

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์
ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

พิพัฒน์ จวงจันดี

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สิงหาคม 2545

ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์
ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

พิพัฒน์ จวงจันดี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ตะวัน สุจริตกุล

.....กรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

.....กรรมการ
ดร.สุเทพ เลิศศรีมงคล

27 สิงหาคม 2545

©ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้จัดทำสำเร็จลุล่วงไปได้ จากความกรุณาและการช่วยเหลือของรองศาสตราจารย์ ตะวัน สุจริตกุล ศาสตราจารย์ ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ดร.สุเทพ เลิศศรีมงคล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ พลชัย และอาจารย์วัชรชัย วิริยะสุทธีวงศ์ ที่ได้กรุณาให้แนวคิด คำแนะนำ และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ได้แนะนำ สั่งสอน และช่วยเหลืองานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่านที่ได้แนะนำเอกสาร วารสาร ทางวิชาการและช่วยเหลือในการค้นหาเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนเป็นกำลังใจจนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้สนับสนุน ให้ทุนการศึกษาแก่ผู้เขียน ในระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์

ท้ายสุดนี้ หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย และหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้ คงมีประโยชน์ต่อท่าน ผู้สนใจ หรือหน่วยงาน ไม่น่ามากนัก

พิพัฒน์ จวงจันดี

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำ	
	ถ่านหินลิกไนต์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	
ชื่อผู้เขียน	นายพิพัฒน์ จวงจันดี	
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	รศ.ตะวัน สุจริตกุล	ประธานกรรมการ
	ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	กรรมการ
	ดร.สุเทพ เลิศศรีมงคล	กรรมการ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนและปัญหาในการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์ ช่วยในการตัดสินใจ และหามาตรการการปฏิบัติการเดินเครื่องที่เหมาะสม โดยทั่วไปกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายสูงมาก ตัวแปรที่จะใช้ในการตัดสินใจมีจำนวนมาก หลายปัญหาต้องการคำตอบที่รวดเร็วและพร้อมกัน ซึ่งยากที่คนทั่วไปจะทำได้ การควบคุมไม่ทั่วถึงและไม่ทันเหตุการณ์ทำให้เกิดความสูญเสียไปโดยไม่จำเป็น เป็นจำนวนมากอยู่เสมอๆ หลังจากพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญฯ และทดลองใช้งาน พบว่าวิเคราะห์ปัญหาพร้อมทั้งแนะแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้องได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติของโรงไฟฟ้า ทำให้การติดตามควบคุมเครื่องหม้อไอน้ำได้สะดวกมากขึ้น สามารถเดินเครื่องมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม ระบบผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษา วิชาการซีพลัส พลัส 6 ซึ่งสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการวินโดว 98 หรือรุ่นหลังจากนี้ แสดงผลทั้งในรูปแบบตารางและกราฟ จากการทดลองใช้งาน สามารถลดการสูญเสียพลังงานลงเป็นเงินอย่างน้อยปีละประมาณ 1.92 ล้านบาทต่อเครื่อง หรือคิดเป็นปีละประมาณ 11.5 ล้านบาทต่อ 6 เครื่องสำหรับหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าขนาด 300 MW โดยเดินเครื่องเพียงร้อยละ 80 ของปี สถาปัตยกรรมของระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยส่วนสำคัญ 7 ส่วนคือ หน่วยความจำใช้งาน ฐานความรู้ ส่วนเพิ่มเติมความรู้ ส่วนสอบถามความรู้ ส่วนวินิจฉัย ส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้ และส่วนให้คำอธิบาย การแทนความรู้ในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญฯ จัดทำเป็นฐานกฎ ผลการทดลองสามารถวินิจฉัยได้สอดคล้องกับวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญฯ ถึงร้อยละ 75.83

