

การคิดราคาในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า



นาย สุรชัย ชัยทัศนีย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0248-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ELECTRICITY PRICING IN POWER POOL

Mr. Surachai Chaitusaney

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 2001


ISBN 974-17-0248-5

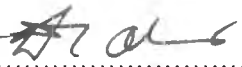
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคิดราคาในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า
โดย นาย สุรชัย ชัยทัศน์ย์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

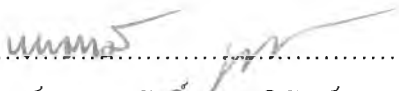
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

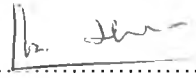
.....  คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

.....  กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ชุณหพิพัฒน์)

.....  กรรมการ
(อาจารย์ ดร.แนบบุญ หุ่นเจริญ)

สุรชัย ชัยทัศนีย์ : การคิดราคาในตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า (ELECTRICITY PRICING IN POWER POOL) อ. ที่ปรึกษา รศ.ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ 134 หน้า ISBN 974-17-0248-5

โครงสร้างกิจการไฟฟ้าของไทยในปัจจุบันเป็นระบบค่อนข้างผูกขาด ซึ่งยังไม่มีการแข่งขันในการซื้อขายไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามหากมีการจัดตั้งตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า (Power pool) ขึ้น กิจกรรมต่างๆในการซื้อขายไฟฟ้าจะสามารถเป็นไปอย่างอิสระโดยผ่านตลาดกลางนี้ ซึ่งกลุ่มสมาชิกในตลาดจะทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการซื้อขายไฟฟ้า การเกิดขึ้นของตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้านี้ ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือเอกชนต้องมีการศึกษา เตรียมพร้อม และปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ตลาดกลางการซื้อขายไฟฟ้า วิธีการที่สามารถช่วยในการศึกษา เตรียมพร้อม และปรับปรุงแก้ไข คือการจำลองสถานการณ์ของการเกิดตลาดกลางการซื้อขายไฟฟ้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการจำลองการจัดสรรกำลังการผลิตอันประกอบด้วยวิธีการทั่วไป และ วิธีการที่พิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริงที่สมาชิกในตลาดใช้ในการซื้อขายด้วย โดยมีวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการจัดสรรกำลังการผลิตเพื่อให้ได้ผลประโยชน์รวมของระบบสูงที่สุด สำหรับแต่ละวิธีการที่ได้พิจารณานี้ได้แบ่งเป็นกรณีที่ใช้ไฟฟ้าในระบบมีและไม่มีควมยืดหยุ่น โดยเทคนิคการคำนวณที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาจะอาศัยเทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น จากนั้นจึงเป็นการคำนวณราคาไฟฟ้าสำหรับสมาชิกในตลาด ทั้งราคาไฟฟ้าแบบโนดและแบบโซน โดยราคาไฟฟ้าแบบโนดจะเป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผลการจัดสรรกำลังการผลิต ส่วนราคาไฟฟ้าแบบโซนนั้นจะได้ออกจากการเฉลี่ยราคาไฟฟ้าแบบโนดตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบัสต่างๆในกลุ่มบัส ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการแบ่งกลุ่มบัสไว้ 3 วิธีการ คือ การแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ การแบ่งตามความใกล้กันทางไฟฟ้า และ การแบ่งตามตัวประกอบการกระจายความแออัดของสายส่ง นอกจากการคำนวณราคาไฟฟ้าในส่วนของราคาไฟฟ้าแล้ว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังเสนอวิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งสำหรับการซื้อขายไฟฟ้าในตลาดกลางอีกด้วย ระบบทดสอบขนาด 9 บัส และระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 30 บัส ได้นำมาใช้ทดสอบการจัดสรรกำลังการผลิตและการคำนวณราคาไฟฟ้า

ภาควิชา _____ วิศวกรรมไฟฟ้า _____ ลายมือชื่อนิสิต _____ สุชัย ชัยทัศนีย์
สาขาวิชา _____ วิศวกรรมไฟฟ้า _____ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____ *AOLC
ปีการศึกษา _____ 2544 _____ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

437-05840-21 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : POWER POOL / ELECTRIC POWER DISPATCH / ELASTIC
DEMAND / SOCIAL WELFARE / ELECTRICITY PRICING
SURACHAI CHAITUSANEY : ELECTRICITY PRICING
IN POWER POOL
ADVISOR : ASSOC. PROF BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D.
134 pp. ISBN 974-17-0248-5

At present, electric supply industries in Thailand are vertically integrated. However, if the power pool is constituted, the electricity trading activities can be carried out by market participants. In this sense, it causes all the concerned entities, i.e. state-owned and private entities, to conduct pre-study, prepare, and adapt themselves to participate in the pool. The computer simulation of power pool operation is normally employed to support the entities for these purposes.

