

การจัดสรรกำลังการผลิตไฟฟ้าและบริการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้า
ในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น



นายวีรพันธุ์ รักรวิชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-347-307-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19914A48

๕ ๓ ก.ย. 2546

ENERGY AND ANCILLARY SERVICE DISPATCH IN A POOL MARKET
WITH LINEAR PROGRAMMING METHOD

Mr. Veerapant Rukvichai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

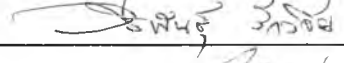
Academic Year 2000

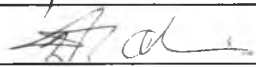
ISBN 974-347-307-6

วีรพันธุ์ รักรวิชัย : การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าและบริการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้าในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น (ENERGY AND ANCILLARY SERVICE DISPATCH IN A POOL MARKET WITH LINEAR PROGRAMMING METHOD)

อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 204 หน้า. ISBN 974-347-307-6

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งพิจารณาเงื่อนไขและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าและความผันผวนของราคาสินค้าไฟฟ้าอันประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า กำลังผลิตพร้อมจ่าย และการควบคุมการผลิตอัตโนมัติ ในการศึกษาจะใช้แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อศึกษาถึงผลของเงื่อนไขต่างๆ ที่มีต่อการจัดสรรกำลังผลิตรวมของระบบ เช่น อัตราการเพิ่มและลดระดับกำลังผลิต ความสามารถในการจ่ายกำลังผลิตสำรอง ตลอดจนการเสนอขายสินค้าไฟฟ้าแต่ละประเภทที่มีผลต่อการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยโปรแกรมเชิงเส้นในการแก้ปัญหา ซึ่งคาดว่า ผลจากการศึกษาดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์และใช้ประกอบในการพิจารณาหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าของไทยในอนาคตต่อไป

ภาควิชา _____ วิศวกรรมไฟฟ้า _____ ลายมือชื่อนิสิต 

สาขาวิชา _____ วิศวกรรมไฟฟ้า _____ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

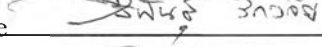
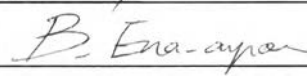
ปีการศึกษา _____ 2543 _____ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

4270548421: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: POWER POOL / ISO / LINEAR PROGRAMMING / CLEARING PRICE / ANCILLARY SERVICE

VEERAPANT RUKVICHAI : ENERGY AND ANCILLARY SERVICE DISPATCH IN A POOL MARKET WITH LINEAR PROGRAMMING METHOD. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D. 204 pp. ISBN 974-347-307-6

This thesis presents energy and ancillary service dispatch based on linear programming method, which takes into account constraints having impacts on dispatched generation and electricity prices variation. In this thesis the ancillary service comprises contingency reserve and automatic generation control (AGC). A generating unit model with adjusted operating power is employed to represent ancillary service capability. In addition, ramp rate of each unit and variation of price bidding are considered during dispatched intervals. The test results with a 6-unit system could be used as indicators to obtain an appropriated market rules for the future Thailand power pool.

Department Electrical Engineering Student's signature 
Field of study Electrical Engineering Advisor's signature 
Academic year 2000 Co-advisor's signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเป็นที่เรียบร้อย

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. จรวาย บุญยุบล รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร อาจารย์ ไชยะ แซ่มซ้อย และ คุณวุฒินันท์ สุรพลชัย ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบพลังงานทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาทำการวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ และญาติพี่น้องทุกคน ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการศึกษา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จการศึกษาด้วยดี

