การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1

นายวีระพงษ์ ประสาทศิลปิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-639-980-2
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENERGY CONSERVATION IN ELECTRICAL PRODUCTION: A CASE STUDY OF SOUTH BANGKOK COMBINED CYCLE PLANT BLOCK I

Mr. Weerapong Prasartsillphin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic year 1998

ISBN 974-639-980-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่1
โดย	นายวีระพงษ์ ประสาทศิลปิน
ภาควิชา	วิศกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายวิษณุ พิจิตบันดาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณ บดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นายวิษณุ พิจิตบันดาล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วีระพงษ์ ประสาทศิลปิน : การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า: กรณีศึกษา โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 (ENERGY CONSERVATION IN ELECTRICAL PRODUCTION: A CASE STUDY OF SOUTH BANGKOK COMBINED CYCLE PLANT BLOCK I) อ. ที่ปรึกษา : ศ. อัมพิกา ไกรฤทธิ์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายวิษณุ พิจิตบันดาล, 189 หน้า.
ISBN 974-639-980-2

ในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานจำนวนมากในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการศึกษานี้ ได้ศึกษาการใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันก๊าซในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ซึ่งใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานหลัก จากการศึกษาคุณลักษณะทางสมรรถนะของเครื่องกังหันก๊าซ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของในอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานจำนวนมากในกระบวนการผลิตกระแสกังหันก๊าซ คือ ระดับความสูง ความดันอากาศเข้า ความดันไอเสีย อุณหภูมิที่ทางเข้าคอมเพรสเซอร์ ความสะอาดคอมเพรสเซอร์ การเสื่อมสภาพของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้คือ ความสะอาดของคอมเพรสเซอร์ โดยการทดสอบค่าสมรรถนะในระหว่างเดินเครื่องเป็นระยะทุกเดือนเทียบกับค่า Baseline ดูแนวโน้มของกำลังผลิตที่ตกลง และ อัตราส่วนความร้อน (Heat Rate) ที่เพิ่มขึ้น และ ประเมินค่าสมรรถนะเพื่อล้างทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์ การรักษาสมรรถนะของกังหันก๊าซให้มีสภาพดี มีผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องดี และอัตราส่วนความร้อนหรือความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิตมีค่าต่ำลง

จากการดำเนินการในปี 2540 กังหันก๊าซ CT-101 มีกำลังผลิตโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าปี 2539 เท่ากับ + 296 กิโลวัตต์ และค่า Heat Rate ต่ำลงกว่าปี 2539 เท่ากับ - 211.45 กิโลจูล/กิโลวัตต์-ช.ม. ส่วน CT-102 มีกำลังผลิตโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าปี 2539 เท่ากับ + 295 กิโลวัตต์ และค่า Heat Rate ต่ำลงกว่าปี 2539 เท่ากับ - 147.13 กิโลจูล/กิโลวัตต์-ช.ม. ซึ่งทั้ง CT-101 และ CT-102 นั้น สามารถประหยัดพลังงานได้แต่ละเครื่อง เท่ากับ 175,723.62 ล้านกิโลจูล/ปี และ 119,306.10 ล้านกิโลจูล/ปี ตามลำดับ คิดเป็นพลังงานที่ CT-101 และ CT-102 ประหยัดได้เท่ากับ 1.797 % และ 1.243 % ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C816928 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: ENERGY CONSERVATION / ELECTRICAL PRODUCTION

WEERAPONG PRASARTSILLPHIN : ENERGY CONSERVATION IN ELECTRICAL PRODUCTION : A CASE STUDY OF SOUTH BANGKOK COMBINED CYCLE PLANT BLOCK I , ELECTRICITY GENERATING OF THAILAND. THESIS ADVISOR : PROF. AMPIKA KRAIRIT , MR.VISNU PHIJITBANDARN, 189 pp. ISBN 974-639-980-2

Electricity generating is an industrial that consume must more fuel in its process. This study aims to research how South Bangkok Combined Cycle Power Plant uses natural gas as its primary fuel in the Electricity generating. From the performance study at gas turbine states that Altitude , Inlet Pressure , Exhaust pressure , Compressor inlet temperature , Cleanliness of Compressor and Compressor Degradation are factors affect to gas Turbine Performance definitely. However , the factor of compressor cleanliness is capable control by testing its performance during plant operating in every months. At this point , the result is Compared to Baseline rate which can predict the tendency of the decreased capacity and the increased heat rate. Besides , the performance Rate is also be considered in order to start compressor water washing. To keep good rate of Gas Turbine performance in beneficial for power plant because it causes high efficiency and decreases heat rate or fuel lost per capacity unit.

