มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยการพิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในประเทศไทย

นายกรเทวินทร์ บุญช่วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL CRITICAL PEAK PRICING SCHEME FOR DEMAND RESPONSE WITH CONSIDERATION OF MARGINAL GENERATION COST IN THAILAND

Mr. Korntewin Boonchuay

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยการพิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในประเทศไทย
โดย	นายกรเทวินทร์ บุญช่วย
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย ชัยทัศนีย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. สันต์ สัมปัตตะวนิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย ชัยทัศนีย์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ภูวนารถ ชุณหปราณ)

กรเทวินทร์ บุญช่วย : มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยการพิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในประเทศไทย (OPTIMAL CRITICAL PEAK PRICING SCHEME FOR DEMAND RESPONSE WITH CONSIDERATION OF MARGINAL GENERATION COST IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. สุรชัย ชัยทัศนีย์, 160 หน้า.

ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี เนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและพลังงาน ประกอบกับปัญหาที่สำคัญในด้านพลังงานของประเทศไทยคือก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการขุดเจาะที่อ่าวไทย และ จากพื้นที่พัฒนาร่วม ไทย-มาเลเซียกำลังจะหมดลงในอีก 4-5 ปี ทำให้ปี พ.ศ. 2564-2566 จำเป็นต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติเหลวซึ่งมีราคาแพงและมีราคาที่ค่อนข้างผันผวน ดังนั้นสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) และ คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะเข้ามามีบทบาทในกิจการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคตเพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่มีราคาสูง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเกณฑ์ในการเรียกใช้มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม และวิธีการคำนวณอัตราค่าชดเชยที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติโดยพิจารณาต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะถูกคำนวณโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้สวัสดิการสังคม (Social Welfare) สูงสุดด้วยวิธี Quadratic Programming โดยพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย และพิจารณาการจ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงของเขื่อนในประเทศเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้า ระบบทดสอบที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือระบบผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย และความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 ของปี พ.ศ. 2560 ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะพบว่าหากมีการเรียกใช้มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะทำให้สวัสดิการสังคมหรือผลประโยชน์ของประเทศโดยรวมมีค่าสูงขึ้นเป็นที่น่าพอใจ และปัจจัยหลักที่มีผลต่อการคำนวณคือประเภทของผู้เข้าร่วมมาตรการและต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในระบบไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5870104221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEYWORDS: DEMAND RESPONSE, CRITICAL PEAK PRICING, MARGINAL GENERATION COST, OPTIMAL CRITICAL PEAK PRICING SCHEME

KORNTEWIN BOONCHUAY: OPTIMAL CRITICAL PEAK PRICING SCHEME FOR DEMAND RESPONSE WITH CONSIDERATION OF MARGINAL GENERATION COST IN THAILAND. ADVISOR: PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SURACHAI CHAITUSANEY, Ph.D., 160 pp.

Electricity consumption in Thailand is increasing every year due to economic and industrial growth. Such problem combines with major energy crisis in Thailand which is natural gas shortage in 4-5 years in the future. As a result, Thailand's electricity generation system has to rely on Liquefied Natural Gas, which is expensive to generate electricity in the future. Therefore, Energy Regulatory Commission (ERC) plans to use Demand Response, which consists of Critical Peak Pricing (CPP) to mitigate this energy crisis and to reduce marginal generation cost.

This thesis proposes criteria to select appropriate day for triggering Critical Peak Pricing Scheme and methodology to calculate optimal Critical Peak Price of Critical Peak Pricing Scheme with consideration of marginal generation cost in Thailand. Critical Peak Price is calculated based on social welfare maximization using Quadratic Programming in MATLAB program. Electricity consumptions in peak period are supplied by dam in Thailand's generation system which help reduce marginal generation cost. This thesis uses the forecasted data of Thailand's electricity consumption, generation system and types 3 and 4 of customer's electricity consumption in 2016. The obtained results illustrates the benefit of Critical Peak Pricing Scheme by reducing dispatch cost of generation system and increasing social welfare. Main factors of Critical Peak Price calculation are type of participants and marginal generation cost in CPP period.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Electrical Engineering	Student's Signature .....
Field of Study:	Electrical Engineering	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย ชัยทัศนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาจนสำเร็จเรียบร้อย ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์ ดร. สันต์ สัมปัตตะวนิช และดร. ภูวนารถ ชุณหปราณ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงเจริญพระชนมายุครบ ๗๒ พรรษา และ ทุน ๙๐ ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจตลอดจนรุ่นพี่ และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ 3

1.6 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ 4

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า และ โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 7

2.1 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้า 7

2.2 การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า 10

2.3 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า 13

2.4 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 13

บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 16

3.1 นิยามและหลักการของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 16

3.1.1 นิยามและองค์ประกอบของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 16

3.1.2 ประเภทของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า และ การเปรียบเทียบประสิทธิผลของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 18

3.1.3 เป้าหมายทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า 25
3.2.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า.....26
3.2.2 แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า.....27
บทที่ 4 ทฤษฎีพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ และ การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า.....33
4.1 แนวคิดพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์.....33
4.2 การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้า.....39
บทที่ 5 วิธีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ.....41
5.1 ลักษณะของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ 43
5.2 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด 46
5.2.1 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด.....47
5.2.2 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด 51
5.2.3 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า.....53
5.3 แบบจำลองการกระจายผลประโยชน์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า.....54
5.4 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ที่เหมาะสม.....55
5.4.1 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าไม่มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า 56
5.4.2 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า 56
บทที่ 6 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....60
6.1 กลุ่มข้อมูลของความต้องการใช้ไฟฟ้า.....60
6.2 กลุ่มข้อมูลของระบบไฟฟ้า 64
6.3 กลุ่มข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ 65

หน้า

บทที่ 7 ผลการทดสอบ 68
7.1 ผลลัพธ์การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560 68
7.2 ผลลัพธ์การกำหนดช่วงเวลาและจำนวนวันที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ 71
7.3 ผลลัพธ์การกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP 79
7.4 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุดในปี พ.ศ. 2560 83
7.4.1 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม เมื่อผู้เข้าร่วมมาตรการคือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 83
7.4.2 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม เมื่อผู้เข้าร่วมมาตรการคือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค... 118
บทที่ 8 สรุป และ ข้อเสนอแนะ 153
รายการอ้างอิง 158
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 160

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน 8
รูปที่ 2.2 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในประเทศไทย 14
รูปที่ 2.3 รายละเอียดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 15
รูปที่ 2.4 การสะท้อนต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริง 15
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบโดยทั่วไปของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2558a) 17
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างอัตราค่าไฟฟ้าประเภท CPP เทียบกับ อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU 19
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างอัตราค่าไฟฟ้าประเภท RTP เทียบกับ อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU 19
รูปที่ 3.4 ผลลัพธ์การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโครงการนำร่องต่างๆ ในประเทศแคนาดา และ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Ahmad Faruqui and Sanem Sergici, 2009) 21
รูปที่ 3.5 ผลลัพธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย 24
รูปที่ 3.6 การเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า 25
รูปที่ 3.7 อัตราส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท (Commission) 26
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างเส้นอุปสงค์ของผู้บริโภค 34
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างเส้นอุปทานของผู้ผลิต 35
รูปที่ 4.3 ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า 36
รูปที่ 4.4 ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า 36
รูปที่ 4.5 สวัสดิการสังคม 37
รูปที่ 4.6 การสูญเสียผลประโยชน์ของสังคม 38
รูปที่ 5.1 แผนภาพของขั้นตอนการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ 42
รูปที่ 5.2 ผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อมีการลดหน่วยขายไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าอัตราจำหน่ายไฟฟ้า 44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5.3 การสูญเสียผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อมีการลดหน่วยขายไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าอัตราจำหน่ายไฟฟ้า 45

รูปที่ 5.4 ขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้ CPP 46

รูปที่ 6.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 61

รูปที่ 6.2 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง การไฟฟ้านครหลวง 61

รูปที่ 6.3 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ การไฟฟ้านครหลวง 62

รูปที่ 6.4 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 62

รูปที่ 6.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 63

รูปที่ 7.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยทุก 30 นาทีในวันที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของปี พ.ศ. 2554 – เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 69

รูปที่ 7.2 ตัวอย่างค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568 70

รูปที่ 7.3 ตัวอย่างการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและพลังงานทดแทน ปี พ.ศ. 2560 71

รูปที่ 7.4 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดเดือนในปี พ.ศ. 2554 - 2559 72

รูปที่ 7.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559 72

รูปที่ 7.6 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559 73

รูปที่ 7.7 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559 73

รูปที่ 7.8 ความถี่ของการเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 - 2559 75

รูปที่ 7.9 ความถี่สะสมของการเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2559 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.10 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิทุก 15 นาทีเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 - 2559 76

รูปที่ 7.11 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิทุก 15 นาทีเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ของปี พ.ศ. 2554 - 2559 77

รูปที่ 7.12 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2558 78

รูปที่ 7.13 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2559 78

รูปที่ 7.14 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 80

รูปที่ 7.15 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 81

รูปที่ 7.16 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 22:00 – 23:00 82

รูปที่ 7.17 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPPเมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 84

รูปที่ 7.18 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1....85

รูปที่ 7.19 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1....85

รูปที่ 7.20 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1....86

รูปที่ 7.21 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1....87

รูปที่ 7.22 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 7.23 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 88

รูปที่ 7.24 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 89

รูปที่ 7.25 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 89

รูปที่ 7.26 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 90

รูปที่ 7.27 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 91

รูปที่ 7.28 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 91

รูปที่ 7.29 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 92

รูปที่ 7.30 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 93

รูปที่ 7.31 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 93

รูปที่ 7.32 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 7.33 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 95

รูปที่ 7.34 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 96

รูปที่ 7.35 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 97

รูปที่ 7.36 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 97

รูปที่ 7.37 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 98

รูปที่ 7.38 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 99

รูปที่ 7.39 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 99

รูปที่ 7.40 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 100

รูปที่ 7.41 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 101

รูปที่ 7.42 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 101

รูปที่ 7.43 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 102

รูปที่ 7.44 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 103

รูปที่ 7.45 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 103

รูปที่ 7.46 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 104

รูปที่ 7.47 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 105

รูปที่ 7.48 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1 105

รูปที่ 7.49 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 107

รูปที่ 7.50 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.51 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 108

รูปที่ 7.52 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 109

รูปที่ 7.53 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 110

รูปที่ 7.54 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 110

รูปที่ 7.55 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 111

รูปที่ 7.56 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 112

รูปที่ 7.57 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 112

รูปที่ 7.58 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 113

รูปที่ 7.59 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.60 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 115

รูปที่ 7.61 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 115

รูปที่ 7.62 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 116

รูปที่ 7.63 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 117

รูปที่ 7.64 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1 117

รูปที่ 7.65 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPPเมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 119

รูปที่ 7.66 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 120

รูปที่ 7.67 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 120

รูปที่ 7.68 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 121

รูปที่ 7.69 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.70 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 122

