

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 14
2-3 พฤศจิกายน 2543 โรงแรมโนโวเทล เชียงใหม่

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ Expert System for Boiler Operation in Mae Moh Lignite Power Plant.

ตะวัน สุจริตกุล* และ พิพัฒน์ จวงจันดี**

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทร. (053) 944146-7, โทรสาร (053) 944145

E-Mail: enagi001@chiangmai.ac.th, mmopp@email.egat.or.th

Thawan Sucharitakul and Pipat Juangjandee

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

Chiang Mai 50200, Thailand

Tel: (053) 944146-7, Fax: (053) 944145

บทคัดย่อ

การควบคุมกระบวนการผลิตในระบบหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ โดยทั่วไปมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ตัวแปรที่นำมาใช้ในการพิจารณาและตัดสินใจมีจำนวนมากด้วยหลายปัญหาต้องการคำตอบอย่างรวดเร็วและพร้อมกันซึ่งเป็นการยากที่คนทั่วไปจะทำได้ การควบคุมไม่ทั่วถึงและไม่ทันเหตุการณ์ทำให้เกิดความสูญเสียไปโดยไม่จำเป็น เป็นจำนวนมากอยู่เสมอ หลังจากที่ได้พัฒนาโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ ใช้คำนวณ วิเคราะห์สมรรถนะและความสูญเสียของหม้อไอน้ำพร้อมทั้งแนะนำแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องให้อย่างรวดเร็ว โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติของโรงไฟฟ้า ทำให้การติดตามควบคุมเครื่องได้สะดวกขึ้นมาก สามารถเดินเครื่องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาโดยโปรแกรมภาษา Visual C++ 6.0 และเปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญชื่อ CLIPS ซึ่งสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows95 และ Windows98 หรือรุ่นหลังจากนี้ แสดงผลทั้งในรูปแบบตารางและกราฟ จากการทดลองใช้งานสามารถลดพลังงานสูญเสียลงอย่างน้อยถึงปีละ

5 ล้านบาทต่อหนึ่งเครื่องสำหรับหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าขนาด 300 MW

Abstract

In Mae Moh lignite power plant boiler operation, operating cost is in general very high. There are many possibilities for making decisions while operating and these might not always be optimal. Many problems need to be solved at the same time, and it's difficult to do by manual. This often leads to unsound control which causes big losses as it has been the case for several times. After installing the expert system, it can be used for analysis and calculation of boiler-performances in order to find comprehensive operation guidance immediately, the operation will be easy, more safe and with a higher efficiency. The expert system was developed by using the Visual C++ 6.0 program and the expert system shell named CLIPS, which both can run on Windows95 & Windows98 or later versions.

* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

** นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

It can reduce energy losses with at least 5 million Baht per 300 MW unit per year.

1. บทนำ

จากรูปที่ 5 ในการควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านั้นจะมีระบบย่อยอยู่มาก การควบคุมเครื่องทุกระบบให้มีประสิทธิภาพสูงๆ เป็นไปได้ยากมาก หากเกิดการผิดพลาดในการเดินเครื่อง จะทำให้เสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ และโรงไฟฟ้าในปัจจุบันก็มีการวัดและเก็บข้อมูลอัตโนมัติอยู่แล้ว ซึ่งสามารถทำให้ผู้เดินเครื่องใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจและปรับแต่งระบบต่างๆ แต่ข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลนั้นไม่สามารถใช้ได้ทันที ต้องนำมาวิเคราะห์เพื่อหาจุดอ่อนและสาเหตุการขัดข้อง ซึ่งในการทำแบบนี้จะต้องใช้ประสบการณ์ในการเดินเครื่องและการคำนวณข้อมูลปริมาณมากมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการตัดสินใจควบคุมหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าโดยใช้พื้นฐานทางทฤษฎีและประสบการณ์ของผู้เขียนเพื่อที่จะทำให้การควบคุมเครื่องมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารฉบับนี้ได้นำเฉพาะบางส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญมานำเสนอ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการคำนวณและวิเคราะห์ความสูญเสียความร้อนในหม้อไอน้ำ นั้นพิจารณาสมมูลความร้อน ของหม้อไอน้ำ และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ตามแบบของ ASME Performance Test Code [2],[3]