As mention above , CT-101 has started its operation in 1997 , the finding is the average capacity is higher than the capacity in 1996 (+ 296 kW) and heat rate is lower than the rate in former year (- 211.45 kJ/kWh) Moreover , the average capacity of CT-102 is higher than the capacity rate in 1996 (+ 295 kW) and heat rate is lower than the rate in the previous year. Therefore , both CT-101 & CT-102 can save energy of 175,723.62 MkJ/year (Million kilojoule per year) and 119,306.10 MkJ/year respectively. The summation is the energy conservation of CT-101 & CT-102 are 1.797 % and 1.243 % respectively.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ศาสตราจารย์อัมพิกา ไกรฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ท่านผู้จัดการฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าพระนครใต้ คุณวิษณุ พิจิตบันดาล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้สละเวลาอันมีค่าช่วยเหลือ แนะนำ และให้คำปรึกษา ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ รวมทั้ง ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ผู้เป็นประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร และอาจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา ผู้เป็นกรรมการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้ให้คำแนะนำมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และคุณนงลักษณ์ จิรชัยโศภิต ที่ได้ผลักดันและสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เขียนมีความมานะพยายามจนสามารถสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

นายวีระพงษ์ ประสาทศิลปิน

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

1.6 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 การศึกษาการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม พระนครใต้ ชุดที่ 1

2.1 สภาพขององค์กร..... 32

2.2 กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า..... 41

2.3 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1 50

2.4 การใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าตัวอย่าง..... 49

บทที่ 3 การประหยัดพลังงานในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1

3.1 แนวทางการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า 66

3.2 พิจารณาคุณสมบัติทางสมรรถนะของเครื่อง MSS9001E 70

3.3 การประเมินค่าสมรรถนะของกังหันก๊าซ MS9001E 82

3.4 การปรับปรุงค่าสมรรถนะของเครื่องกังหันก๊าซ 87

3.5 การสูญเสียพลังงานในคอนเดนเซอร์ 105

บทที่ 4 วิเคราะห์และประเมินผล

4.1 เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องกังหันก๊าซ..... 111

4.2 เปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงและอัตราส่วนการใช้เชื้อเพลิงต่อหน่วยผลิต.... 139

4.3 มาตรฐานการสูญเสียในเครื่องควบแน่นของกังหันไอน้ำ 140

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 153
รายการอ้างอิง..... 161
ภาคผนวก..... 163
ภาคผนวก ก. 164
ภาคผนวก ข. 180
ประวัติผู้เขียน..... 189

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สรุปข้อดีข้อเสียของเครื่องกังหันก๊าซ เมื่อเปรียบเทียบกับกังหันไอน้ำ	19
1.2	เปรียบเทียบประสิทธิภาพคาร์โนของวงจรต่างๆ	25
2.1	กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าระหว่างปีงบประมาณ 2540 – 2549	32
2.2	กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ	39
2.3	มาตรฐานสภาวะแวดล้อมสำหรับกังหันก๊าซ	50
2.4	เปรียบเทียบสมรรถนะของกังหันก๊าซที่สภาวะแวดล้อม ISO และ Site Condition	52
2.5	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2538 (โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1)	58
2.6	ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตปี 2538	59
2.7	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตปี 2539	60
2.8	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2539	61
2.9	ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตปี 2539	62
2.10	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในประบวนการผลิตในปี 2539	63
2.11	การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	64
2.12	การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆ ของกังหันก๊าซ	64
2.13	การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆ ของกังหันไอน้ำ	65
3.1	น้ำยาล้างคอมเพรสเซอร์ที่ได้รับการรับรองจากบริษัท GE แล้ว	90
3.2	มาตรฐานการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์ของกังหันก๊าซ	97
3.3	แผนการตรวจสอบอุปกรณ์ของ GT-11 และ GT-12	99
3.4	คู่มือทดสอบการสูญเสียในเครื่องควบแน่น	110
4.1	อัตราส่วนความร้อนและกำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-101 ปีงบประมาณ 2539	117
4.2	อัตราส่วนความร้อนและกำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-102 ปีงบประมาณ 2539	118
4.3	อัตราส่วนความร้อนและกำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-101 ปีงบประมาณ 2540	121
4.4	อัตราส่วนความร้อนและกำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-102 ปีงบประมาณ 2540	122
4.5	ชั่วโมงเดินเครื่องที่กำลังผลิตลดลงจาก ~ 105 MW -> ~ 104 MW	125
4.6	จำนวนชั่วโมงเดินเครื่องที่กำลังผลิตลดลงจาก ~ 105 MW -> ~ 103 MW	125
4.7	ชั่วโมงเดินเครื่องที่กำลังผลิตลดลงจาก ~ 105 MW -> ~ 102 MW	126
4.8	กำลังการผลิตที่ลดลงกับผลผลิตที่สูญเสียในการหยุดเครื่อง	126
4.9	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2540	130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.10 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในประบวนการผลิตในปี 2540..... . 131