This thesis proposes the simulation models of the electric power dispatches. The proposed models can be categorized into two categories, i.e. normal and real-price models. The objective of the electric power dispatch is based on the social welfare maximization. In each model, the purchased electricity can be divided into elastic and inelastic demands. To solve the dispatch problem, the technique employed in this thesis is based on Linear Programming (LP) technique with full AC Newton-Raphson power flow. Then, the pricing mechanism is derived for both nodal and zonal prices. For the nodal prices, they are achieved together with the dispatch results, whereas, the zonal prices are achieved from the averaging approach with respect to the demands at each bus. For clustering the buses into the zones used for the zonal pricing, this thesis proposes the three based methods i.e. geographic clustering, electrical distance clustering, and congestion distribution factors clustering. In addition to the nodal and zonal pricings, the method for allocating the transmission cost for the pool market structure is also proposed. The developed methods are tested with the 9 bus and IEEE 30 bus test systems. Satisfactory results are obtained

Department Electrical Engineering Student's signature Surachai Chaitusaney
Field of study Electrical Engineering Advisor's signature B. Eva-arporn
Academic year 2001 Co-Advisor's signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีมาตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาจนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ ดร. ทรงศักดิ์ ชุมนพิพัฒน์ และ ดร. แนนบุญ หุณเจริญ ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ที่ให้กำลังใจตลอดมา ตลอดจน พี่ น้อง และ เพื่อนๆ ทุกคนที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

นาย สุรชัย ชัยทัศนีย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	3
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	3
2. ความรู้พื้นฐานตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า และการคำนวณออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์.....	5
2.1 ความรู้พื้นฐานตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า.....	5
2.1.1 โครงสร้างและความสัมพันธ์ของตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า	5
2.1.2 ตัวอย่างข้อมูลการเสนอซื้อและเสนอขายไฟฟ้า.....	8
2.2 การคำนวณออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์.....	9
2.2.1 วิธีการคำนวณในการวิเคราะห์ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์.....	10
2.2.2 การวิเคราะห์โหนดโฟลว์.....	15
3. การคำนวณการจัดสรรกำลังการผลิต.....	20
3.1 การจัดสรรกำลังการผลิตโดยทั่วไป.....	20
3.1.1 การจัดสรรกำลังการผลิต ที่ไม่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป.....	23
3.1.2 การจัดสรรกำลังการผลิต ที่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.2 การจัดสรรกำลังการผลิต โดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	30
3.2.1 การจัดสรรกำลังการผลิตที่ไม่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	31
3.2.2 การจัดสรรกำลังการผลิตที่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	32
3.3 การคำนวณความไวของกำลังสูญเสีย และความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง.....	35
3.3.1 การคำนวณความไวของกำลังสูญเสียในระบบ เมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าบัสต่างๆ.....	35
3.3.2 การคำนวณความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง เมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าสุทธิที่จ่ายเข้าบัสต่างๆ.....	39
4. การคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โนดและแบบ โชน.....	44
4.1 การคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โนด.....	44
4.1.1 การคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โนด สำหรับการจัดสรรกำลังการผลิตโดยทั่วไป.....	45
4.1.2 การคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โนด สำหรับการจัดสรรกำลังการผลิตโดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	49
4.2 ความหมายของราคาไฟฟ้าแบบ โนด.....	54
4.2.1 ความหมายของราคาไฟฟ้าแบบ โนด สำหรับการจัดสรรกำลังการผลิตโดยทั่วไป.....	54
4.2.2 ความหมายของราคาไฟฟ้าแบบ โนด สำหรับการจัดสรรกำลังการผลิตโดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	55
4.3 การคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โชน.....	57
4.4 การแบ่งกลุ่มบัสเพื่อใช้ในการคำนวณราคาไฟฟ้าแบบ โชน.....	58
4.4.1 การเปรียบเทียบวิธีการแบ่งกลุ่มบัส.....	58
4.4.2 แนวคิดและหลักการในการพิจารณาแบ่งกลุ่มบัส.....	59
5. การคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง.....	67
5.1 ภาพรวมของการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง.....	67
5.1.1 Embedded cost method.....	68