3. โครงสร้างโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ

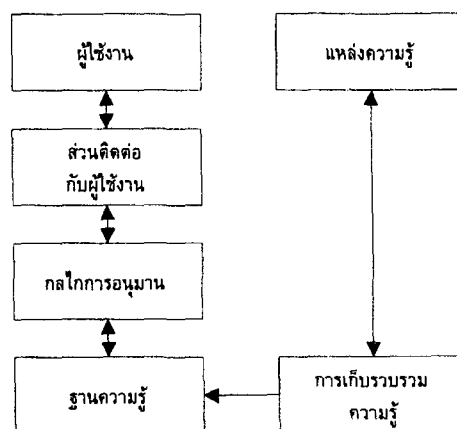
ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความฉลาด โดยใช้ความรู้(Knowledge)และกระบวนการอนุมาน (Inference process) ในการแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยากถึงกับต้องใช้ประสบการณ์ ความชำนาญของมนุษย์เข้าช่วยจึงจะแก้ไขได้ ปัญหาที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญแก้ไข ส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีโครงสร้าง คำตอบมีโอกาสเป็นไปได้หลายอย่าง

ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษา วิซวล ซีพลัสพลัส (Visual C++) และในส่วนของกลไกการอนุมาน ใช้เปลือกกระบวนผู้เชี่ยวชาญชื่อ CLIPS มาพัฒนาจัดทำเป็น

ระบบผู้เชี่ยวชาญ แบบฐานความรู้ (Knowledge base) โดยแทนความรู้ในรูปของกฎ (Rule representation)

3.1 ส่วนประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ

โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

3.1.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

เป็นส่วนที่รับข้อมูลจากแผ่นบันทึกข้อมูลที่บันทึกไว้โดยเครื่องบันทึกอัตโนมัติ(Data logger) และรับข้อมูลบางส่วนจากแป้นพิมพ์ ในส่วนนี้ยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล เช่น วิเคราะห์การสูญเสียความร้อนของไอน้ำ ของแก๊สไอเสียร้อน คำนวณคุณสมบัติของไอน้ำและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ คำนวณค่าใช้จ่าย ฯลฯ เสนอมาตรการปฏิบัติที่เหมาะสมสามารถแสดงผลทั้งทางจอมอนิเตอร์และทางเครื่องพิมพ์ และสามารถบันทึกข้อมูลทั้งในฮาร์ดดิสก์และในแผ่นดิสก์

3.1.2 กลไกการอนุมาน

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่หาเหตุผลจากฐานความรู้และข้อมูลจากส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน เพื่อหาคำตอบ ในระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฐานกฎ จะมีการตรวจสอบชุดของกฎในฐานความรู้หลักซ้ำแล้วซ้ำอีก เพื่อให้ได้ความรู้หรือข้อเท็จจริงที่พอเพียง ถ้า IF ของกฎสอดคล้องกับข้อเท็จจริง ส่วนที่อยู่หลัง THEN จะทำทันที จากนั้นก็จะปรับปรุงฐานความรู้ใหม่โดยรวมข้อเท็จจริงใหม่เข้าไปด้วย เช่น

FACTS เดิม

$$T_{so,SHLT} = \text{high}$$

$$\dot{m}_{SH,aw} = \text{high}$$

burner tilting = low

reheated steam temp.control setpoint = low

boiler efficiency = low

RULES

IF $T_{so,SHLT} = \text{high}$ and $\dot{m}_{SH,aw} = \text{high}$ and burner tilting = low THEN boiler water walltubes dirty = high