4.11 ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตปี 2540..... .132

4.12 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2539 (CT-101)..... . 133

4.13 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2539 (CT-102)..... 134

4.14 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2540 (CT-101)..... 135

4.15 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตไฟฟ้าในปี 2540 (CT-102)..... 136

4.16 การใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติต่อหน่วยผลิตของ CT-101 ปี 2539 และปี 2540.... . 137

4.17 การใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติต่อหน่วยผลิตของ CT-102 ปี 2539 และปี 2540.....138

4.18 แฟคเตอร์สำหรับ Losses ของ TG. Set.....141

4.19 ค่า U_b ของ Tube Diameter < 20 mm..... 142

4.20 ค่า U_b ของ Tube Diameter > 20 mm..... 142

4.21 ค่า Wall Thickness (T_w) ตาม SWG..... 143

4.22 Correction factor for CW. Temperature (F_a)..... 143

4.23 Reference Code..... 144

4.24 Correction Factor (F_m)..... 145

4.25 Wall Thickness Code..... 145

4.26 Correction to Saturation for Loads other than Specified MCR..... 148

4.27 ค่า CW. Inlet Temp. และ Factor ที่คำนวณได้..... 149

4.28 ผลการคำนวณค่า t_{sat} & Turbine Exhauster Pressure..... 150

5.1 แสดงกำลังการผลิตและค่า Heat Rate เฉลี่ยในปี 2539 และปี 2540..... 155

5.2 ผลผลิตไฟฟ้าและพลังงานที่ประหยัดได้ในปี 2540 156

5.3 ผลผลิตไฟฟ้าและพลังงานที่ประหยัดได้ในปี 2540 จากผลการผลิตจริง..... 156

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	วงจรการทำงานโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ	7
1.2	วงจรการทำงานของโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ	8
1.3	วงจรการทำงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	8
1.4	ระบบจัดส่งพลังงานไฟฟ้า	9
1.5	Brayton Cycle	11
1.6	การแบ่งประเภทของเครื่องแก๊สเทอร์ไบน์	14
1.7	Flow Diagram อย่างง่ายๆ ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	21
1.8	ประสิทธิภาพของ Gas Turbined และประสิทธิภาพโดยรวม	21
1.9	ประสิทธิกาพวัฏจักรคาร์โน (Carnot Cycle)	22
1.10	Temperature / Entropy Diagram	23
1.11	Temperature / Entropy Diagram ของ Combined Cycle Power Plant	24
1.12	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 1 GT + 1 HRB + 1 ST	27
1.13	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 2 GT + 1 HRB + 1 ST	27
1.14	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 3 GT + 1 HRB + 1 ST	28
1.15	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมแบบ 1 TRAIN = 4 GT + 1 HRB + 1 ST	28
2.1	แผนที่แสดงระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ	37
2.2	โครงสายบังคับบัญชาของธุรกิจผลิตไฟฟ้า 2 โรงไฟฟ้าพระนครใต้	43
2.3	โครงสายบังคับบัญชาฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าพระนครใต้	44
2.4	โครงสายบังคับบัญชาฝ่ายบำรุงรักษา & ฝ่ายธุรการและการเงิน โรงไฟฟ้าพระนครใต้	45
2.5	แผนผังโรงไฟฟ้าพระนครใต้	46
2.6	ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพระนครใต้	47
