

การออกแบบระบบผลิตพลังงานร่วมของโรงงานอุตสาหกรรมเชื่อมเรียงกับข่ายการไฟฟ้า

น.ส. จันทน์ รุ่งเรืองพิทยากุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-430-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15592

117495635

OPTIMIZATION OF COGENERATION SYSTEM IN AN INDUSTRIAL PLANT
CONNECTED TO A UTILITY GRID

Miss Jantanee Rungrangpitayagon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-430-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออดิโอไมซ์ระบบผลิตพลังงานร่วมของโรงงานอุตสาหกรรมเชื่อมโยง กับข่ายการไฟฟ้า
โดย	น.ส. จันทน์ รุ่งเรืองพิทยากุล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญยกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

.....
 (ศาสตราจารย์ ดร. กถาร วัชรากัย)
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
 (รองศาสตราจารย์ ไพบลย์ ไชยนิล)
 ประธานกรรมการ

.....
 (ศาสตราจารย์ ดร. จรรยา บุญยกุล)
 อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)
 กรรมการ

.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. กฤธร ติลบรรเลง)
 กรรมการ

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

จันท์ รุ่งเรืองพิทยากุล : การออกแบบระบบผลิตพลังงานรวมของโรงงานอุตสาหกรรม
เชื่อมโยงกับข่ายการไฟฟ้า (OPTIMIZATION OF COGENERATION SYSTEM IN AN
INDUSTRIAL PLANT CONNECTED TO A UTILITY GRID) อ.ที่ปรึกษา :
ศ.ดร.จรรยา บุญยุบล, 160 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอผลของการวิเคราะห์หาจุดทำงานเพื่อให้ผลแบบออปติ멈สำหรับระบบ
ผลิตพลังงานรวมที่เชื่อมโยงกับข่ายการไฟฟ้า ในการวิเคราะห์หาจุดทำงานของระบบเพื่อให้ได้ผลแบบ
ออปติ멈นี้ ได้ใช้เทคนิคการออกแบบ โดยการใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบ
ทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงทำการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบ

จากการศึกษาระบบผลิตพลังงานรวมของโรงงานตัวอย่างพบว่า เราสามารถวิเคราะห์หาจุด
ทำงานที่เหมาะสมได้ด้วยเทคนิคการออกแบบ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงผลกระทบของตัวประกอบต่าง ๆ
จากภายนอกซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนแปลงราคาของเชื้อเพลิงและค่าไฟฟ้า การเสื่อมประสิทธิภาพของการ
ผลิตไอน้ำและไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไอน้ำ เป็นต้น เพื่อที่ว่าตัวประกอบเหล่านี้จะ
ทำให้จุดการทำงานของระบบมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
ปีการศึกษา ๒๕๕๕.....

ลายมือชื่อนิสิต จันท์ รุ่งเรืองพิทยากุล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร.จรรยา บุญยุบล.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

JANTANEE RUNGRANGPITAYAGON : OPTIMIZATION OF COGENERATION SYSTEM IN AN INDUSTRIAL PLANT CONNECTED TO A UTILITY GRID. THESIS ADVISOR : PROF.CHARUAY BOONYUBOL, Ph.D. 160 PP.

This thesis presents the result of an analysis for determining the optimum operating point of a cogeneration system connected to a utility grid. The analysis utilizes an optimization technique. Firstly a mathematical model of the system is formulated, then a computer program is developed to solve for an optimum operating point of the system.

It is found from the study of a sample factory cogeneration system that the optimization technique can be used to obtain the optimum operating point of a cogeneration system. In the study, effects of external factors, e.g., changes of fuel and electricity costs, decrease in efficiency of boilers and generators and variation of steam usage are taken into consideration when determining the optimum operating point.