วีรพันธุ์ รักรวิชัย

มีนาคม 2544

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงาน	3
1.4 ขอบเขตการวิจัยของวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	3
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์	4
2. การสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา.....	6
2.1 ตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าในต่างประเทศ.....	6
2.2 ตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้าในประเทศไทย	8
2.3 เทคนิควิธีการจัดสรรพลังงานไฟฟ้าและบริการเสริมความมั่นคงฯ.....	9
2.3.1 ระบบตัวอย่างที่จะทำการจัดสรรกำลังผลิต.....	9
2.3.2 วิธีการจัดสรรกำลังผลิตแบบแยกชนิดสินค้า	10
2.3.3 วิธีการจัดสรรกำลังผลิตแบบเรียงลำดับ	12
2.3.4 วิธีการจัดสรรกำลังผลิตร่วมกัน	13
3. การจัดสรรกำลังผลิตในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า.....	16
3.1 ภาพรวมของตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า	16
3.2 หลักการในการคิดราคาค่าไฟฟ้าของตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า	16
3.3 ประเภทสินค้าที่จะทำการจัดสรรในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า	17
3.4 การเสนอขายพลังงานไฟฟ้าและบริการเสริมความมั่นคง ของระบบไฟฟ้า	18
3.5 ข้อกำหนดที่สำคัญของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าในตลาดจริง	20
3.6 การจัดสรรกำลังการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีโปรแกรมเชิงเส้น	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.7	การกำหนดราคาไฟฟ้าจากค่า Lagrange Multiplier 21
3.8	ข้อกำหนดของระบบที่จะใช้ในการศึกษา 24
3.8.1	ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า 25
3.8.2	ข้อกำหนดสำหรับภาพรวมของระบบไฟฟ้า 25
3.9	การจัดสรรกำลังการผลิตโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น 26
3.9.1	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ 26
3.9.2	ขนาดกำลังผลิตประจำช่วง 28
3.9.3	สมคูลกำลังไฟฟ้า 28
3.9.4	อัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังผลิต 29
3.9.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและ บริการเสริมความมั่นคงฯ 29
3.9.6	เงื่อนไขเชิงระบบ 31
3.10	การสร้างแบบจำลองการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าด้วย วิธีโปรแกรมเชิงเส้น 32
4.	แบบจำลองการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าในตลาดไฟฟ้า 37
4.1	การเสนอราคาประมูลขายไฟฟ้าในตลาดไฟฟ้า 38
4.2	การพยากรณ์โหลด 39
4.3	แบบจำลองในการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า 44
4.4	แบบจำลองชุดที่ 1 50
4.5	แบบจำลองชุดที่ 2 51
4.6	แบบจำลองชุดที่ 3 53
4.7	แบบจำลองชุดที่ 4 57
5.	การจัดสรรกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและกำลังผลิตพร้อมจ่าย 59
5.1	โครงสร้างข้อมูล 59
5.2	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 61
5.3	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 2 66
5.4	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 3 77
5.5	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 4 87
5.6	วิธีคำนวณและความหมายของราคาค่าไฟฟ้า 96

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

6. การจัดสรรกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้า กำลังผลิตพร้อมจ่าย และการควบคุมการผลิตอัตโนมัติ.....	99
6.1 โครงสร้างข้อมูล	99
6.2 ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1	101
6.3 ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 2	103
6.4 ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 3	109
6.5 ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 4	118
6.6 วิธีคำนวณและความหมายของราคาค่าไฟฟ้า	123
6.7 เปรียบเทียบผลการจัดสรรกำลังผลิต.....	126
7. ทางเลือกในการกำหนดราคาค่าไฟฟ้า.....	127
7.1 ความหมายของกำลังผลิตและราคาหน่วยสุดท้าย	127
7.2 หลักเกณฑ์ในการคิดราคาค่าไฟฟ้าของตลาดไฟฟ้าไทยในอนาคต	129
7.3 ค่า Lagrange multiplier ของวิธีโปรแกรมเชิงเส้น และราคาหน่วยสุดท้าย	130
7.4 ทางเลือกในการกำหนดราคาพลังงานไฟฟ้า	130
7.5 ทางเลือกในการคิดราคาบริการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้า	133
7.5.1 การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าและกำลังผลิตพร้อมจ่าย	133
7.5.2 การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า กำลังผลิตพร้อมจ่าย และการควบคุมการผลิตอัตโนมัติ.....	137
8. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	142
8.1 สรุปผลการวิจัย.....	142
8.2 ข้อเสนอแนะ	143
รายการอ้างอิง	144
ภาคผนวก	
ก. การจัดสรรกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและกำลังผลิตพร้อมจ่าย	147
ข. การจัดสรรกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้า AGC และกำลังผลิตพร้อมจ่าย.....	169
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่