รูปที่ 7.71 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 123

รูปที่ 7.72 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 124

รูปที่ 7.73 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 124

รูปที่ 7.74 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดกรณีที่ 2..... 125

รูปที่ 7.75 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 126

รูปที่ 7.76 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 126

รูปที่ 7.77 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 127

รูปที่ 7.78 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 128

รูปที่ 7.79 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2..... 128

รูปที่ 7.80 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2 129

รูปที่ 7.81 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPPเมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 130

รูปที่ 7.82 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 131

รูปที่ 7.83 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 132

รูปที่ 7.84 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 132

รูปที่ 7.85 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 133

รูปที่ 7.86 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 134

รูปที่ 7.87 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 134

รูปที่ 7.88 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2..... 135

รูปที่ 7.89 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 136

รูปที่ 7.90 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 136

รูปที่ 7.91 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 137

รูปที่ 7.92 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 138

รูปที่ 7.93 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 138

รูปที่ 7.94 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 139

รูปที่ 7.95 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 140

รูปที่ 7.96 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2 140

รูปที่ 7.97 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPPเมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 142

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.98 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 143

รูปที่ 7.99 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 143

รูปที่ 7.100 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 144

รูปที่ 7.101 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 145

รูปที่ 7.102 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 145

รูปที่ 7.103 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 146

รูปที่ 7.104 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 147

รูปที่ 7.105 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 147

รูปที่ 7.106 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 2 148

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 7.107 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 149

รูปที่ 7.108 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 149

รูปที่ 7.109 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 150

รูปที่ 7.110 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 151

รูปที่ 7.111 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 151

รูปที่ 7.112 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2 152

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ลำดับศักยภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ในโครงการนำร่องของประเทศแคนาดา และ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Ahmad Faruqui and Sanem Sergici, 2009) 21

ตารางที่ 3.2 ผลการดำเนินการมาตรการ CPP จากบริษัท Pacific Gas and Electric ในปี พ.ศ. 2556 22

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ 28

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ 29

ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชันพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า 32

ตารางที่ 6.1 กรณีทดสอบสำหรับคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม 63

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง 64

ตารางที่ 6.3 ร้อยละของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า 65

ตารางที่ 6.4 ลำดับราคาค่าเชื้อเพลิง (BP Statistical Review of World Energy, 2016; คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2558b) 66

ตารางที่ 6.5 ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้า 66

ตารางที่ 6.6 ลำดับราคา Variable O&M Cost (NREL, 2016) 67

ตารางที่ 7.1 ตัวปรับคูณสำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568 69

ตารางที่ 7.2 เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาที ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อเดือน และความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาที สูงสุดในรอบปี 74

ตารางที่ 7.3 จำนวนวันที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงกว่าค่าไฟฟ้า TOU ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายต่ำสุด และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดในเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558 - 2559 79

ตารางที่ 7.4 ผลลัพธ์วันที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 สูงกว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak 80

ตารางที่ 7.5 ผลลัพธ์วันที่มีเหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการ CPP จากเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงผลของการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า 82

ตารางที่ 7.6 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1 83

ตารางที่ 7.7 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด 95

ตารางที่ 7.8 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า 106

ตารางที่ 7.9 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU 118

ตารางที่ 7.10 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU 130

ตารางที่ 7.11 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU 141

ตารางที่ 8.1 ผลลัพธ์การค้นหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองของการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ 154

ตารางที่ 8.2 ผลลัพธ์ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนช่วง 2 เดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมมาตรการ CPP 155

ตารางที่ 8.3 ผลลัพธ์การคำนวณผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียและส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต 156

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

เนื้อหาของบทนี้จะนำเสนอที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกๆ ปี เนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและพลังงาน เช่น การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมและพาณิชย์ การเพิ่มขึ้นของโรงแรม และโรงพยาบาล เป็นต้น อีกทั้งปัญหาที่สำคัญในด้านพลังงานของประเทศไทยคือก๊าซธรรมชาติที่ได้จากการขุดเจาะที่อ่าวไทย และจากพื้นที่พัฒนาร่วม ไทย-มาเลเซียกำลังจะหมดลงในอีก 4-5 ปี ทำให้ปี พ.ศ. 2564-2566 จำเป็นต้องนำเข้าก๊าซธรรมชาติเหลวซึ่งมีราคาแพงและมีราคาที่ค่อนข้างผันผวนนั่นเอง [16] รวมถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกยังส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย ขณะที่แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579 [1] ได้มีการกำหนดแผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า และ แผนการปลดโรงไฟฟ้าเพื่อรองรับต่อการเติบโตของความต้องการใช้ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามแผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าดังกล่าวอาจใช้เวลาก่อสร้างยาวนานกว่าที่ได้กำหนดไว้ในแผนเนื่องจากประชาชนในพื้นที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าเกรงว่าจะส่งผลกระทบด้านมลพิษทางอากาศและทางเสียง จำเป็นต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพน้อย และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงในการผลิตไฟฟ้า สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) และคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งจะเข้ามามีบทบาทในกิจการพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในอนาคตเพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่มีราคาสูง โดยหน่วยงานทั้ง 2 แห่งได้ดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความพร้อมสำหรับการดำเนินการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยทั้งด้านนโยบาย ด้านเทคโนโลยี และ ด้านกลไกราคา [2; 3]

มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า คือ การตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าจากฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยความยินยอมของผู้ใช้ไฟฟ้า และเป็นมาตรการสำหรับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า [4] เช่น การปรับลดระบบทำความเย็นและระบายอากาศในบางช่วงเวลาตามแรงจูงใจที่ผู้ดูแลระบบไฟฟ้ามอบให้ ซึ่งต่างจากการดำเนินการ Load Shedding ของระบบป้องกันพิเศษที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยวัตถุประสงค์ของมาตรการความร่วมมือลด

การใช้ไฟฟ้าในบริบทของผู้ผลิตไฟฟ้า และ ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 4 ข้อ [5] คือ 1) ลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากสามารถลดการใช้ไฟฟ้าทดแทนการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูง 2) ลดความเสี่ยงที่จะเกิดความไม่มั่นคงในระบบไฟฟ้า จากกรณีเกิดวิกฤตขาดแคลนแหล่งพลังงาน 3) เพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า เนื่องจากสามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบสายส่ง และ ลดปัญหาความแออัดของระบบ (Network Congestion) 4) สามารถชะลอการก่อสร้างโรงไฟฟ้า เนื่องจากมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าสามารถประพฤติตัวเป็นโรงไฟฟ้าเสมือนได้

อย่างไรก็ตามมาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการขอความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ กล่าวคือ หากอัตราชดเชยของการเรียกใช้มาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าไม่สมเหตุสมผล เช่น อัตราชดเชยมาก หรือ น้อยกว่าที่เกิดประโยชน์ต่อระบบไฟฟ้า การเรียกใช้มาตรการนี้จะไม่สะท้อนให้เห็นถึงประโยชน์ที่แท้จริงต่อระบบไฟฟ้า และทำให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งสูญเสียผลประโยชน์โดยไม่จำเป็น

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเสนอวิธีการคำนวณอัตราค่าชดเชยที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยมุ่งเน้นที่มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤต (Critical Peak Pricing: CPP) ซึ่งเป็นมาตรการที่ใช้อัตราค่าไฟฟ้าในการจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองในช่วงที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีค่าสูง เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าได้สูงในต่างประเทศ และ นำวิธีการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้าของประเทศไทยเพื่อหาอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ที่เหมาะสมที่สุดในปี พ.ศ. 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์

คำนวณอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุดของระบบไฟฟ้าในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1) ใช้ฐานข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าอ้างอิงตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579
2) พิจารณาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเฉพาะปี พ.ศ. 2560
3) พิจารณาช่วงเวลาที่ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีค่าสูง ได้แก่ เดือน เมษายน และ เดือน พฤษภาคม
4) พิจารณาเฉพาะมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

5) พิจารณาโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้าคือโรงไฟฟ้าภาคตะวันออกเท่านั้น
6) กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเป็นเส้นโค้งคอนเวกซ์ จะประมาณให้เป็นเส้นตรง
7) พิจารณาผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่เป็นผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้า และคำนึงถึงอัตราค่าไฟฟ้าต่อพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาบทความทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ดังนี้
   1.1) ศึกษาความหมายของการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้า
   1.2) ศึกษารูปแบบของมาตรการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้า
   1.3) ศึกษาวิธีการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย
   1.4) ศึกษาการดำเนินการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้าในต่างประเทศ
   1.5) ศึกษาประโยชน์ที่ได้จากการดำเนินมาตรการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้า
   1.6) ศึกษาผลทางเศรษฐศาสตร์ในการดำเนินมาตรการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้า
2) สร้างแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า ความต้องการใช้ไฟฟ้า การตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้า และ สวัสดิการสังคม
3) พัฒนาวิธีการออกแบบอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด
4) พัฒนาโปรแกรมออกแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ
5) ทดสอบโปรแกรมกับระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย
6) สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบ
7) เขียนบทความตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1) วิธีการออกแบบอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าประเภทมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และ เป็นธรรมกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

2) โปรแกรมสำหรับออกแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับมาตรการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าประเภทมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

1.6 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 หัวข้อหลัก คือ 1) การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ 2) การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

1) การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

ในบทความ [6] ได้ออกแบบอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพื่อให้เกิดผลกำไรสูงสุดสำหรับ Load Serving Entity (LSE) ซึ่งเป็นผู้ขายปลีกไฟฟ้าจากตลาดไฟฟ้าโดยใช้สมมติฐานของการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นประเภท Linear Response Model ซึ่งพิสูจน์จากสมมติฐานผลประโยชน์การใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยแบบจำลอง Quadratic Benefit Function [7] ในบทความนี้ได้ใช้ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าจาก [8] และใช้ Mix Integer Programming ในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า และ ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยแล้วต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าไม่มีเผยแพร่ในเว็บไซต์อย่างเป็นทางการจึงจำเป็นต้องใช้การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าในการหาต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ แทน รวมถึงมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในบทความเป็นมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ไม่ได้กำหนดช่วงเวลาตายตัวสำหรับช่วงเวลา Critical Peak หากช่วงเวลา Critical Peak สามารถปรับเลื่อนได้จะส่งผลให้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไม่เหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนาอย่างประเทศไทยที่อุปกรณ์ด้านการบริหารจัดการพลังงานไม่รองรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า จาก [9] เห็นได้ว่ามาตรการ CPP-V หรือ มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่สามารถเลื่อนช่วงเวลา Critical Peak ได้ มีโอกาสที่จะทำให้ค่าไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการสูงขึ้นในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บริหารจัดการพลังงานในอาคาร อีกทั้งการแก้ปัญหาในบทความนี้ได้ใช้ Mix Integer Programming ในการแก้ปัญหา ซึ่งไม่เหมาะสมกับปัญหาที่มีตัวแปรจำนวนมากเนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลยาวนาน

สรุป : วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ เพื่อลดปัญหาในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากวิธี Mix Integer Programming และลดความซับซ้อนของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับประเทศที่ไม่มีประสบการณ์การดำเนินการมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

2) การศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

ในบทความ [7] ได้นำเสนอแบบจำลองผลประโยชน์ของผู้ใช้ไฟฟ้าในรูปของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาทั้งหมด 4 แบบจำลอง ประกอบไปด้วย 1) ฟังก์ชันผลประโยชน์กำลังสอง (Quadratic Benefit Function) 2) ฟังก์ชันผลประโยชน์กำลัง (Power Benefit Function) 3) ฟังก์ชันผลประโยชน์เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Benefit Function) 4) ฟังก์ชันผลประโยชน์ลอการิทึม (Logarithmic Benefit Function) ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีความเหมาะสมแตกต่างกันไปตามแต่ประเภทและพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า ต่อมาบทความ [10] ได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาประเมินถึงความเชื่อถือได้โดยทดสอบกับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองที่มีความเชื่อถือได้มากที่สุดคือ Power Benefit Function และแบบจำลองที่เชื่อถือได้น้อยที่สุดคือ Quadratic Benefit Function อย่างไรก็ตามในกรณีที่อัตราค่าไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 4 เท่า ผลการทดสอบพบว่าแบบจำลองทั้ง 4 มีความแตกต่างกันในการตอบสนองเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อีกทั้งหากคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้ใช้ไฟฟ้าในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์จะพบว่ามีเพียงแบบจำลอง Quadratic Benefit Function เท่านั้นที่สามารถคำนวณผลประโยชน์ของผู้ใช้ไฟฟ้าได้

สรุป : วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการตอบสนองประเภท Quadratic Benefit Function ซึ่งสามารถพิสูจน์เป็นฟังก์ชันการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สามารถคำนวณส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้าได้โดยง่ายและผลลัพธ์จากแบบจำลองของ Quadratic Benefit Function ดังกล่าวไม่แตกต่างจากแบบจำลองอื่นๆ มากนัก

3) การศึกษาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

บทความ [18] ได้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยใช้สมมติฐานว่าผู้ใช้ไฟฟ้าจะเลื่อนการใช้ไฟฟ้าไปช่วงเวลาหลังช่วงอัตราค่าไฟฟ้าวิกฤติทันทีด้วยแบบจำลองการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าประเภทคงที่ (Uniform) และประเภทเอกซ์โพเนนเชียล และใช้สมมติฐานของการตอบสนองความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นประเภท Linear Response Model ซึ่งพิสูจน์จากสมมติฐานผลประโยชน์การใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยแบบจำลอง Quadratic Benefit Function รวมถึงใช้ Mix Integer Programming ในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าและ ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติผลลัพธ์ของบทความนี้แสดงให้เห็นว่าการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะโดยไม่คำนึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าจะทำให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ทำให้กำไรของผู้จำหน่ายไฟฟ้าสูงสุดเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากผลของการเลื่อนการใช้ไฟฟ้านั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุป : วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำแนวคิดของแบบจำลองการเลื่อนการใช้ไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าไปช่วงเวลาหลังช่วงอัตราค่าไฟฟ้าวิกฤติในทันทีจะไม่เหมาะสมกับบริบทในประเทศไทยเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เลื่อนการใช้ไฟฟ้าไปหลังเวลา 22:00 น. เพื่อใช้ไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak เป็นเหตุให้เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในเวลา 22:30 น. ของระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559 จึงได้ปรับให้เกิดการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าหลังช่วงเวลา 22:00 น.

1.7 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งออกเป็น 7 บท โดยแบ่งเป็นเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนการศึกษาวิธีการดำเนินงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์ ทบทวนวรรณกรรม และเนื้อหาของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 จะกล่าวถึงงาน ทฤษฎีพื้นฐานของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าและโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า

บทที่ 3 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองของความต้องการใช้ไฟฟ้า เพื่อใช้ในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

บทที่ 4 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ของการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าโดยมีเป้าหมายให้สวัสดิการสังคมสูงสุด

บทที่ 5 จะกล่าวถึงวิธีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติโดยละเอียด และ แบบจำลองปัญหาการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติโดยพิจารณาเงื่อนไขให้เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าในประเทศไทย

บทที่ 6 จะกล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อหาช่วงเวลา และวันที่เหมาะสมในการดำเนินการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

บทที่ 7 จะกล่าวถึงผลการทดสอบ ซึ่งได้ดำเนินการในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 8 จะกล่าวถึงสรุป และข้อเสนอแนะด้านปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้คำนวณในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า และ โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า โดยใช้หลักการ Economic Dispatch เพื่อจำลองการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ อธิบายถึงองค์ประกอบและรายละเอียดของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ โดยเนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

2.1 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้า
2.2 เป้าหมายของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า
2.3 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า
2.4 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

2.1 ประเภทของระบบผลิตไฟฟ้า

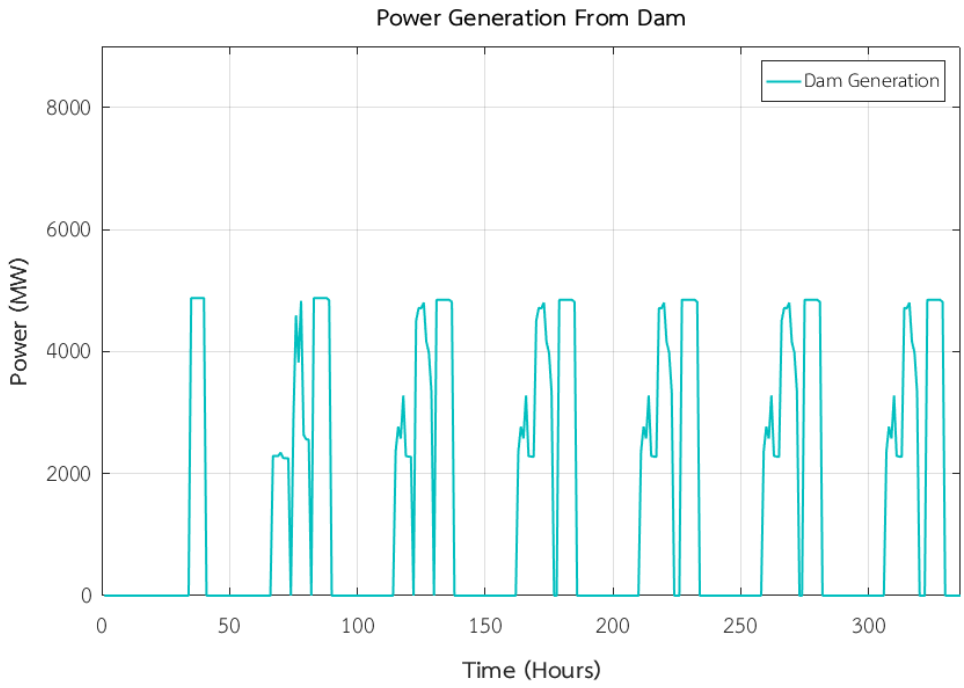
เงื่อนไขในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในระบบผลิตไฟฟ้าประเทศไทยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นแล้วการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องเข้าใจเงื่อนไขต่างๆ เหล่านั้นเสียก่อน เพราะโรงไฟฟ้าบางประเภทไม่สามารถจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าได้ เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่สามารถจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าได้เนื่องจากเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าอิงตามความเข้มแสงอาทิตย์ หรือ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่จดทะเบียนประเภท Non-Firm การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยไม่สามารถจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าได้เนื่องจากข้อกำหนดในสัญญา เป็นต้น ทำให้การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าเพื่อหาต้นทุนหน่วยสุดท้ายจำเป็นต้องละเลยต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเหล่านี้ โดยได้แบ่งเงื่อนไขของการผลิตไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าทั้งหมด 3 ประเภท ดังนี้ 1) กลุ่มโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากเขื่อน 2) กลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน และผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Producer : SPP) 3) กลุ่มโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงพาณิชย์

1) กลุ่มโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากเขื่อน

โรงไฟฟ้าพลังน้ำจะถูกจำกัดกำลังผลิตไฟฟ้าจากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำของเขื่อน และเงื่อนไขการปล่อยน้ำจากชลประทาน ดังนั้นจึงเป็นโรงไฟฟ้าที่มีขีดจำกัดด้านระยะเวลาในการผลิตกำลังไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึงเดินเครื่องโรงไฟฟ้ากลุ่มนี้เฉพาะช่วงเวลาที่

ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงเท่านั้น เพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย และเพื่อใช้น้ำในอ่างเก็บน้ำให้คุ้มค่า

โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้จำลองพฤติกรรมการผลิตไฟฟ้าของกลุ่มโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากเขื่อนให้ผลิตไฟฟ้าเพื่อรองรับช่วงเวลาที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดใน 1 วัน โดยวันทำงานจะมีช่วงเวลาที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด 3 ช่วงเวลาคือ ช่วงเช้า ช่วงบ่าย และช่วงกลางคืน ขณะที่วันหยุดจะมีช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพียงช่วงเวลาเดียวคือช่วงกลางคืน และจำลองให้กลุ่มโรงไฟฟ้าพลังน้ำจากเขื่อนเดินเครื่องในแต่ละช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง กำลังผลิตไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาจะถูกเฉลี่ยด้วยค่ากำลังผลิตพึ่งได้เนื่องจากเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงกำลังผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงไฟฟ้าในช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และให้ความสำคัญกับการผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 1 วันเป็นลำดับแรก พลังงานที่เหลือจะผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ารองลงมา ตัวอย่างการจำลองการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างกำลังผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน

2) กลุ่มโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน และผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก

โรงไฟฟ้ากลุ่มพลังงานหมุนเวียน จะไม่ถูกควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แต่จะผลิตไฟฟ้าตามความพร้อมของโรงไฟฟ้าซึ่งมีพฤติกรรมที่ไม่แน่นอน สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กที่จดสัญญาซื้อขายไฟฟ้าแบบ Firm และ Non-Firm กฟผ. จะจัดทำแผนการ

เดินเครื่องโรงไฟฟ้าให้ผู้ผลิตไฟฟ้าดังกล่าว หาก กฟผ. ปรับลดกำลังผลิตไฟฟ้าจากแผนการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า กฟผ. จะต้องจ่ายค่าไฟฟ้าส่วนต่างให้ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กซึ่งไม่คุ้มค่าเนื่องจากต้องจ่ายค่าไฟฟ้าให้กับพลังงานไฟฟ้าที่ กฟผ. ไม่ได้ใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงพิจารณาเป็นโรงไฟฟ้าที่ไม่สามารถจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าได้ และพิจารณากำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเหล่านี้เป็นกำลังผลิตเทียบเท่าที่ผลิตกำลังไฟฟ้าคงที่ตลอดทั้งเดือน และใช้ค่าตัวประกอบการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการประมาณพลังงานไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าดังกล่าวจะผลิตได้ โดยค่าตัวประกอบการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าและกำลังผลิตไฟฟ้าเทียบเท่า สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (2.1) และ (2.2) ตามลำดับ

$$\text{Plant Factor} = \frac{\text{Energy Estimated}}{\text{Capacity} \times 24\ \text{Hours} \times 365\ \text{Days}} \qquad (2.1)$$

$$\text{Equivalent Power} = \text{Capacity} \times \text{Plant Factor} \qquad (2.2)$$