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.1.2 Incremental cost method.....	69
5.2 วิธีการคำนวณราคาค่าใช้สายส่งที่นำเสนอ.....	70
6. ผลการทดสอบ.....	75
6.1 การทดสอบการจัดสรรกำลังการผลิต	
ด้วยระบบทดสอบขนาด 9 บัส.....	76
6.1.1 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาโนด	
กรณีที่ระบบส่งไม่มีความแออัด.....	77
6.1.2 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาโนด	
กรณีที่ระบบส่งมีความแออัด.....	81
6.2 การทดสอบการจัดสรรกำลังการผลิต	
ด้วยระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 30 บัส.....	86
6.2.1 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาโนด	
กรณีที่ระบบส่งไม่มีความแออัด.....	87
6.2.2 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาโนด	
กรณีที่ระบบส่งมีความแออัด.....	93
6.3 การทดสอบการคำนวณราคาไฟฟ้าโซน.....	99
6.3.1 ระบบทดสอบขนาด 9 บัส.....	100
6.3.2 ระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 30 บัส.....	103
6.4 การทดสอบการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง.....	108
6.4.1 ระบบทดสอบขนาด 9 บัส.....	108
6.4.2 ระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE 30 บัส.....	108
6.5 การเปรียบเทียบผลการจัดสรรกำลังการผลิต.....	111
6.5.1 การเปรียบเทียบกับร่างกฎตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า.....	111
6.5.2 การเปรียบเทียบกับโปรแกรม MATPOWER.....	113
7. สรุปและข้อเสนอแนะ	
7.1 สรุปผลการวิจัย.....	117
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	118
รายการอ้างอิง.....	119
ภาคผนวก.....	122
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.16 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาไฟฟ้าโนด ที่ไม่มีคามยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป.....	93
6.17 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาไฟฟ้าโนด ที่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป.....	94
6.18 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาไฟฟ้าโนด ที่ไม่มีคามยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	95
6.19 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตและราคาไฟฟ้าโนด ที่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	96
6.20 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตทั้งหมดและผลทางด้านการเงิน.....	97
6.21 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคาสำหรับกรณีฐาน.....	101
6.22 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคา สำหรับกรณีเกิดความแออัดบนสายส่งเส้นที่ 8.....	101
6.23 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคา สำหรับกรณีไม่เกิดความแออัดขึ้นบนสายส่ง.....	102
6.24 สรุปค่าความเบี่ยงเบนรวมทุกบ้ำทุกกรณีของแต่ละวิธีการแบ่งกลุ่มบัส.....	103
6.25 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคาสำหรับกรณีฐาน.....	105
6.26 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคา สำหรับกรณีเกิดความแออัดบนสายส่งเส้นที่ 5.....	105
6.27 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคา สำหรับกรณีเกิดความแออัดบนสายส่งเส้นที่ 14.....	105
6.28 ผลของราคาโซนและค่าความเบี่ยงเบนของราคา สำหรับกรณีไม่เกิดความแออัดขึ้นบนสายส่ง.....	106
6.29 สรุปค่าความเบี่ยงเบนรวมทุกบ้ำทุกกรณีของแต่ละวิธีการแบ่งกลุ่มบัส.....	106
6.30 ผลการจัดสรรกำลังการผลิต และ ราคาค่าใช้สายส่ง.....	108
6.31 ผลการจัดสรรกำลังการผลิต และ ราคาค่าใช้สายส่ง.....	109
6.32 ผลการจัดสรรกำลังการผลิต และ ราคาไฟฟ้าโนด ที่ไม่มีคามยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยวิธีจากร่างกฏตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า.....	111
6.33 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตทั้งหมดและผลทางด้านการเงิน.....	112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.34 ผลการจัดสรรกำลังการผลิต และ ราคาไฟฟ้าโนด ที่ไม่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าโดยโปรแกรม MATPOWER.....	114
6.35 ผลการจัดสรรกำลังการผลิตทั้งหมดและผลทางด้านการเงิน.....	115

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า	
2.1	โครงสร้างและความสัมพันธ์ของตลาดกลางซื้อขายไฟฟ้า.....	6
2.2	ตัวอย่างข้อมูลการเสนอราคาซื้อไฟฟ้า.....	8
2.3	ตัวอย่างข้อมูลการเสนอราคาขายไฟฟ้า.....	8
2.4	การเคลื่อนจุดคำตอบไปตามจุดยอดต่างๆ จนถึงจุดคำตอบสุดท้าย.....	14
2.5	การเคลื่อนจุดคำตอบภายใน Feasible Region จนถึงจุดคำตอบสุดท้าย.....	14
2.6	ขั้นตอนการคำนวณโหลดโพล์ด้วยวิธี นิวตัน-ราฟสัน.....	14
3.1	ผลประโยชน์รวมของระบบ.....	25
3.2	Flowchart สรุปขั้นตอนการคำนวณการจัดสรรกำลังการผลิตโดยทั่วไป.....	29
3.3	ความแตกต่างของราคาไฟฟ้าโนด และ MCP และ พื้นที่ที่ได้รับ สำหรับกรณีที่ไม่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า.....	30
3.4	ความแตกต่างของราคาไฟฟ้าโนด และ MCP และ พื้นที่ที่ได้รับ สำหรับกรณีที่มีความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า.....	31
3.5	ขั้นตอนการคำนวณการจัดสรรกำลังการผลิตโดยพิจารณาถึงราคาไฟฟ้าจริง.....	34
3.6	แบบจำลองสายส่ง.....	39
5.1	Flowchart สรุปขั้นตอนการคำนวณราคาค่าใช้สายส่ง โดยอาศัยค่าความไวของกำลังไฟฟ้าที่ไหลบนสายส่ง.....	73
6.1	ระบบทดสอบขนาด 9 บัส.....	76
6.2	ระบบทดสอบ IEEE ขนาด 30 บัส.....	86