FACTS ใหม่

$$T_{so,SHLT} = \text{high}$$

$$\dot{m}_{SH,aw} = \text{high}$$

burner tilting = low

reheated steam temp.control setpoint = low

boiler efficiency = low

boiler water walltubes dirty = high

3.1.3 ฐานความรู้

เป็นส่วนที่เก็บความรู้ไว้ในรูปข้อเท็จจริงและกฎ กฎที่แสดงอยู่ในรูป IF...THEN เช่น

IF $T_{so,SHLT} = \text{high}$ and $\dot{m}_{SH,aw} = \text{high}$ and burner tilting = low THEN boiler water walltubes dirty = high

IF reheated steam temp. control setpoint = low and reheated steam temp.control max. setpoint = low THEN all reheated steam temp. control setpoint = low

IF air-fuel ratio = high THEN flue gas heat loss = high

3.1.4 ส่วนดึงความรู้

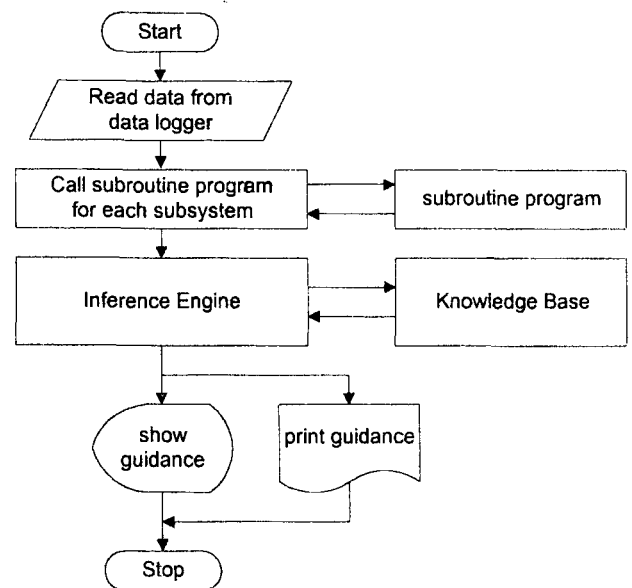
เป็นส่วนที่ใช้ในการดึงความรู้ เก็บรวบรวมความรู้จากเอกสาร ตำรา ผลการทดลองหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์

3.2 ฝั่งงานการทำงานของโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ

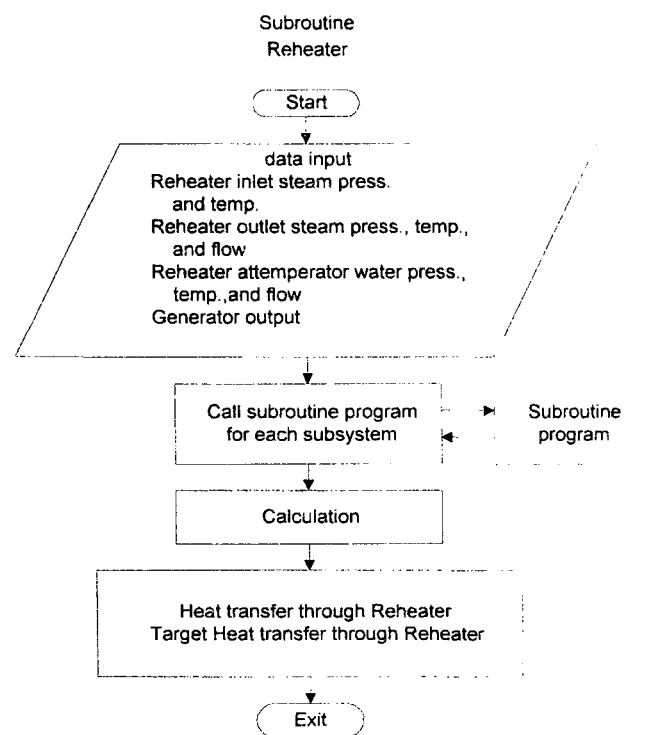
ในการนำเสนอครั้งนี้จะแสดงฝั่งงานหลักของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 2 และฝั่งงานของระบบย่อยคือ Reheater ดังแสดงในรูปที่ 3

