

การประหยัดพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า:
กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมพระนครใต้ ชุดที่ 1



นายวีระพงษ์ ประสาทศิลป์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
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 ชุดที่ 1

โดย

นายวิระพงษ์ ประสาทศิลป์

ภาควิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม


อาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

นายวิษณุ พิจิตบันดาล

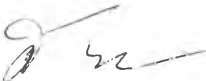
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คุณ บดีบัณฑิตวิทยาลัย

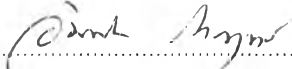
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์




ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ อัมพิกา ไกรฤทธิ)



อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นายวิษณุ พิจิตบันดาล)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วีระพงษ์ ประสาทศิลป์ : 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 ไกรฤทธิ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายวิษณุ พิจิตบันดาล, 189 หน้า.
ISBN 974-639-980-2

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

จากการดำเนินการในปี 2540 กังหันก๊าซ CT-101 มีกำลังผลิตโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าปี 2539 เท่ากับ + 296 กิโลวัตต์ และค่า Heat Rate ต่ำลงกว่าปี 2539 เท่ากับ - 211.45 กิโลจูล/กิโลวัตต์-ชม. ส่วน CT-102 มีกำลังผลิตโดยเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าปี 2539 เท่ากับ + 295 กิโลวัตต์ และค่า Heat Rate ต่ำลงกว่าปี 2539 เท่ากับ - 147.13 กิโลจูล/กิโลวัตต์-ชม. 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 ประหยัดได้ เท่ากับ 1.797 % และ 1.243 % ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
UP ๑๑.๑๖๖

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

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

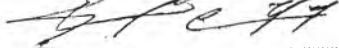
Electricity generating is an industrial that consume must more fuel in its process. This study aims to research how South Bangkok Combined Cycle Power Plant uses natural gas as its primary fuel in the Electricity generating. From the performance study at gas turbine states that Altitude , Inlet Pressure , 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.

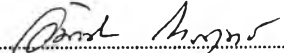
As mention above , CT-101 has started its operation in 1997 , the finding is the average capacity is higher than the capacity in 1996 (+ 296 kW) and heat rate is lower than the rate in former year (- 211.45 kJ/kWh) Moreover , the average capacity of CT-102 is higher than the capacity rate in 1996 (+ 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.

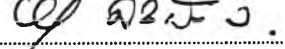
ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 



กิตติกรรมประกาศ

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

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และคุณนงลักษณ์ จิรัชัยไศภิต ที่ได้ผลักดันและสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เขียนมีความมานะพยายามจนสามารถสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

นายวิระพงษ์ ประสาทศิลป์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
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	เปรียบเทียบประสิทธิภาพคาร์บอนของวงจรถ่างๆ.....25
2.1	กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าระหว่างปีงบประมาณ 2540 – 2549.....32
2.2	กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ.....39
2.3	มาตรฐานสถานะแวดล้อมสำหรับกังหันก๊าซ.....50
2.4	เปรียบเทียบสมรรถนะของกังหันก๊าซที่สถานะแวดล้อม 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	ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตในปี 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 ปริมาณการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตในปี 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 แฟลคเตอร์สำหรับ 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	7
1.2	8
1.3	8
1.4	9
1.5	11
1.6	14
1.7	21
1.8	21
1.9	22
1.10	23
1.11	24
1.12	27
1.13	27
1.14	28
1.15	28
2.1	37
2.2	43
2.3	44
2.4	45
2.5	46
2.6	47
2.7	49
2.8	51
2.9	53
2.10	59
2.11	60
2.12	62
2.13	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 กราฟแสดงแฟคเตอร์แก้ไขค่าความชื้นสัมพัทธ์บนค่า 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 เนื่องจากการเปราะเปื้อนของ คอมเพรสเซอร์ 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