2.1	ข้อมูลระบบตัวอย่างที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจำนวน 6 เครื่อง	10
2.2	ผลการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีการจัดสรรกำลังผลิตแยกชนิดสินค้า.....	12
2.3	ผลการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีการจัดสรรกำลังผลิตแบบเรียงลำดับ	13
2.4	ผลการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีการจัดสรรกำลังผลิตร่วมกัน	14
3.1	ผลการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีการจัดสรรกำลังผลิตร่วมกัน	22
4.1	ตัวอย่างข้อมูลการเสนอขายไฟฟ้าของผู้ขายไฟฟ้ารายหนึ่งที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน M เครื่องในความครอบคลุม	38
4.2	ข้อมูลโหลดของประเทศไทยตลอด 24 ชั่วโมง	41
4.3	ข้อมูลโหลดที่ใช้ในวิทยานิพนธ์เทียบเป็นสัดส่วนกับกำลังผลิตทั้งหมด.....	43
5.1	ข้อมูลการเสนอขายไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า	60
5.2	กำลังไฟฟ้าที่ G4 ได้รับความจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 2 (ด้วยค่า ramp rate ชุดที่ 1).....	68
5.3	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองชุดที่ 1 และ 2.....	70
5.4	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP และ CRCP จากแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	73
5.5	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 2	75
5.6	กำลังไฟฟ้า(EMW)และกำลังผลิตพร้อมจ่าย(CRMW) ที่ G4 ได้รับความจัดสรร จาก แบบจำลองที่ 1 และ 3 ชุดที่ 1 (หรือ P _c ชุดที่ 1).....	79
5.7	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	82
5.8	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP และ CRCP จากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	85
5.9	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 3	86
5.10	ผลการจัดสรรกำลังไฟฟ้าของ G4 ที่ได้รับความจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	88
5.11	ผลการจัดสรรกำลังผลิตพร้อมจ่ายของ G4 จากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	89
5.12	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	91
5.13	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP และ CRCP จากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	93
5.14	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	94
6.1	ข้อมูลการเสนอขายไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า.....	100
6.2	เปรียบเทียบผลการจัดสรรสินค้าไฟฟ้าจำนวน 2 และ 3 ชนิดด้วยแบบจำลองที่ 1	103
6.3	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองที่ 1 และ 2 ทั้ง 3 ชุด	104
6.4	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP CRCP และ AGCCP จากแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	107
6.5	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าของแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	108

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้าที่

ตารางที่

6.6	เปรียบเทียบผลการจัดสรรสินค้าไฟฟ้าจำนวน 2 และ 3 ชนิดด้วยแบบจำลองที่ 2	109
6.7	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองที่ 1 และ 3 ทั้ง 3 ชุด	112
6.8	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP CRCP และ AGCCP จากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	115
6.9	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าของแบบจำลองที่ 1 และ 3	116
6.10	เปรียบเทียบผลการจัดสรรสินค้าไฟฟ้าจำนวน 2 และ 3 ชนิดด้วยแบบจำลองที่ 3.....	117
6.11	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของระบบจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	118
6.12	ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของ ECP CRCP และ AGCCP จากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	121
6.13	ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของราคาสินค้าไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	122
6.14	เปรียบเทียบผลการจัดสรรสินค้าไฟฟ้าจำนวน 2 และ 3 ชนิดด้วยแบบจำลองที่ 4.....	123
7.1	ข้อมูลการเสนอขายไฟฟ้าในตลาดที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 เครื่อง	127
7.2	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเท่ากับ 120 MW.....	128
7.3	ผลการจัดสรรกำลังผลิตเมื่อละเลยข้อกำหนดกำลังผลิตต่ำสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	128
7.4	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า กรณีโหลดเท่ากับ 121 MW	129
7.5	ผลการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยแบบจำลองที่ 4 ในหัวข้อ 5.6.....	131
7.6	เปรียบเทียบมูลค่าทั้งหมดของปริมาณพลังงานไฟฟ้าตลอดวันด้วยวิธีที่ 1 และ 2	132
7.7	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและความผันผวนของราคาพลังงานไฟฟ้า.....	133
7.8	ความแตกต่างในการจัดสรรกำลังผลิตสินค้าไฟฟ้า 2 ประเภทของวิธีที่ 1 และ 2	134
7.9	ราคาสินค้าไฟฟ้า 2 ประเภทที่ได้จากการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีที่ 1 และ 2.....	135
7.10	แสดงราคาสินค้าไฟฟ้าเฉลี่ยของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีที่ 1 และ 2.....	136
7.11	ความแตกต่างในการจัดสรรกำลังผลิตสินค้าไฟฟ้า 3 ประเภทของวิธีที่ 1 และ 2	138
7.12	ราคาสินค้าไฟฟ้า 3 ประเภทที่ได้จากการจัดสรรกำลังผลิตด้วยวิธีที่ 1 และ 2.....	139
7.13	แสดงราคาสินค้าไฟฟ้าเฉลี่ยของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีที่ 1 และ 2.....	140

