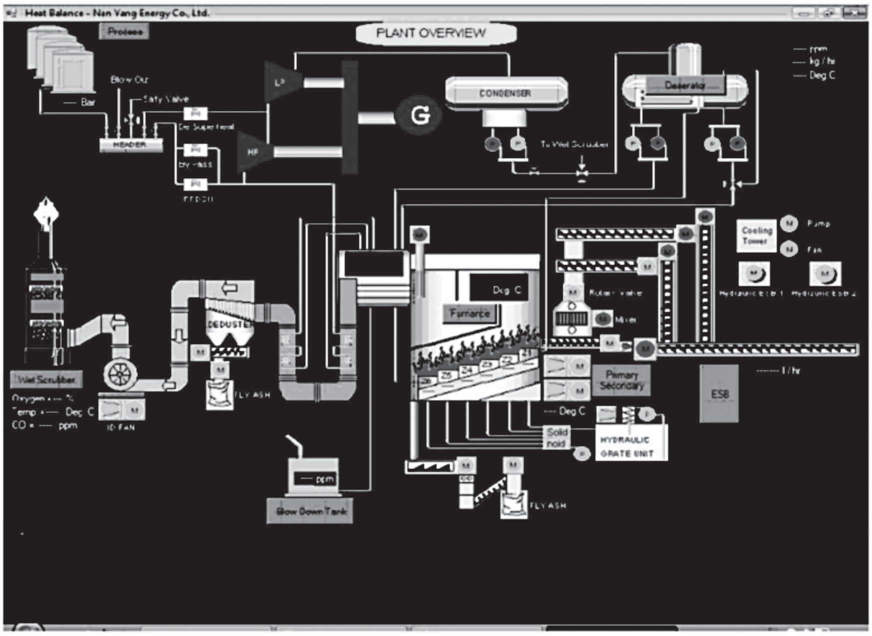


รูปที่ 5 ผังแสดงการติดตั้งอุปกรณ์

3.5 ระบบการทำงานของกระบวนการ

จากรูปแสดงผังการทำงานด้านบนในรูปที่ 3 เป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ Semi-Automatic ในบางครั้ง อุปกรณ์และวาล์วต่าง ๆ ไม่สามารถตอบสนองได้ทันท่วงทีเนื่องด้วยค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกันมีความเกี่ยวเนื่องกันอย่างมาก ทำให้ระบบการควบคุมแบบเก่า ๆ ไม่สามารถตอบสนองต่อภาระที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างกะทันหัน ในการควบคุมแรงดันไอน้ำให้ได้คงที่ เพื่อที่จะให้ระบบมีเสถียรภาพในการกำเนิดพลังงานทางไฟฟ้า และส่งผลดีต่อการเผาไหม้

ระบบการควบคุมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะใช้การวิเคราะห์จากประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรูปพลังงานในแต่ละจุด เพื่อที่จะให้ได้พลังงานสูงสุดในการกำเนิดพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าด้วยกันทั้งสองอย่าง เราจำเป็นต้องให้การควบคุมทุกอย่างเป็นไปได้อย่างราบรื่นและอัตโนมัติ โดยการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพต่าง ๆ เราจะนำค่าพารามิเตอร์ ตั้งแต่ค่าความจุความร้อนเฉพาะของเชื้อเพลิง อุณหภูมิบรรยากาศอ้างอิงก่อนที่จะถูกนำไปที่ห้องเผาไหม้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเผาไหม้ จำเป็นต้องมีออกซิเจนที่เพียงพอกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ถ้าได้ปริมาณ ออกซิเจน เพียงพอ จะได้อุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูง และเผาไหม้สมบูรณ์ ค่าอัตราการกำจัดตะกอน (Blow Down) เพื่อที่จะกำจัดสารละลายที่ค้างตกตะกอนในท่อส่งไอน้ำ อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิไอน้ำในส่งของ Steam Collector, Convection Part, Economizer, Live Steam, Condensate Return เป็นต้น โดยค่าเบื้องต้นทั้งหมดนี้ จะถูกนำเข้ามาประมวลผลโดยโปรแกรมที่จัดทำขึ้นโดยเฉพาะ นำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาคิดหาประสิทธิภาพและนำมาควบคุมวาล์ว อุปกรณ์แต่ละตัว เพื่อที่จะให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดและจะต้องไม่กระทบต่อกระบวนการผลิตโดยในการประมวลผลสัญญาณจะเป็นแบบ Real Time และโปรแกรมจะคำนวณค่าเอาไว้ต่าง ๆ ตลอดเวลาที่ทำการ Online กับระบบการกำเนิดพลังงานตลอดเวลา ดังนั้น จึงส่งผลให้อุปกรณ์ทำงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเดินระบบต่อไป



รูปที่ 6 GUI ของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

4. สรุป

จากการศึกษา พบว่าในการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้รับจากเครื่องวัดทางไฟฟ้าโดยมาทาง PLC ปรากฏว่า การใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นศูนย์กลางในการควบคุมจะให้ผลได้แม่นยำกว่านั้นหมายถึงเราจะประหยัดค่าพลังงานเชื้อเพลิงได้มากขึ้นกว่าที่เป็น และเป็นการช่วยลดมลภาวะที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ได้มากกว่า 15% ของระบบที่มีอยู่

ประสิทธิภาพทางความร้อนของหม้อไอน้ำที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 65.85-71.98% โดยมีความร้อนสูญเสียในก๊าซไอเสียประมาณครึ่งหนึ่งของพลังงานที่เข้าสู่หม้อไอน้ำ หลังการติดตั้งอุปกรณ์พบว่า ความร้อนสูญเสียในก๊าซไอเสียลดลงเหลือ 5-12% และประสิทธิภาพทางความร้อนของทั้งระบบมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 80-85% (โดยมีประสิทธิภาพทางความร้อนของอุปกรณ์อุ่นอากาศประมาณ 50-60% และสามารถควบคุมประสิทธิภาพของขบวนการได้ในเวลาจริง)

5. เอกสารอ้างอิง

1. Jian-qiang Li, Ji-zhen Liu, Yu-guang Niu, Cheng-lin Niu, **On-Line self-optimizing control of coal-fired boiler combustion system**, IEEE Transactions on Electrical Engineering., Vol., 4 No. 6 (November 2004).
2. T.J. O'NEIL and C.W.MA, **Enhanced Core Flow Measurement in the Advanced Boiling Water Reactor**, IEEE Transactions on nuclear Science., Vol., 37 No. 6 (December 1990).
3. Ren-Hua Zhang, Zhao-Liang Li, Xiao-Ming Sun, Zhi-Lin Zhu, Wei-Ming Wang, **A Basic Equation for Thermal Radiation Interaction of Objects in A Non-Isothermal System and Its Application**, IEEE Transactions on Electrical Engineering., Vol., 6 (November 2004).

phra nakhon97-105 105 5/11/07, 3:43 PM