Thesis Title	Expert System for Boiler Operation in Mae Moh Lignite Power Plant.	
Author	Mr.Pipat Juangjandee	
M.Eng.	Mechanical Engineering	
Examining Committee	Assoc. Prof. Thawan Sucharitakul	Chairman
	Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat	Member
	Dr. Suthep Lertsrimongkol	Member

ABSTRACT

This thesis presents the development and design of an expert system for boiler operation and analysis in Mae Moh lignite power plant. In 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, which can run on Windows 98 or later versions. This expert system can helps operators to reduce operating cost at least 1.92 million Baht per year per unit or 11.5 million Baht per year for 6 units at 80% period of each year. An expert system architecture is composed of seven parts such as working memory, knowledge base, a knowledge acquisition module, a knowledge query module, an inference engine, an user interface unit and explanation module. The expert system experimental results is 75.83 percent accuracy when compared with human expert diagnosis.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
หลักการ	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4

บทที่ 2 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

2.1 สภาพทั่วไป	8
2.2 กระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	8
2.3 ข้อมูลอุปกรณ์ทั่วไปของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	10
2.4 เชื้อเพลิง	12
2.5 การคำนวณสมรรถนะ	13
2.6 ระบบบันทึกข้อมูลของโรงไฟฟ้า	46

บทที่ 3 ทฤษฎีของระบบผู้เชี่ยวชาญ	
3.1 ข้อแตกต่างระหว่างโปรแกรมธรรมดา กับ โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ	48
3.2 ความแตกต่างระหว่างความรู้กับข้อมูล	49
3.3 ส่วนประกอบของระบบผู้เชี่ยวชาญ	50
3.4 ปัญหาสำคัญในสาขาปัญญาประดิษฐ์	51
3.5 วิศวกรรมความรู้	52
3.6 ประเภทของความรู้	53
3.7 การแสดงความรู้ในรูปของกฎ	53
3.8 การออกแบบกลไกการอนุมานความรู้	55
3.9 เทคนิคการทำงานของกลไกการอนุมาน	55
3.10 การอนุมาน	56
3.11 หลักการออกแบบฐานความรู้	58
3.12 การค้นหา	61
บทที่ 4 การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ	
4.1 หน้าที่ของวิศวกรรมความรู้	66
4.2 กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ	67
4.3 กระบวนการถอดความรู้	69
4.4 การสร้างต้นแบบ	69
4.5 การทดสอบและปรับปรุงระบบ	69
4.6 การออกแบบและพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับเดินเครื่องหม้อไอน้ำ โรงไฟฟ้า	70
บทที่ 5 การทดลองการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญ	
5.1 ทดลองเปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญ	

5.2 ทดลองระบบผู้เชี่ยวชาญ	92
	หน้า
บทที่ 6 บทสรุป	
6.1 สรุปผลการวิจัย	101
6.2 ปัญหาที่พบ	102
6.3 ข้อเสนอแนะ	103
บรรณานุกรม	104
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ	108
ภาคผนวก ข กฎที่ใช้ทดสอบเปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญ	125
ภาคผนวก ค อักษรย่อและสัญลักษณ์	132
ภาคผนวก ง ข้อปฏิบัติการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 8-13	139
ภาคผนวก จ ชี้แจงสิ่งแนบ รหัสต้นฉบับของระบบผู้เชี่ยวชาญ	144
ประวัติผู้เขียน	145