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต จันทanee รุ่งรังพิทยากอน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. ชารุาย บุญอุบล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และช่วยเหลือด้านคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของ
การวิจัยด้วยดี รวมทั้งการแนะนำและติดต่อโรงงานตัวอย่างเพื่อขอเข้าชม ตลอดจนการขอ
ข้อมูลเพื่อการศึกษา ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านได้แก่ รองศาสตราจารย์
ไพบุลย์ ไชยนิล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ รองศาสตราจารย์ ดร. กุศล
ศิลป์บรรเลง และอาจารย์ภาควิชาเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำ
แนะนำรวมทั้งข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณคณิน เอกลักษณ์รัตน์
และศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือทางด้านข้อมูลและ
เอกสารประกอบงานวิจัย ขอขอบคุณ คุณสุชิน อรุณสวัสดิ์วงศ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการศึกษา
ทางด้านออปติไมซ์ตลอดจนการเขียนและพัฒนารูปแบบงานวิจัยนี้สามารถคล่องไปด้วยดี
ในขณะที่คุณสุชินศึกษาอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาระบบควบคุม
และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จนี้

ท้ายนี้ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการศึกษาแก่
ผู้เขียนและขอขอบคุณพี่น้องของผู้เขียนที่ได้ให้กำลังใจในการศึกษาเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 บทบาทของระบบผลิตพลังงานร่วมที่มีต่อปัญหา.....	3
1.3 ผลที่ควรได้จากระบบผลิตพลังงานร่วม.....	3
1.4 ความสำคัญของการนำระบบผลิตพลังงานร่วมมาใช้ภายในประเทศ.....	4
วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	5
ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา.....	5
2. รายงานการวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตพลังงานร่วมโดยทั่ว ๆ ไป.....	6
3. ความรู้พื้นฐานโดยทั่วไปของระบบผลิตพลังงานร่วมที่ควรรู้.....	8
3.1 รูปแบบระบบผลิตพลังงานร่วม.....	8
3.2 ขนาดและการทำงานของระบบผลิตพลังงานร่วม.....	15
3.3 การซื้อ-ขายพลังงานของระบบผลิตพลังงานร่วม.....	19
3.4 การเชื่อมโยงระหว่างระบบผลิตพลังงานร่วมกับการไฟฟ้า.....	21
4. การศึกษาระบบผลิตพลังงานร่วม.....	22
4.1 ศึกษางานวิจัยและวิชาการทางด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและจำเป็น.....	22
4.2 ลักษณะของโรงงานอุตสาหกรรมและความเหมาะสมที่จะนำเอาระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใดแบบหนึ่งมาใช้งาน.....	23
4.3 การออกแบบระบบผลิตพลังงานร่วมและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน..	24

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 การเชื่อมโยงระหว่างระบบผลิตพลังงานร่วมกับการไฟฟ้า.....	25
5. การอบต้ไ้ม้ระบบผลิตพลังงานร่วม.....	32
5.1 เทคนิคการอบต้ไ้ม้.....	32
5.2 การจำลองโมเดลระบบผลิตพลังงานร่วมทางคณิตศาสตร์.....	43
5.3 CASE STUDY.....	48
6. บทสรุปของผลการศึกษา.....	63
6.1 ประมวลผลการศึกษา.....	63
6.2 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการศึกษา.....	63
6.3 สรุปผลการศึกษา.....	71
ข้อเสนอแนะ.....	72
เอกสารอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	79
ภาคผนวก ก เทคนิคการสร้างฟังก์ชัน.....	80
ภาคผนวก ข วิธีการใช้โปรแกรม.....	85
ภาคผนวก ค ข้อมูลโรงงานตัวอย่าง.....	88
ภาคผนวก ง ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลโรงงานตัวอย่าง.....	109
ภาคผนวก จ โปรแกรม.....	137
ประวัติผู้เขียน.....	160