สารบัญญภาพ

หน้าที่

รูปที่

2.1 การเรียง stacked bid block ที่ผู้ผลิตไฟฟ้าทำการเสนอขายจากราคาต่ำสุด จนกระทั่งกำลังผลิตไฟฟ้าเพียงพอที่จะจ่ายโหลดของระบบ.....	11
3.1 กราฟแสดงกระบวนการคิดราคาค่าไฟฟ้าของตลาดซื้อขายไฟฟ้า.....	17
3.2 กราฟการเสนอขายพลังงานไฟฟ้าหรือบริการเสริมความมั่นคง	19
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้ากับการควบคุมการผลิตอัตโนมัติ	30
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้ากับกำลังผลิตพร้อมจ่าย	30
4.1 กราฟโหลดของประเทศไทยตลอด 24 ชั่วโมง	42
4.2 กราฟโหลดตลอด 24 ชั่วโมงที่ใช้ในวิทยานิพนธ์.....	42
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตพลังงานไฟฟ้าและบริการเสริมความมั่นคงฯ.....	55
5.1 กราฟความต้องการโหลดและกำลังผลิตพร้อมจ่ายของระบบไฟฟ้า.....	61
5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของสินค้าทั้ง 2 ประเภทจากแบบจำลองที่ 1.....	62
5.3 ราคาสินค้าไฟฟ้ายรายชั่วโมงจากแบบจำลองที่ 1	63
5.4 กำลังไฟฟ้ายรายชั่วโมงจากแบบจำลองที่ 1	65
5.5 กำลังผลิตพร้อมจ่ายรายชั่วโมงจากแบบจำลองที่ 1	65
5.6 กำลังไฟฟ้าของ G4 ที่ได้รับจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 2 (ด้วย ramp rate ชุดที่ 1)...	69
5.7 การเพิ่มและลดกำลังผลิตของ G4 (%) เทียบกับกำลังผลิตสูงสุด.....	69
5.8 ราคากำลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 2 (ด้วย ramp rate ชุดที่ 1).....	72
5.9 ราคา กำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 และ 2 (ด้วย ramp rate ชุดที่ 1).....	72
5.10 กำลังไฟฟ้าของ G4 ที่ได้รับจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 3 (ค่า P_c ชุดที่ 1)	80
5.11 กำลังผลิตพร้อมจ่ายของ G4 ที่ได้รับจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	80
5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและกำลังผลิตพร้อมจ่ายที่ G4 ได้รับจัดสรรจาก แบบจำลองที่ 1 และ 3 (ด้วยค่า P_c ชุดที่ 1).....	81
5.13 ราคากำลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 3 (ค่า P_c ชุดที่ 1)	84
5.14 ราคา กำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 และ 3 (ค่า P_c ชุดที่ 1).....	84
5.15 ผลการจัดสรรกำลังไฟฟ้าของ G4 จากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	90
5.16 ผลการจัดสรรกำลังผลิตพร้อมจ่ายของ G4 จากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	90
5.17 ราคากำลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	92
5.18 ราคา กำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	92
6.1 กราฟความต้องการโหลด กำลังผลิตพร้อมจ่ายและการควบคุมฯ อัตโนมัติ	100

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้าที่

รูปที่

6.2	ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของสินค้าทั้ง 3 ประเภทจากแบบจำลองที่ 1.....	101
6.3	ราคาสินค้าไฟฟ้ารายชั่วโมงจากแบบจำลองที่ 1.....	102
6.4	ราคาพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	105
6.5	ราคากำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	105
6.6	ราคาการควบคุมการผลิตอัตโนมัติจากแบบจำลองที่ 1 และ 2.....	106
6.7	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าและกำลังผลิตพร้อมจ่ายที่ G4 ได้รับ การจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 3	110
6.8	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังผลิตไฟฟ้าและการควบคุมการผลิตอัตโนมัติที่ G4 ได้รับ การจัดสรรจากแบบจำลองที่ 1 และ 3	111
6.9	ราคาพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 และ 3	113
6.10	ราคากำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	113
6.11	ราคาการควบคุมการผลิตอัตโนมัติจากแบบจำลองที่ 1 และ 3.....	114
6.12	ราคาพลังงานไฟฟ้าจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4.....	119
6.13	ราคากำลังผลิตพร้อมจ่ายจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	120
6.14	ราคาการควบคุมการผลิตอัตโนมัติจากแบบจำลองที่ 1 ถึง 4	120
7.1	ราคาพลังงานไฟฟ้าของวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2	131