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 การสูญเสียความร้อนของหม้อไอน้ำ เครื่องที่ 13 (เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2542)	2
2.1 ข้อมูลทั่วไปของหม้อไอน้ำและอุปกรณ์ประกอบ	11
2.2 ข้อมูลทั่วไปของกังหันและอุปกรณ์ประกอบ	11
2.3 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และอุปกรณ์ประกอบ	12
2.4 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite analysis, as received)	13
3.1 ผลสรุปข้อแตกต่างระหว่างโปรแกรมธรรมดา กับโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ	50
3.2 กฎการอนุมานพื้นฐานที่ใช้ในระบบฐานกฎ	55
3.3 รายการของกฎ	60
5.1 ตาราง 3 คุณ 3 สำหรับทดสอบเปลี่ยนระบบผู้เชี่ยวชาญ	87
5.2 ผลการกรอกตัวเลขเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 33 ในตาราง	89
5.2 ผลการกรอกตัวเลขเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 3 ในตาราง	90
5.4 ผลการกรอกตัวเลขเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 11 ในตาราง	91
5.5 ผลการกรอกตัวเลขเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 31 ในตาราง	92
5.6 ผลการทดลองระบบผู้เชี่ยวชาญ	93
5.7 ข้อมูลการสูญเสียความร้อนบางรายการในหม้อไอน้ำ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545	98

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 8-13	9
2.2 ตำแหน่ง ทิศทางการไหลของน้ำและไอน้ำผ่าน เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในหม้อไอน้ำ	10
2.3 ทิศทางการไหลของพลังงานในหม้อไอน้ำ	12
2.4 สมดุลพลังงานของหม้อไอน้ำ	14
2.5 ทิศทางการไหลของถ่านหิน อากาศเข้าหม้อไอน้ำ แก๊สไอเสียร้อนออกจาก หม้อไอน้ำ	15
2.6 ทิศทางการไหลของอากาศและแก๊สไอเสียในหม้อไอน้ำ	18
2.7 ทิศทางและอัตราการไหลของอากาศผ่านเครื่องอุ่นอากาศ	19
2.8 ทิศทางการไหลของอากาศผ่านโม้เข้าเตาเผา	20
2.9 การแลกเปลี่ยนความร้อนใน PAH	21
2.10 การแลกเปลี่ยนความร้อนใน SAH	28
2.11 การกระจายอุณหภูมิสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	36
2.12 โครงสร้างระบบคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 8-13	47
3.1 ลักษณะโปรแกรมธรรมดากับโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ	49
3.2 โครงสร้างของระบบโปรดัคชัน	54
3.3 กลไกการอนุมานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญ	55
3.4 ฟังก์ชันแสดงขั้นตอนการอนุมานเป็นห่วงโซ่แบบไปหน้า	56
3.5 กระบวนการอนุมานเป็นห่วงโซ่แบบไปหน้า	57
3.6 กระบวนการอนุมานเป็นห่วงโซ่แบบย้อนหลัง	58
3.7 การค้นหาแบบลึกก่อน	62

3.8	การค้นหาแบบกว้างก่อน	63
รูป		หน้า
4.1	กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ	67
4.2	องค์ประกอบการทำงานของผู้เชี่ยวชาญ	70
4.3	องค์ประกอบการควบคุมการเดินเครื่องหม้อไอน้ำของผู้เชี่ยวชาญ	71
4.4	วิศวกรรมความรู้ ของการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ สำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	77
4.5	สถาปัตยกรรมระบบผู้เชี่ยวชาญต้นแบบ	78
4.6	ฟังก์ชันของกลไกการอนุมานเป็นห่วงโซ่แบบไปหน้าของระบบผู้เชี่ยวชาญ สำหรับการเดินเครื่องหม้อไอน้ำถ่านหินลิกไนต์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	80
4.7	ฟังก์ชันของความรู้เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำที่ออกเครื่องให้ความร้อนซ้ำ มีค่าต่ำกว่าปกติ	81
4.8	ฟังก์ชันการทำงานประมวลผลภาษาธรรมชาติ	85
5.1	การใส่ความจริง โดยใส่เลข 6 ลงในเซลล์ 33 ให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ	88
5.2	ผลการอนุมานเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 33 ในตาราง	89
5.3	การใส่ความจริง โดยใส่เลข 6 ลงในเซลล์ 13 ให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ	89
5.4	ผลการอนุมานเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 13 ในตาราง	90
5.5	การใส่ความจริง โดยใส่เลข 6 ลงในเซลล์ 11 ให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ	90
5.6	ผลการอนุมานเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 11 ในตาราง	91
5.7	การใส่ความจริง โดยใส่เลข 6 ลงในเซลล์ 31 ให้เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ	91
5.8	ผลการอนุมานเมื่อใส่ตัวเลข 6 ให้เซลล์ 31 ในตาราง	92
5.9	อุณหภูมิของแก๊สไอเสียร้อนที่ผ่าน ESP1 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 13	94
5.10	อุณหภูมิของแก๊สไอเสียร้อนที่ผ่าน ESP2 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 13	94
5.11	ประสิทธิภาพอุณหภูมิภาพแสดงด้วยตัวเลขของหม้อไอน้ำ ของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และของยูนิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 13	95
5.12	กราฟประสิทธิภาพอุณหภูมิของหม้อไอน้ำ ของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และของยูนิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 13	95
5.13	ผลการวิเคราะห์ปัญหาในระบบหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เครื่องที่ 13 โดยระบบผู้เชี่ยวชาญ	96