2.7	ระบบผลิตพลังงานผสมที่จัดแบบวัฏจักรความร้อนร่วมกังหันก๊าซ	49
2.8	ภาพตัดของกังหันก๊าซ MS9001 ของบริษัท GE (General Electric)	51
2.9	ไดอะแกรมแสดงการไหลของ Exhaust Gas	53
2.10	ปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิดในปี 2539	59
2.11	แสดงพลังงานที่ต้องใช่ต่อหน่วยผลิตแต่ละเดือน ในปี 2538	60
2.12	ปริมาณการใช้พลังงานในปี 2539	62
2.13	แสดงพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตแต่ละเดือนในปี 2539	63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงการใช้พลังงานในโรงไฟฟ้าความร้อนร่วมแบบDual pressure	67
3.2	แสดงการใช้พลังงานและการสูญเสียตามปริมาณ	68
3.3	กราฟสมรรถนะของเครื่องกังหันก๊าซ MS9001E รุ่น PG9171 (E)	71
3.4	กราฟแสดงอุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ที่มีผลต่อ Output และ Heat Rate	72
3.5	กราฟแสดงแฟคเตอร์แก้ไขค่าระดับความสูงและความดันบรรยากาศ	73
3.6	กราฟแสดงผลของการปรับ IGV มีผลต่อ Exhaust Flow และ Temperature	74
3.7	กราฟแสดงแฟคเตอร์ แก้ไขค่าความชื้นสัมพัทธ์บนค่า Output และ Heat Rate	75
3.8	กราฟแสดงผลของ Pressure Drop ต่อ Output	76
3.9	กราฟแสดงผลของ Pressure Drop ต่อ Heat Rate	76
3.10	ผลของ Water Injection ต่อพลังงานที่ผลิตได้ (Output)	78
3.11	ผลของ Water Injection ต่อค่า Heat Rate	79
3.12	การเสื่อมทางสมรรถนะของกังหันก๊าซ เนื่องจากการเปรอะเปื้อนของคอมเพรสเซอร์ Blade	80
3.13	ความเสื่อมสภาพทางสมรรถนะของกังหันก๊าซ	81
3.14	การตรวจสอบข้อมูลการประเมินผลสมรรถนะของกังหันก๊าซ	91
3.15	การพิจารณาประเมินสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์	92
3.16	ระบบการล้างคอมเพรสเซอร์แบบ Off-Line Cleaning	93
3.17	ขั้นตอนการทำความสะอาดคอมเพรสเซอร์แบบOff-LineCleaning	94
3.18	แผนภาพของเครื่องคอนเดนเซอร์แบบผิวสัมผัสชนิดท่อ 2 กลับ	109
4.1	อัตราส่วนความร้อนของกังหันก๊าซ CT-101 ในปีงบประมาณ 2539	119
4.2	กำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-101 ในปีงบประมาณ 2539	119
4.3	อัตราส่วนความร้อนของกังหันก๊าซ CT-102 ในปีงบประมาณ 2539	120
4.4	กำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-102 ในปีงบประมาณ 2539	120
4.5	อัตราส่วนความร้อนของกังหันก๊าซ CT-101 ในปีงบประมาณ 2540	123
4.6	กำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-101 ในปีงบประมาณ 2540	123
4.7	อัตราส่วนความร้อนของกังหันก๊าซ CT-102 ในปีงบประมาณ 2540	123
4.8	กำลังผลิตของกังหันก๊าซ CT-102 ในปีงบประมาณ 2540	123

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.9	แสดงระยะเวลากำลังผลิตตกลงและระยะเวลาเดินเครื่องชดเชยหลังหยุดเครื่อง	127
4.10	แสดงพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตแต่ละเดือนในปี 2540	131
4.11	ปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิดในปี 2540	132
4.12	การใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติต่อหน่วยผลิตของ CT-101	137
4.13	การใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติต่อหน่วยผลิตของ CT-102	138
4.14	เป้าหมาย Turbine Exhaust Pressure	151
4.15	สาเหตุการสูญเสียพลังงานในคอนเดนเซอร์ที่เกินเป้าหมาย	152
5.1	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการล้างคอมเพรสเซอร์กับพลังงานที่ประหยัดได้	157