3.3 การแทนความรู้

หลังจากได้รวบรวมความรู้แล้วจะนำมาสร้างรูปแบบการแทนความรู้ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และจัดทำฐานความรู้ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 แสดงฝั่งงานหลักของโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 3 แสดงฝั่งงานย่อยการคำนวณของ Reheater

3.4 การสร้างฐานความรู้

ส่วนนี้จะเก็บข้อมูลความจริงไว้ในรูปของกฎ ดังเช่น RULES for reheater

IF reheated steam temp. = low, reheated steam temp. control setpoint = low THEN increase reheated steam temp. control setpoint

IF reheated steam temp. = low, reheated steam temp. control setpoint = normal and reheated steam temp. control maximum setpoint = low THEN increase reheated steam temp. control maximum setpoint

IF reheated steam temp. control setpoint = normal and reheated steam temp. control maximum setpoint = normal THEN all reheated steam temp. control setpoint = normal

IF reheated steam temp. = low, all reheated steam temp. control setpoint = normal, and burner tilting = low THEN increase burner tilting

IF reheater heat transfer = low THEN reheater fouling = high

IF air-fuel ratio = low THEN increase air-fuel ratio

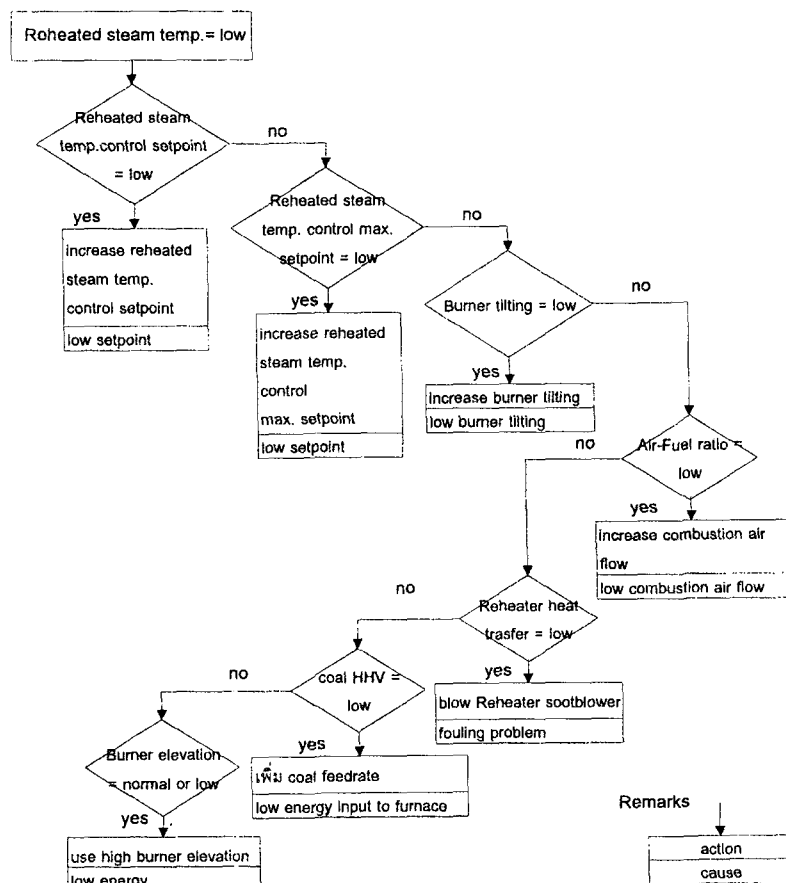
IF coal HHV = low THEN increase coal feedrate