Plant Factor	ค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้า	
Energy Estimated	พลังงานไฟฟ้าที่คาดการณ์ว่าจะผลิตได้	[kWh]
Capacity	กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า	[kW]
Equivalent Power	กำลังผลิตเทียบเท่าของโรงไฟฟ้า	[kW]

3) กลุ่มโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงพาณิชย์

โรงไฟฟ้ากลุ่มนี้จะพิจารณาว่ามีความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าตลอดเวลา จะหยุดผลิตกำลังไฟฟ้าเมื่อมีการซ่อมบำรุง หรือเกิดเหตุขัดข้องขึ้นเท่านั้น โรงไฟฟ้าที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล ซึ่งจะมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแตกต่างกันเนื่องจากราคาเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาผันแปรของโรงไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ละเลยผลของการไม่พร้อมจ่ายจากโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้ได้พลังงานของโรงไฟฟ้าที่จ่ายตลอดทั้งปีใกล้เคียงกับการจ่ายพลังงานที่คำนึงถึงการไม่พร้อมจ่ายของโรงไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมงจะกำหนดให้โรงไฟฟ้าแต่ละโรงมีขนาดกำลังผลิตเทียบเท่ากับค่ากำลังผลิตคาดการณ์ ดังนี้

$$\text{Expected Capacity} = (1 - \text{FOR}) \times \text{Installed Capacity} \qquad (2.3)$$

Expected Capacity	กำลังผลิตคาดการณ์ของโรงไฟฟ้า	[MW]
FOR	ความน่าจะเป็นไม่พร้อมจ่ายเฉลี่ย	
Installed Capacity	กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า	[MW]

วิธีการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยจากโรงไฟฟ้าของ กฟผ. และจากผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.4)

$$FC_{j,m} = \text{Fuel Price}_m \times \text{Heat Rate}_j \times P_j + \text{Variable O\&M Cost}_j \quad (2.4)$$

$FC_{j,m}$	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j โดยใช้เชื้อเพลิงชนิดที่ m	[Baht/kWh]
Heat Rate_j	ค่าความร้อนของโรงไฟฟ้าที่ j	[BTU/kWh]
Fuel Price_m	ค่าซื้อเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงประเภทที่ m	[Baht/MMBTU]
P_j	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[MW]
$\text{Variable O\&M Cost}_j$	ค่าบำรุงรักษาผันแปรของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]

อย่างไรก็ตามราคาเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติจะมีความแตกต่างค่อนข้างมากในแต่ละแหล่งซื้อขาย ซึ่งต้นทุนจากก๊าซธรรมชาติเหลวจะมีค่าสูงสุด ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้สมมติฐานว่าในประเทศไทยจะใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าในภาคตะวันออกเท่านั้น เนื่องจากการรับก๊าซธรรมชาติเหลวของการปิโตรเลี่ยมแห่งประเทศไทยจะรับที่ท่าเรือตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เพื่อแปรสภาพจากของเหลวเป็นก๊าซและจ่ายให้โรงไฟฟ้าบริเวณตะวันออกของประเทศไทย

ต้นทุนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าทั้งโรงไฟฟ้าของ กฟผ. และ โรงไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระและผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กจะมีรูปแบบการคิดเป็นอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4

2.2 การจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้า

ในกิจการไฟฟ้าของประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีหน้าที่ผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย โดยมีคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) เป็นผู้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ดังนั้นการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าโดยปกติแล้วจะมีจุดประสงค์เพื่อผลิตไฟฟ้าให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำสุดและเพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศเท่านั้น สามารถกำหนดวิธีการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีเศรษฐศาสตร์การจ่ายกำลังไฟฟ้า (Economic Dispatch) ได้ดังสมการที่ (2.5)

$$\text{Min} \quad \sum_{\forall t}\sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \tag{2.5}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j} P_{j,i} = q_i - \sum_{\forall k} RE_{k,i} - \sum_{\forall l} Dam_{l,i}\,; \forall t \tag{2.6}$$

$$P_{min,j} \le P_{j,t} \le P_{max,j} \tag{2.7}$$

อย่างไรก็ตามสมการการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าตามสมการที่ (2.5) จะละเลยกำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้า เนื่องจากการคำนวณกำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่มีความซับซ้อนและใช้เวลานานในการคำนวณ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ประมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าสูญเสียของโรงไฟฟ้าแต่ละโรงเป็นปริมาณร้อยละที่เท่ากันเท่ากับค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย สามารถแสดงสมการจัดสรรกำลังไฟฟ้าโดยคำนึงถึงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (2.8)

$$\text{Min} \quad \sum_{\forall t}\sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \tag{2.8}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j} P_{j,i} \times (1 - Loss_i) = q_i - \sum_{\forall k} RE_{k,i} \times (1 - Loss_i) - \sum_{\forall l} Dam_{l,i} \times (1 - Loss_i); \forall t \tag{2.9}$$

$$P_{min,j} \le P_{j,t} \le P_{max,j} \tag{2.10}$$

C_j	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{max,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{min,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
q_i	ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
RE_k	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานทดแทน และ SPP Non-Firm โรงที่ k ณ เวลาที่ i	[MW]
Dam_l	กำลังผลิตไฟฟ้าของเขื่อนโรงที่ l ณ เวลาที่ i	[MW]
$Loss_i$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[%]

อย่างไรก็ตามโครงสร้างกิจการไฟฟ้าในอนาคตจะมีการประยุกต์ใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า หากใช้สมการที่ 2.1 ในการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าจะเป็นการละเลยการตอบสนองจากฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้า นั่นก็คือผู้ผลิตไฟฟ้าไม่คำนึงถึงการตอบสนองการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าและมีหน้าที่ในการผลิตไฟฟ้าตามความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งขัดแย้งกับนิยามของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าที่สนับสนุนให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าตามแรงจูงใจที่ได้ออกแบบไว้

ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบของสมการในการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าใหม่ โดยคำนึงถึงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการเพิ่มหรือลดการใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นฟังก์ชันของแรงจูงใจต่างๆ ที่ผู้ผลิตไฟฟ้า หน่วยงานภาครัฐ หรือ ผู้รวบรวมความต้องการใช้ไฟฟ้าเป็นผู้กำหนด ทำให้เป้าหมายของการจัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงจากทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำสุด เป็นการทำให้ผลประโยชน์โดยรวมของประเทศสูงสุด ดังสมการที่ (2.11)

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i}\left(S_{Elasticity,i} + q_{Elasticity,i} \times r_i - \sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \right) \tag{2.11}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j} P_{j,i} \times (1-Loss_i) = q_{NonElasticity,i} + q_{Elasticity,i} - \sum_{\forall k} RE_{k,i} \times (1-Loss_i) - \sum_{\forall l} Dam_{l,i} \times (1-Loss_i); \forall t \tag{2.12}$$

$$P_{min,j} \le P_{j,t} \le P_{max,j} \tag{2.13}$$

C_j	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{max,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{min,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{NonElasticity,i}$	ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{Elasticity,i}$	ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$S_{Elasticity,i}$	ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht]
r_i	อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
RE_k	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานทดแทน และ SPP Non-Firm โรงที่ k ณ เวลาที่ i	[MW]
Dam_l	กำลังผลิตไฟฟ้าของเขื่อนโรงที่ l ณ เวลาที่ i	[MW]
$Loss_i$	กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[%]

Chulalongkorn University

2.3 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า

ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า คือ ค่าใช้จ่ายในการการผลิตไฟฟ้าหน่วยต่อไป หากกล่าวถึงระบบไฟฟ้าที่ละเลยกำลังไฟฟ้าสูญเสียและพิกัดการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่ง ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าจะสามารถคำนวณได้จากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดของโรงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าที่สามารถเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าได้ หรือสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.4) และ (2.7) ด้วยวิธีการแก้ปัญหาการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุด หากละเลยพิกัดกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ จะสามารถแสดงการคำนวณต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (2.14)

$$\text{Min} \sum_{\forall t}\left[\sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} + \lambda_i\left(\sum_{\forall j} P_{j,i} \times (1-\text{Loss}_i) + \sum_{\forall k} RE_{k,i} \times (1-\text{Loss}_i) + \sum_{\forall l} \text{Dam}_{l,i} \times (1-\text{Loss}_i) - q_i\right)\right] \quad (2.14)$$

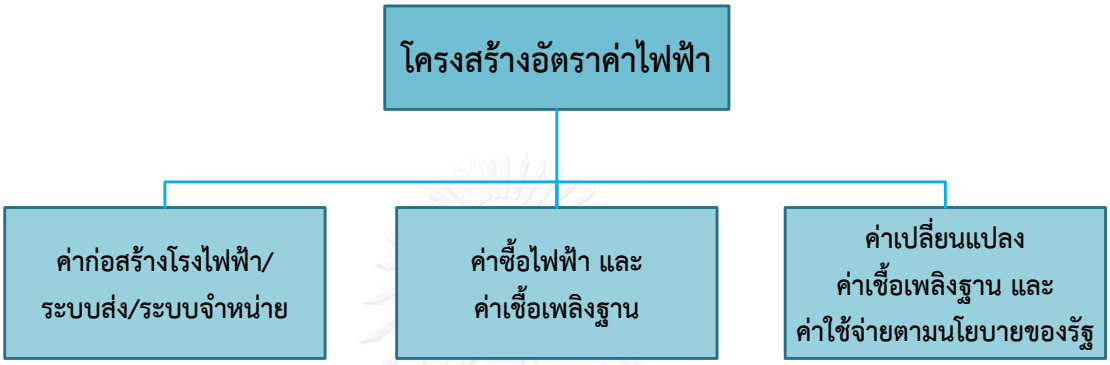
λ_i	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
C_j	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{max,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{min,j}$	กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
q_i	ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$RE_{k,i}$	กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานทดแทน และ SPP Non-Firm โรงที่ k ณ เวลาที่ i	[MW]
$\text{Dam}_{l,i}$	กำลังผลิตไฟฟ้าของเขื่อนโรงที่ l ณ เวลาที่ i	[MW]

2.4 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในประเทศไทย [15] เพื่อให้เข้าใจถึงองค์ประกอบต่างๆ ในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าเดิมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า และนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภท CPP ต่อไป หัวข้อนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 หัวข้อย่อยดังนี้ 1) องค์ประกอบของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า และ 2) รายละเอียดของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 3) การเรียกเก็บต้นทุนต้นทุนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่