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
จ.1	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Power Boiler no.8 ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ110
จ.2	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Power Boiler no.7 ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ110
จ.3	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Recovery Boiler ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ111
จ.4	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Electric Energy ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ111
จ.5	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Turbine no.1 ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ112
จ.6	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Turbine no.2 ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ112
จ.7	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการของ Turbine no.4 ที่เบอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงใด ๆ113
จ.8	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ราคาของเชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ Power Boiler no.8.....114
จ.9	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ราคาของเชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ Power Boiler no.7.....115
จ.10	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง ราคาของเชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
	Recovery Boiler.....116
ง.11	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ ราคาค่าไฟฟ้า.....117
ง.12	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเสื่อมประสิทธิภาพ ในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.1.....118
ง.13	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเสื่อมประสิทธิภาพ ในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.2.....119
ง.14	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเสื่อมประสิทธิภาพ ในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.4.....120
ง.15	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณการใช้ไอน้ำที่ความดัน 10.3 บาร์.....121
ง.16	ตารางแสดงค่าของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการผลิตกำลังไฟฟ้า ณ.จุดทำงานที่เหมาะสมต่าง ๆ เมื่อมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณการใช้ไอน้ำที่ความดัน 2.9 บาร์.....122
ง.17	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบราคาของ เชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ Power Boiler no.8.....123
ง.18	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบราคาของ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
	เชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ Power Boiler no.7.....124
จ.19	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบราคาของ เชื้อเพลิงหรือการเสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไอน้ำ Recovery Boiler.....125
จ.20	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของราคา ค่าไฟฟ้า.....126
จ.21	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของการ เสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.1.....127
จ.22	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของการ เสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.2.....128
จ.23	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของการ เสื่อมประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบผลิตไฟฟ้า Turbine no.4.....129
จ.24	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไอน้ำที่ความดัน 10.3 บาร์.....130
จ.25	ตารางแสดงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่าย อัตราการไหลของไอน้ำและการ ผลิตกำลังไฟฟ้าที่ % ๑๓ ๓ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไอน้ำที่ความดัน 2.9 บาร์.....131
จ.26	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่ายเมื่อค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
	Power Boiler no.8 มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น.....132
จ.27	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่ายเมื่อค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำ Power Boiler no.7 มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น.....132
จ.28	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่ายเมื่อค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำ Recovery Boiler มีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้น.....133
จ.29	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อค่าไฟฟ้าเพิ่ม.....133
จ.30	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อกำลังผลิตไฟฟ้าของ เทอร์โบ เยเนอเรเตอร์TG1 ลดลง.....134
จ.31	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อกำลังผลิตไฟฟ้าของ เทอร์โบ เยเนอเรเตอร์TG2 ลดลง.....134
จ.32	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อกำลังผลิตไฟฟ้าของ เทอร์โบ เยเนอเรเตอร์TG4 ลดลง.....135
จ.33	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อลดปริมาณการใช้น้ำที่ความดัน 10.34 bar.....135
จ.33	ตารางแสดงค่าความไวของค่าใช้จ่าย เมื่อลดปริมาณการใช้น้ำที่ความดัน 2.9 bar.....136

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
3.1.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบ Topping Cycle..... 9
3.1.2	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบ Bottoming Cycle..... 9
3.1.3	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใช้เครื่องยนต์ดีเซล เพื่อผลิตไฟฟ้า 11
3.1.4	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใช้กังหันก๊าซเพื่อผลิตไฟฟ้า..... 11
3.1.5	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบ Combined Cycle..... 13
3.1.6	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใช้กังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า..... 13
3.1.7	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใช้กังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าและ ใช้ความร้อนทิ้ง เป็นแหล่งให้ความร้อน..... 14
3.1.8	บล็อกไดอะแกรมของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบใช้กังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าโดย ใช้ organic liquid แทนน้ำและใช้ความร้อนทิ้ง เป็นแหล่งให้ความร้อน..... 16
3.3.1	การจัดการพลังงานของระบบผลิตพลังงานร่วม..... 17
4.4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างการไฟฟ้า..... 26
4.4.2	การส่งจ่ายไฟฟ้าให้โรงงานอุตสาหกรรม กรณีซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า $P_{Li} > P_{Gi}$ 26
4.4.3	การส่งจ่ายไฟฟ้าให้โรงงานอุตสาหกรรม กรณีจ่ายไฟฟ้าเข้าระบบไฟฟ้าของกฟผ. $P_{Li} < P_{Gi}$ 28
4.4.4	ระบบจำหน่ายแทนด้วยโหลดที่เปลี่ยนแปลงมาก..... 28
4.4.5	ระบบส่งกำลังไฟฟ้าแทนด้วยอินพินิตบัส..... 28
5.1.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการคำนวณโดยวิธี Cubic..... 38
5.1.2	บล็อกไดอะแกรมแสดงการคำนวณโดยวิธี Davidon-Fletcher-Powell..... 39
5.1.3	บล็อกไดอะแกรมแสดงการคำนวณโดยวิธี Penalty..... 42
5.2.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงรายละเอียดของระบบผลิตพลังงานร่วมแบบ Topping Cycle เพื่อใช้ในการจำลองโมเดลสมการทางคณิตศาสตร์..... 44
5.3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบผลิตพลังงานร่วมของโรงงานตัวอย่าง..... 49
ก	บล็อกไดอะแกรมแสดงการคำนวณโดยวิธี Linear Regression..... 84