รูป	หน้า
5.14 แนะนำข้อปฏิบัติการเดินเครื่อง โดยระบบผู้เชี่ยวชาญ	97
ก.1 หน้าแรกของระบบผู้เชี่ยวชาญ	108
ก.2 เมนูหลัก และเลือกโหลดข้อมูล	109
ก.3 จอภาพของการเลือกเปิดแฟ้มข้อมูล	109
ก.4 ข้อมูลดิบที่บันทึกโดยเครื่องบันทึกอัตโนมัติของโรงไฟฟ้า	110
ก.5 ไดอะแกรมของข้อมูลพื้นฐาน	111
ก.6 เมนูเลือกเปิดข้อมูลพื้นฐาน	111
ก.7 การเปิดเมนูวิวกูกราฟของแก๊สไอเสีย	112
ก.8 กราฟข้อมูลของแก๊สไอเสีย	112
ก.9 ข้อมูลดิบรายชั่วโมงพร้อมค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย	113
ก.10 กราฟการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ควรจะเป็นตลอด 24 ชั่วโมง ของอุณหภูมิแก๊สไอเสียร้อนที่ออกจาก ESP1	113
ก.11 สมรรถนะของโรงไฟฟ้าด้วยตัวเลข ตลอด 24 ชั่วโมง	114
ก.12 กราฟแสดงผลสมรรถนะของโรงไฟฟ้า ตลอด 24 ชั่วโมง	114
ก.13 ผลการคำนวณพลังงานของโรงไฟฟ้า ที่เวลา 05.00 น.	115
ก.14 ผลการคำนวณสมรรถนะของโรงไฟฟ้า ที่เวลา 05.00 น.	115
ก.15 ผลการคำนวณพลังงานของหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าพร้อมตำแหน่ง ของการใช้พลังงาน ที่เวลา 01.00 น.	116
ก.16 ผลการวิเคราะห์หาแหล่งของปัญหาที่เวลา 05.00 น. ของวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2544	116
ก.17 ผลการอนุมานหาข้อปฏิบัติการเดินเครื่องหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้า	117
ก.18 เมนูเครื่องมือ	118
ก.19 ผลการคำนวณ คุณสมบัติของไอน้ำอัดตัว เมื่อป้อนค่าความดัน	118
ก.20 ผลการคำนวณ คุณสมบัติของไอน้ำที่สถานะไอคง หลังป้อนค่าความดัน และอุณหภูมิ	119
ก.21 ผลการคำนวณคุณสมบัติของ น้ำที่สถานะความดันและอุณหภูมิสูง หลังป้อนค่าความดันและอุณหภูมิ	120

รูป	หน้า
ก.21 สมรรถนะของโรงไฟฟ้าที่ควรจะเป็น เมื่อป้อนค่า Boiler capacity	121
ก.22 แสดงเปลือกกระบวนผู้เชี่ยวชาญ	121