1) องค์ประกอบของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าในประเทศไทย คือ ค่าเฉลี่ยของเงินลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบส่ง ระบบจำหน่าย ค่าเชื้อเพลิงฐาน ค่าซื้อไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามนโยบายของรัฐ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ 1.1) ค่าเชื้อเพลิงฐาน และค่าซื้อไฟฟ้า 1.2) ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้า และระบบจำหน่ายไฟฟ้า 1.3) ค่าการเปลี่ยนแปลงราคาของเชื้อเพลิงฐาน และ ค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามนโยบายของรัฐ (ค่า Ft) สามารถแสดงภาพรวมของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าได้ดังรูปที่ 2.2

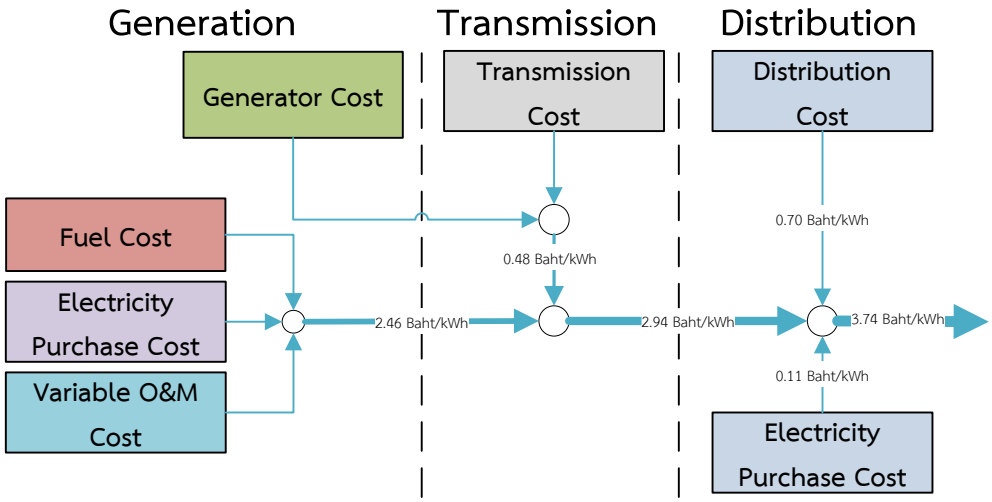


รูปที่ 2.2 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าในประเทศไทย

2) รายละเอียดของโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่งในประเทศไทยสามารถอธิบายได้โดยง่าย จาก ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบส่ง ค่าซื้อไฟฟ้าจาก Independent Power Producers (IPPs) ค่าซื้อไฟฟ้าจาก Small Power Producers (SPPs) ค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐ ค่าภาษี และ ค่าบริหารจัดการต่างๆ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ก่อนจะถูกเฉลี่ยตามหน่วยการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศจากการพยากรณ์ให้อยู่ในหน่วยของ บาทต่อหน่วย และกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าให้สามารถคุ้มทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่กล่าวมาจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย

การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะแบกรับต้นทุนทั้งหมดจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และเพิ่มส่วนต่างจากค่าก่อสร้างระบบจำหน่ายไฟฟ้า ค่าซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก และค่าใช้จ่ายต่างๆ ตานนโยบายของรัฐสำหรับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย (Very Small Power Producers : VSPPs) โดยนำค่าใช้จ่ายทั้งหมดเฉลี่ยตามหน่วยการใช้ไฟฟ้าของประเทศจากการพยากรณ์ให้อยู่ในหน่วยของ บาทต่อหน่วย และกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าให้สามารถคุ้มทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่กล่าวมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถสรุปรายละเอียดต้นทุนจากโครงสร้างต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.3

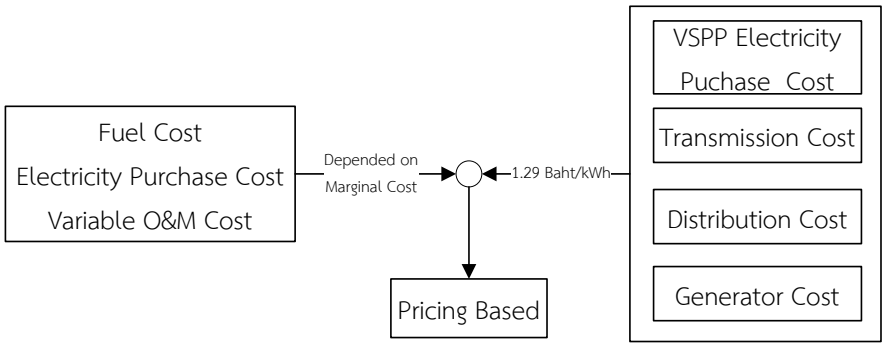


รูปที่ 2.3 รายละเอียดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทจะไม่เท่ากันตามแต่พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามเป้าหมายของการคิดอัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ นั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับต้นทุนตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า คือ 3.74 บาทต่อหน่วย

3) การเรียกเก็บต้นทุนต้นทุนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่

เป้าหมายของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าคือการสะท้อนต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริงให้ผู้เข้าร่วมมาตรการ และปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีค่าสูง ดังนั้นต้นทุนที่ไม่แปรผันต่อกำลังผลิตไฟฟ้าจะมีสมมติฐานว่าจะเรียกเก็บผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยอัตราคงที่ ในขณะที่ต้นทุนซึ่งแปรผันต่อกำลังผลิตไฟฟ้าจะใช้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในการเรียกเก็บผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า แสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การสะท้อนต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริง

บทที่ 3
ทฤษฎีพื้นฐานของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เข้าใจถึงมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

3.1 นิยามและหลักการของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.1 นิยามและหลักการของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงนิยาม หลักการ และเป้าหมายทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เข้าใจความหมายของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น แบ่งเป็น 3 หัวข้อย่อยดังนี้

3.1.1 นิยามและองค์ประกอบของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.1.2 ประเภทของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า และการเปรียบเทียบประสิทธิผลของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.1.3 เป้าหมายทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.1.1 นิยามและองค์ประกอบของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

Chulalongkorn University

ในหัวข้อนี้ได้อธิบายถึงภาพรวมของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เข้าใจพื้นฐาน และ องค์ประกอบของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยได้แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อย่อยดังนี้ 1) นิยามของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า และ 2) องค์ประกอบโดยทั่วไปของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

1) นิยามของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

Federal Energy Regulatory Commission (FERC) [11] ได้ให้นิยามของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าดังนี้ “Changes in electric usage by demand-side resources from their normal consumption patterns in response to changes in the price of electricity over time, or to incentive payments designed to induce lower electricity use at times of high wholesale market prices or when system reliability is jeopardized.” ซึ่ง สำนักงาน

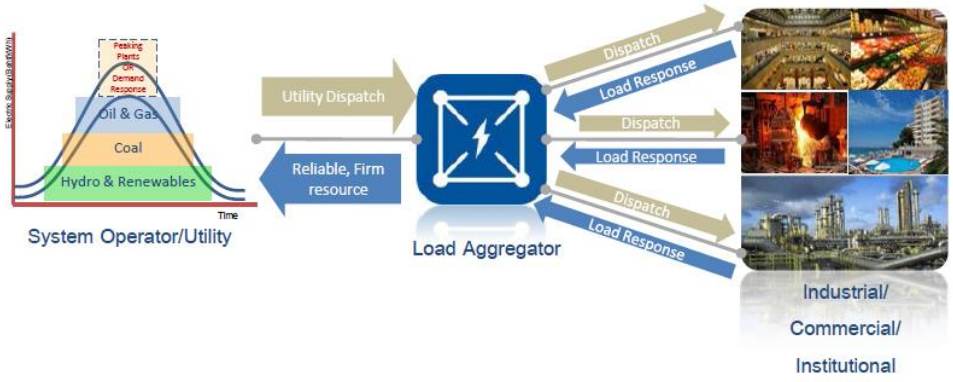
คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน (กกพ.) ได้แปลนิยามดังกล่าวเป็นภาษาไทยไว้ดังนี้ “การเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าโดยภาคอุปสงค์ (Demand Resource) ไปจากรูปแบบการใช้ไฟฟ้าปกติ เพื่อตอบสนองต่อค่าไฟฟ้า (Electricity Price) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า (Marginal Cost) ขณะนั้น หรือเพื่อตอบสนองต่อเงินสนับสนุนพิเศษ (Incentive Payment) ที่ถูกกำหนดไว้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชักจูงให้เกิดการลดใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ามีค่าสูง หรือในช่วงที่มีความเสี่ยงด้านความมั่นคงของระบบไฟฟ้า” โดยสรุปแล้วมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าคือ “การตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าจากฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยความยินยอมของผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อรับมือกับสถานการณ์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้าได้แก่ สถานการณ์ที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีราคาสูง และสถานการณ์วิกฤติในระบบไฟฟ้า”

2) องค์ประกอบโดยทั่วไปของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

โดยทั่วไปแล้วมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าจะมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด 3 ส่วน [2] เพื่อให้การดำเนินการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประสบผลสำเร็จ คือ

- ผู้ผลิตไฟฟ้า (Utility) : ทำหน้าที่จัดสรรกำลังผลิตไฟฟ้าทั้งในรูปแบบของการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า หรือ จัดสรรการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าด้วยมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า
- ผู้รวบรวมโหลด (Load Aggregator) : ทำหน้าที่รวบรวมผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดภาระของการติดต่อสื่อสารของผู้ผลิตไฟฟ้า
- ผู้ใช้ไฟฟ้า (Industrial/Commercial, Participant) : ผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า มีหน้าที่ลดการใช้ไฟฟ้าของตนเองเพื่อตอบสนองต่อสถานะต่างๆ ในระบบไฟฟ้า

โดยองค์ประกอบดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบโดยทั่วไปของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า [2]

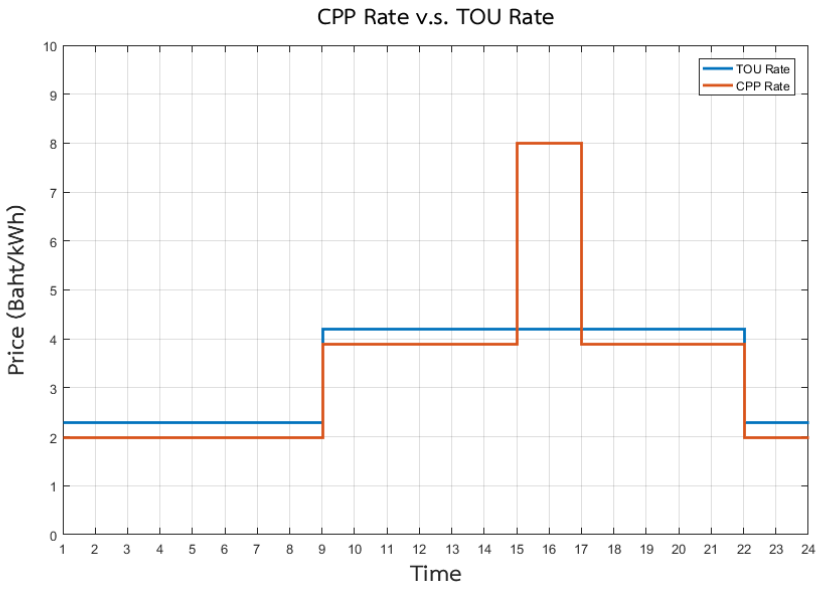
3.1.2 ประเภทของมาตรการความร่วมมีดลดการใช้ไฟฟ้า และ การเปรียบเทียบประสิทธิผลของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้ามีหลายรูปแบบ ซึ่งถูกออกแบบให้เหมาะสมกับบริบทและ สภาพแวดล้อมของกิจการไฟฟ้าในแต่ละประเทศ อย่างไรก็ตามมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักคือ มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า และ มาตรการประเภทอัตราค่าชดเชย โดยในหัวข้อนี้ได้แบ่งเนื้อหาดังนี้ 1) มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า (Pricing Based) 2) มาตรการประเภทอัตราค่าชดเชย (Incentives Based) และ 3) การเปรียบเทียบประสิทธิผลของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

1) มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า (Pricing Based)

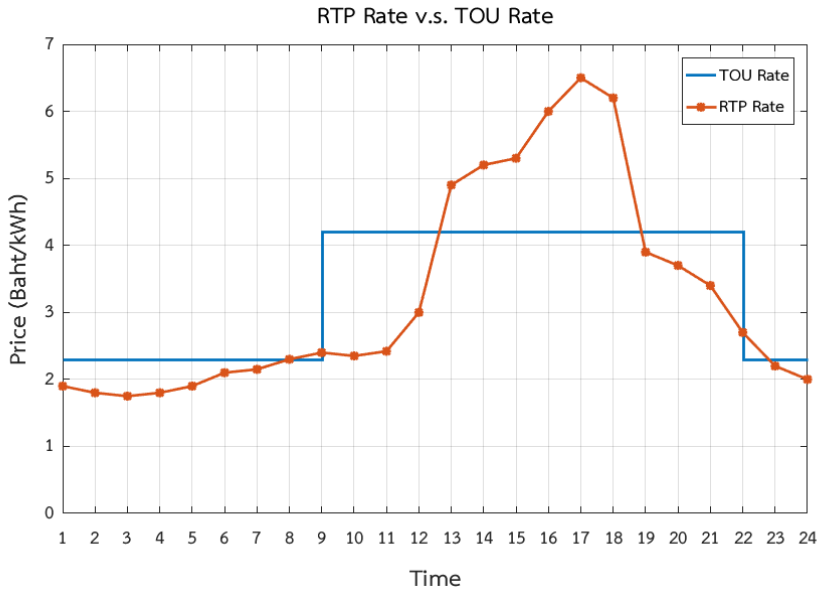
มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้าเป็นมาตรการที่ใช้ส่วนลดของอัตราค่าไฟฟ้าปกติเป็นแรงจูงใจให้มีผู้เข้าร่วมมาตรการ โดยช่วงเวลาที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงจะมีอัตราค่าไฟฟ้าสูงเพื่อปรับพฤติกรรมผู้ใช้ไฟฟ้าในเวลาดังกล่าว

- มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (Critical Peak Pricing : CPP) : เป็นมาตรการที่โดยมากแล้วมีการแจ้งเตือนล่วงหน้า 1-2 วัน โดยในวันที่เกิดเหตุการณ์ผู้ที่เข้าร่วมมาตรการจะถูกเรียกเก็บค่าไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงในช่วงเวลาวิกฤติ (Critical Peak) เพื่อปรับพฤติกรรมในการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ ในขณะที่ช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (Peak) หรือช่วงเวลาความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (Off-Peak) จะถูกเรียกเก็บค่าไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าที่ต่ำกว่าปกติของผู้ใช้ไฟฟ้า (ต่ำกว่าอัตราค่าไฟฟ้า TOU) เพื่อจูงใจผู้ใช้ไฟฟ้าให้เข้าร่วมมาตรการ อย่างไรก็ตามการเรียกใช้มาตรการ CPP ควรมีข้อบังคับของจำนวนครั้งในการเรียกใช้ สามารถแสดงอัตราค่าไฟฟ้า CPP เปรียบเทียบกับ อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (Time of Used : TOU) ได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างอัตราค่าไฟฟ้าประเภท CPP เทียบกับ อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU

- มาตรการอัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time Pricing : RTP) : เป็นมาตรการที่แจ้งเตือนผู้ใช้ไฟฟ้าล่วงหน้า 1-2 วัน โดยในวันที่เกิดเหตุการณ์อัตราค่าไฟฟ้าจะแปรผันตามต้นทุนการผลิตไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที หรือ 1 ชั่วโมง และมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาที่พยากรณ์ว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีค่าสูงสุดเพื่อปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างอัตราค่าไฟฟ้าประเภท RTP เทียบกับ อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU

2) มาตรการประเภทอัตราค่าชดเชย (Incentives)

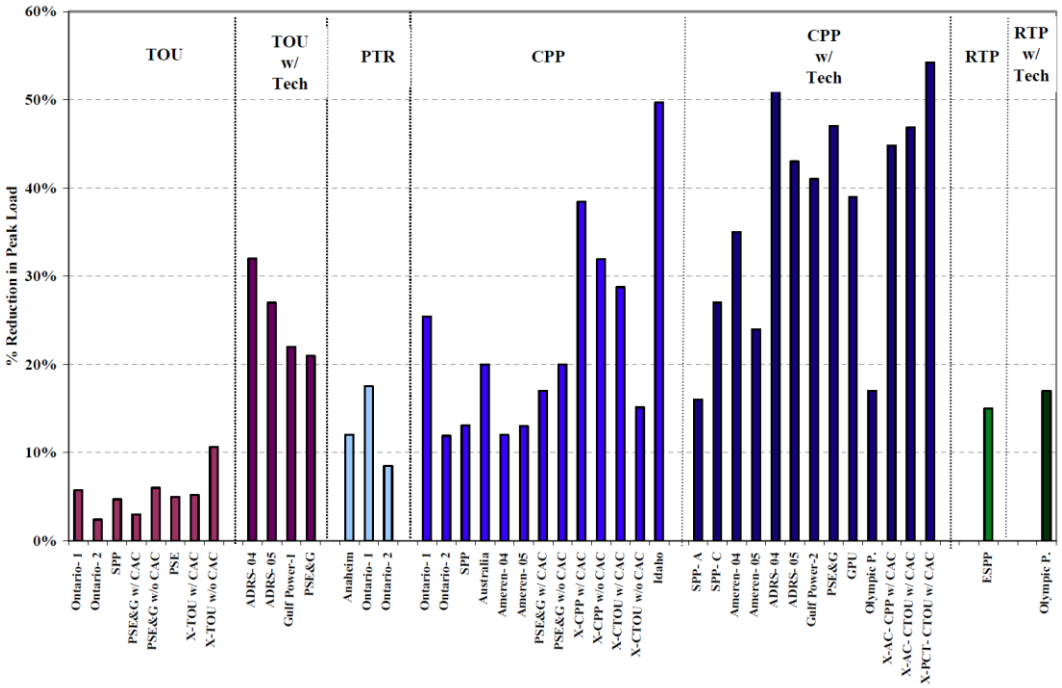
มาตรการประเภทอัตราค่าชดเชย คือมาตรการที่ให้ผลตอบแทนของการดำเนินการลดการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบของเงินชดเชยต่อหน่วยไฟฟ้าที่ลดได้, พลังไฟฟ้าที่ได้จดทะเบียนไว้ หรือ บริการเสริมอื่นๆ เช่น ส่วนหนึ่งของเงินที่ใช้ในการติดตั้งระบบบริหารจัดการพลังงานในอาคาร เป็นต้น มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่

- มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าที่สามารถงดจ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible Curtailment : I/C) : เป็นมาตรการที่แจ้งเตือนผู้ใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าประมาณครึ่งชั่วโมง เพื่อตอบสนองต่อสภาวะฉุกเฉินในระบบไฟฟ้า (Contingency) หรือ เรียกใช้ผ่านการวิเคราะห์ด้วยระบบพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า เป็นมาตรการที่นิยมใช้เนื่องมาจากสามารถตอบสนองต่อสภาวะฉุกเฉินในระบบไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว
- มาตรการตอบสนองแบบฉุกเฉิน (Emergency Demand Response : EMDR) : เป็นมาตรการที่แจ้งเตือนล่วงหน้าสูงสุด ๑ วัน เพื่อตอบสนองต่อสภาวะฉุกเฉินเมื่อกำลังไฟฟ้าสำรองในระบบไฟฟ้าลดต่ำลง
- มาตรการประเภท Capacity Bidding Program (CBP) : เป็นมาตรการที่แจ้งเตือนล่วงหน้าอย่างช้าที่สุดประมาณ 1 วัน โดยผู้เข้าร่วมมาตรการต้องแข่งขันกันประมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ตนเองสามารถลดได้ เรียกใช้เมื่อมีการคาดการณ์ว่าจาเป็นต้องเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนเชื้อเพลิงสูง หรือ เมื่อทำการพยากรณ์แล้วพบว่ากาลังไฟฟ้าไม่เพียงพอสาหรับการจ่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า
- มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าส่วนลดช่วงวิกฤต (Critical Peak Rebate : CPR) : เป็นมาตรการที่คล้ายกับมาตรการประเภท CPP ในด้านของช่วงเวลาวิกฤติแต่ในช่วงเวลาดังกล่าวหากสามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าได้ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ในการจดทะเบียนจะได้เงินชดเชยแทน
- มาตรการกำลังผลิตเสริมความมั่นคง (Ancillary Services) : เป็นมาตรการที่เรียกใช้เพื่อสนับสนุนระบบไฟฟ้าในด้านต่างๆ ตามที่มาตรการได้กำหนดไว้ โดยแจ้งเตือนผู้ใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าประมาณ ๑๕ – ๓๐ นาที

3) การเปรียบเทียบประสิทธิผลของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพมาตรการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าจากรายงานการศึกษาต่างๆ เพื่อวิเคราะห์มาตรการที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย รายงานการศึกษา [12] ได้วิเคราะห์ผลของการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่

อาศัยจากโครงการนำร่องต่าง ๆ ในประเทศแคนาดา และ ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยโครงการนำร่องที่ศึกษาประกอบไปด้วยโครงการที่ใช้ มาตรการ CPP มาตรการ TOU มาตรการ RTP และ มาตรการประเภท Incentives คือ มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าส่วนลดช่วงวิกฤติ (Peak Time Rebate : PTR) ผลลัพธ์ของการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละโครงการนำร่องสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ผลลัพธ์การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของโครงการนำร่องต่างๆ ในประเทศแคนาดา และ ประเทศสหรัฐอเมริกา [12]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปสามารถจัดลำดับศักยภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของมาตรการต่าง ๆ จากสูงไปต่ำได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลำดับศักยภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ในโครงการนำร่องของประเทศแคนาดา และ ประเทศสหรัฐอเมริกา [12]

ลำดับ	มาตรการ	รายละเอียด
1	CPP w/ Tech	มาตรการ Critical Peak Pricing ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
2	CPP w/ Tech	มาตรการ Critical Peak Pricing ที่ลดการใช้ไฟฟ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ

ลำดับ	มาตรการ	รายละเอียด
3	TOU w/ Tech	มาตรการ Time Of Use ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
4	PTR	มาตรการ Peak Time Rebate ที่ลดการใช้ไฟฟ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ
5	RTP w/ Tech	มาตรการ Real Time Pricing ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ
6	RTP	มาตรการ Real Time Pricing ที่ลดการใช้ไฟฟ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ
7	TOU	มาตรการ Time Of Use ที่ลดการใช้ไฟฟ้าแบบกึ่งอัตโนมัติ

จากตารางที่ 3.1 มาตรการที่สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้สูงที่สุดคือมาตรการประเภท CPP ซึ่งเป็นมาตรการประเภท Pricing ในขณะที่มาตรการประเภท Incentives เพียงมาตรการเดียวในโครงการนำร่อง หรือ มาตรการ PTR สามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดได้เป็นลำดับที่ 4

รายงานการศึกษา [13] ได้ศึกษาศักยภาพในการลดความต้องการใช้ไฟฟ้าของมาตรการ CPP กับกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทพาณิชย์ หรืออุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2556 จากบริษัท Pacific Gas and Electric ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยในปีดังกล่าวได้มีการเรียกใช้มาตรการ CPP อย่างเป็นทางการทั้งหมด 9 ครั้งผลการดำเนินการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการดำเนินการมาตรการ CPP จากบริษัท Pacific Gas and Electric ในปี พ.ศ. 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Event Date	Day of Week	Avg. Customer Load (kW)	Avg. Customer Load w/ DR (kW)	Reduction of Avg. Load (%)
7/6/2013	Friday	254.4	227.6	10.5
28/6/2013	Friday	270.4	243.4	10.0
1/7/2013	Monday	268.0	243.2	9.3
2/7/2013	Tuesday	264.2	245.0	7.3
9/7/2013	Tuesday	260.1	237.4	8.7
19/7/2013	Friday	243.8	226.5	7.2
9/9/2013	Monday	280.0	255.9	8.6
10/9/2013	Tuesday	265.4	248.6	6.4

Event Date	Day of Week	Avg. Customer Load (kW)	Avg. Customer Load w/ DR (kW)	Reduction of Avg. Load (%)
18/10/2013	Friday	234.0	219.9	6.0
Average		**260.6**	**238.3**	**8.6**

จากตารางมาตรการ CPP สามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 วันได้สูงสุด คือ ร้อยละ 10.5 ในวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2556 ลดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 วันได้ต่ำสุด คือ ร้อยละ 6 ในวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2556 และ โดยเฉลี่ยแล้วสามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยได้ร้อยละ 8.6

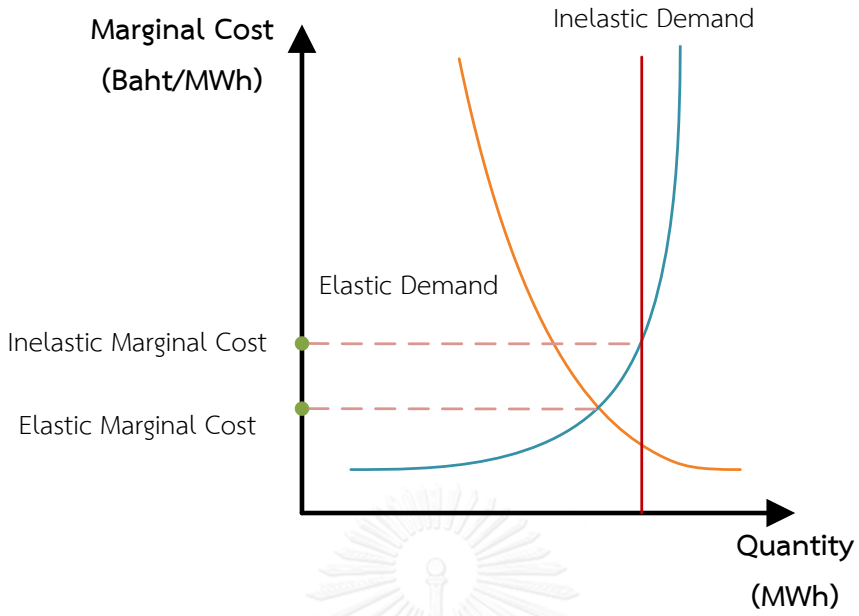
จากรายงานการศึกษาด้านบน มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภท CPP สามารถประยุกต์ใช้ได้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยที่มีเทคโนโลยีสนับสนุน และ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม อีกทั้งยังเป็นมาตรการที่มีความซับซ้อนน้อยกว่ามาตรการประเภท RTP จึงเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ในประเทศที่ไม่มีประสบการณ์การใช้มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้าดังเช่นประเทศไทย

3.1.3 เป้าหมายทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้วจะมีเป้าหมายหลัก 2 ข้อคือ 1) ลดต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า และ 2) เลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า

1) ลดต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า

มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าสามารถลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่มีค่าสูงได้ เนื่องจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้ไฟฟ้าเพราะจำเป็นต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนสูง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ผลลัพธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

จากรูปด้านบนผู้ใช้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นจะลดการใช้ไฟฟ้าของตนเองเนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าสูงขึ้น ผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้ผลประโยชน์ในด้านการลดต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายลง หรือ Inelastic Marginal Cost จะมีค่าสูงกว่า Elastic Marginal Cost ซึ่งโดยมากแล้วต้นทุนค่าเชื้อเพลิงช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงจะมีค่าสูงเพราะต้องใช้โรงไฟฟ้าที่มีความสามารถในการเพิ่มหรือลดกำลังผลิตไฟฟ้าได้รวดเร็วแต่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูง เช่น โรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส ที่ใช้แก๊สธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้า หรือ โรงไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันดีเซลในการผลิตไฟฟ้า

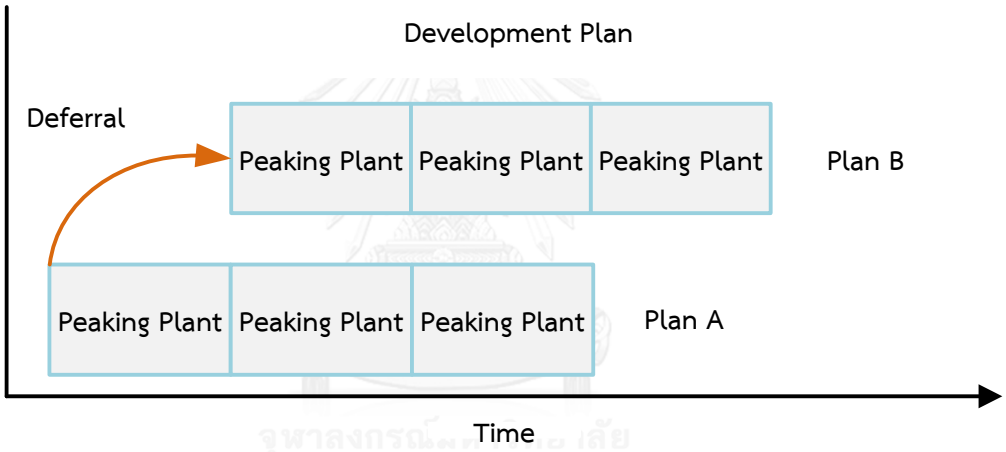
หากออกแบบมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมจะทำให้สามารถสะท้อนถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริงแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ และ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าได้ในที่สุด

2) เลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า

มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเปรียบได้กับโรงไฟฟ้าเสมือน หรือ Virtual Power Plant (VPP) กล่าวคือในช่วงเวลาที่มีการเรียกใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า ความต้องการใช้ไฟฟ้าจากฝั่งผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลง เสมือนกับมีโรงไฟฟ้าช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้านั่นเอง หากแต่โรงไฟฟ้าเสมือนนี้ไม่จำเป็นต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า และไม่ถูกจำกัดจากผลของความแออัดในระบบไฟฟ้า ดังนั้นแล้วหากมีศักยภาพและความเชื่อถือได้จากมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเพียงพอ จะทำให้สามารถทดแทนโรงไฟฟ้าที่เดินเครื่องช่วงความต้องการ

ใช้ไฟฟ้าสูงได้ (Peaking Plant) เนื่องจากมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าจะมีลักษณะการเรียกใช้คล้ายกับการเดินเครื่องโรงไฟฟ้า Peaking Plant

การเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าสามารถคำนวณเป็นผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ เนื่องจากการเลื่อนก่อสร้างโรงไฟฟ้านั้นคือการชะลอการใช้เงินในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า หากอธิบายในมุมมองด้านการเงินแล้ว ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ชะลอการใช้เงินในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าสามารถนำเงินไปลงทุนในกิจการอื่นเพื่อรับผลตอบแทนได้ และนับเป็นผลประโยชน์จากการเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า หรือผู้ผลิตไฟฟ้าที่ต้องกู้เงินเพื่อก่อสร้างโรงไฟฟ้าดอกเบี้ยที่สามารถหลีกเลี่ยงได้จากการเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้านับเป็นผลประโยชน์จากการเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าเช่นกัน การเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



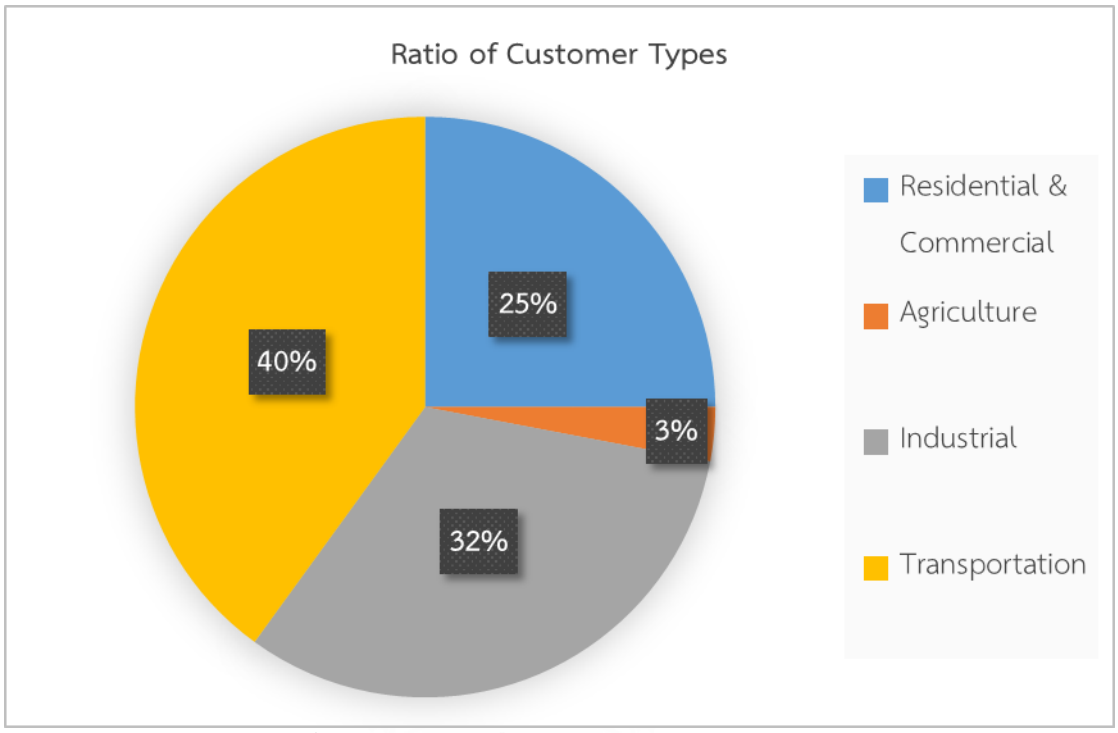
รูปที่ 3.6 การเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้า