IF coal HHV = lowlow THEN decrease generator output

IF reheated steam temp. < high, reheater fouling = high THEN blow reheater sootblower

IF reheated steam temp. < low, reheater fouling = normal, air-fuel ratio = normal, all reheated steam temp. control setpoint = normal and burner elevation = low THEN use high burner elevation

IF walltube slagging = high, reheated steam temp. < low, burner tilting > low, air-fuel ratio = normal, all reheated steam temp. control setpoint = normal THEN check boiler efficiency



รูปที่ 4 แสดงการแทนความรู้

4. สรุปและวิจารณ์

โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าถ่านหินลิกไนต์ ใช้คำนวณ วิเคราะห์ สมรรถนะและความสูญเสียของหม้อไอน้ำพร้อมทั้งแนะนำทางปฏิบัติที่ถูกต้องให้อย่างรวดเร็ว ทำให้การติดตามควบคุมเครื่องได้สะดวกขึ้นมาก สามารถเดินเครื่องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม เป็นการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใช้เองในประเทศ

1. ผลการคำนวณสมรรถนะของหม้อไอน้ำ แสดงที่จอคอมพิวเตอร์ สามารถติดตามค้นหาได้สะดวก รวดเร็วมาก
2. เมื่อผลการคำนวณ และตรวจสอบแล้วว่าเกินกว่าค่าปกติ จะแสดงมาตรการปฏิบัติที่เหมาะสมให้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถปฏิบัติตามได้อย่างรวดเร็วและทันเหตุการณ์ ลดความผิดพลาดในการตัดสินใจได้มาก
3. ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้จัดทำโดยใช้หลักวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์และอาศัยประสบการณ์ของเชี่ยวชาญ พร้อมทั้งได้ผ่านการทดลองใช้งานแล้วได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้มีความน่าเชื่อถือได้
4. การรายงานข้อมูลสามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบตารางและกราฟ รวมทั้งสามารถเก็บบันทึกและพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้
- 5 สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานสูญเสียลงได้อย่างน้อยถึงปีละ 5 ล้านบาทต่อหนึ่งเครื่องสำหรับหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าขนาด 300 MW รวมทั้งสามารถลดปัญหาหมอกภาวะออกปล่องได้ด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนและให้ทำการทดลองโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญกับหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้า และขอบคุณอาจารย์ บุคลากร รวมทั้งนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Black, W. and Hartley, J. Thermodynamics. Third Edition. HartperCollege Publishers. New York. USA, 1996.
- [2] Driscoll, J. et.al. ASME Performance Test Codes for

Air Heaters. The American Society of Mechanical Engineers. USA, 1968.

- [3] Driscoll, J. et.al. ASME Performance Test Codes for Steam Generating Unit. The American Society of Mechanical Engineers. USA, 1965.
- [4] Holman, J. P. Heat Transfer. Seventh Edition. McGraw-Hill. International. UK, 1990.
- [5] Keating, E. Applied Combustion. Marcel Dekker Inc. New York. USA, 1993.
- [6] Singer, J. Combustion Fossil Power. Fourth Edition. Publ. By Combustion Engineering Inc. USA, 1991.

รายการสัญลักษณ์

BFP	= Boiler Feed Pump
CEP	= Condensate Extraction Pump
Eco	= Economizer
FDF	= Forced Draft Fan
$\dot{m}_{SH,aw}$	= Superheated attemperator water flow (kg/s)
HHV	= Higher heating value (kJ/kg)
IDF	= Induced Draft Fan
MCWP	= Main Cooling Water Pump
PAF	= Primary Air Fan
PAH	= Primary Air Heater
RH	= Reheater
SAH	= Secondary Air Heater
SH	= Superheater
$T_{so,SHLT}$	= Superheater horizontal spaced low temp. assembly outlet steam temp. ($^{\circ}\text{C}$)