3.2 แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า และแบบจำลองการตอบสนองของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของการตอบสนองการใช้ไฟฟ้าต่ออัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น โดยได้แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้ 1) ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า และ 2) แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

3.2.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

โดยปกติแล้วจะแบ่งประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 4 ประเภทคือ ภาคขนส่ง ภาคที่อยู่อาศัย ภาคอุตสาหกรรม และภาคพาณิชย์ เป็นอัตราส่วนดังรูปที่ 3.7 อย่างไรก็ตามมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าได้นำไปประยุกต์ใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าเพียง 3 ประเภทเป็นหลัก คือ



รูปที่ 3.7 อัตราส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท [14]

Chulalongkorn University

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย

การออกแบบมาตรการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้มีความซับซ้อนมากเนื่องจากมีรูปแบบการใช้พลังงานที่ไม่แน่นอนและมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างน้อย การดำเนินการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้จะใช้รูปแบบการลดหรือการเลื่อนเวลาการใช้กำลังไฟฟ้า อย่างไรก็ตามหากผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มนี้ประยุกต์ใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานจะทำให้พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ดูแลระบบไฟฟ้าคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทพาณิชย์

โดยปกติแล้วในแต่ละอาคารพาณิชย์จะมีรูปแบบการใช้กำลังไฟฟ้าที่มีรูปแบบคงเดิม ซึ่งถูกกำหนดโดยฤดูกาล การออกแบบอาคาร และการบริหารจัดการภายในอาคาร พฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าโดยส่วนใหญ่ของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ขึ้นอยู่กับราคาค่าไฟฟ้า ในบางครั้งการใช้พลังงาน

ไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากเครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ หรือระบบระบายอากาศ ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถลดการใช้กำลังไฟฟ้าด้วยการปรับอุณหภูมิหากมีความจำเป็น ผู้ควบคุมระบบไฟฟ้าในอาคาร หรือระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automated Control System) สามารถบริหารความยืดหยุ่นของเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ได้

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้โดยทั่วไปแล้วมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดมากถึงหลายร้อยเมกะวัตต์ รวมไปถึงระบบรักษาความปลอดภัยของข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเองก็มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเพียงพอที่จะทราบถึงเครื่องมือที่ใช้และเวลาในการเดินเครื่องอันเป็นความลับที่ส่งผลกระทบมากในธุรกิจที่มีการแข่งขันสูง ดังนั้นแล้วมาตรการตอบสนองของความต้องการไฟฟ้าอาจพิจารณาเพิ่มความเชื่อถือได้ และความปลอดภัยต่อข้อมูลการใช้ไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้เพื่อป้องกันความเสียหายของธุรกิจ

3.2.2 แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

จากรายงานการศึกษา [6, 7, 10, 19] แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทโรงงานอุตสาหกรรม หรือ บ้านอยู่อาศัยที่ใช้อุปกรณ์ในการบริหารจัดการพลังงาน สามารถจำลองได้ 2 วิธีหลักคือ จำลองจากพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายโดยตรง และจำลองจากแบบจำลองที่ใช้สมมติฐานของการทำให้ผลกำไรของตนเองสูงสุด

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้การจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีที่ 2 คือ การจำลองจากแบบจำลองที่ใช้สมมติฐานของการทำให้ผลกำไรของตนเองสูงสุด เนื่องจากประเทศไทยไม่มีประสบการณ์การดำเนินการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้าจึงได้ตั้งสมมติฐานการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าจากแบบจำลอง โดยได้แบ่งแบบจำลองพฤติกรรมออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อไม่พิจารณาการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า และ แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อพิจารณาการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

- แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อไม่พิจารณาการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า [6, 7]

โดยแบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าประเภทนี้จะพิสูจน์จากฟังก์ชันผลกำไรของการใช้ไฟฟ้าดังสมการที่ (3.1)

$$S_i = B_i(q_i) - q_i \times r_i \tag{3.1}$$

ผลกำไรของผู้ใช้ไฟฟ้า (S_i) สามารถคำนวณได้จากฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้าหรือฟังก์ชันที่อธิบายถึงรายได้ของผู้ใช้ไฟฟ้า ($B_i(q_i)$) ในรูปของความต้องการใช้ไฟฟ้า (q_i) หักลบด้วยค่าไฟฟ้าจากการใช้ไฟฟ้า ($q_i \times r_i$) โดยฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วจะมีทั้งหมด 4 ประเภทดังตารางที่ 3.3 สมการที่ (3.2) – (3.5)

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ

ประเภทฟังก์ชัน	**รูปแบบสมการ**
Quadratic Benefit Function	$B_i \cong B_{0,i} + r_{0,i} \cdot [q_i - q_{0,i}] \cdot \left\{ 1 + \frac{q_i - q_{0,i}}{2 \cdot e_{i,i} \cdot q_{0,i}} \right\}$ (3.2)
Power Benefit Function	$B_i \cong B_{0,i} + \frac{r_{0,i} \cdot q_i}{1 + e_{i,i}^{-1}} \cdot \left\{ \left(\frac{q_i}{q_{0,i}} \right)^{e_{i,i}^{-1}} - 1 \right\}$ (3.3)
Exponential Benefit Function	$B_i \cong B_{0,i} + r_{0,i} \cdot q_i \cdot e_{i,i} \cdot \exp^{\left[\left(\frac{q_i - q_{0,i}}{e_{i,i} \cdot q_{0,i}} \right) - 1 \right]}$ (3.4)
Logarithmic Benefit Function	$B_i \cong B_{0,i} + r_{0,i} \cdot q_i \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{1 + e_{i,i}^{-1}} \cdot \left[\ln \left(\frac{q_i}{q_{0,i}} \right) - 1 \right] \right\}$ (3.5)

ฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้า (B_i) ฟังก์ชันที่ (3.2) มีลักษณะเว้าคว่ำ (Convex) เมื่อความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 0 และ ฟังก์ชัน (3.3) – (3.5) มีลักษณะเป็นเว้าคว่ำเมื่อความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า -1 ทำให้สามารถหาผลกำไรสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าได้

โดยทั่วไปแล้วผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทโรงงานอุตสาหกรรม หรือ บ้านอยู่อาศัยที่ใช้ระบบบริหารจัดการพลังงานจะปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่ทำให้ผลกำไรของตนเองสูงสุด อธิบายในเชิงคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ (3.6)

$$\frac{\partial S_i}{\partial q_i} = \frac{\partial B_i(q_i)}{\partial q_i} - r_i = 0 \tag{3.6}$$

S_i	คือ ผลกำไรของผู้ใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht]
B_i	คือ ฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้าในรูปความต้องการใช้ไฟฟ้าชั่วโมงที่ i	[Baht]
$B_{0,i}$	คือ ผลตอบแทนปกติของผู้ใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht]
r_i	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
$r_{0,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
q_i	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]
$q_{0,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าปกติ ณ เวลาที่ i	[kW]
$e_{i,i}$	คือ ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i ต่ออัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	

จากการพิสูจน์ด้านบนจะพบว่าหากใช้ฟังก์ชันผลตอบแทนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ในการคำนวณจะสามารถพิสูจน์ฟังก์ชันพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 3.4 สมการที่ (3.6) – (3.9)

ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ

ประเภทฟังก์ชัน	**รูปแบบสมการ**	
Linear Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left\{ 1 + e_{i,i} \cdot \left(\frac{r_i - r_{0,i}}{r_{0,i}} \right) \right\}$	(3.6)
Power Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left(\frac{r_i}{r_{0,i}} \right)^{e_{i,i}}$	(3.7)
Logarithmic Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left\{ 1 + e_{i,i} \cdot \ln\left(\frac{r_i}{r_{0,i}} \right) \right\}$	(3.8)
Exponential Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \exp^{\left\{ e_{i,i} \cdot \left(\frac{r_i - r_{0,i}}{r_{0,i}} \right) \right\}}$	(3.9)

r_i	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
$r_{0,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
q_i	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]
$q_{0,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าปกติ ณ เวลาที่ i	[kW]

$e_{i,i}$ คือ ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i ต่ออัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i

รูปที่ 3.4 แสดงถึงฟังก์ชันการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้าในรูปของอัตราค่าไฟฟ้า ซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าจะตอบสนองต่ออัตราค่าไฟฟ้าโดยที่ทำให้ผลกำไรของตนเองสูงสุด

- แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อพิจารณาการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า [18]

เมื่อพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์แล้วหากผู้บริโภคมีทางเลือกในการซื้อสินค้า ผู้บริโภคจะมีพฤติกรรมเลือกการใช้สินค้าชนิดเดียวกันที่มีราคาต่ำกว่าเพื่อผลประโยชน์ของตนเอง กล่าวคือผู้ใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปโดยเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรมจะเลื่อนกระบวนการผลิตของตนเองจากช่วงเวลาที่อัตราค่าไฟฟ้าสูงไปช่วงเวลาที่อัตราค่าไฟฟ้าต่ำเพื่อผลประโยชน์ทางการเงินของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง หากพิจารณาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าเนื่องมาจากอัตราค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันและมีสมมติฐานว่าผู้ใช้ไฟฟ้าจะเลื่อนการใช้ไฟฟ้าในวันที่เกิดเหตุการณ์เท่านั้น และวางแผนเลื่อนการใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังเหตุการณ์เป็นช่วงเวลาที่เท่า ๆ กัน [18] จะสามารถอธิบายพฤติกรรมดังกล่าวได้ดังสมการที่ (3.10) – (3.11)

$$\text{Energy}_{PB} = \alpha \times \text{Energy}_{Curtail} \tag{3.10}$$

$$\text{Energy}_{Curtail} = \sum_{i \in CPP} q_{0,i} \cdot e_{i,i} \cdot \left(\frac{r_i - r_{0,i}}{r_{0,i}} \right) \tag{3.11}$$

โดย $\text{Energy}_{Curtail}$ คือพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีอัตราค่าไฟฟ้าสูงหรือช่วงเวลาที่ถูกเรียกดำเนินการตอบสนองด้านความต้องการใช้ไฟฟ้า และเป็นค่าพลังงานที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจะถูกปรับด้วยค่าคงที่ α เนื่องจากอุปกรณ์บางประเภทไม่มีความจำเป็นในการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า เช่น แสงสว่าง หรือ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น และจะสามารถคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการเลื่อนได้ดังสมการที่ (3.10)

หากพิจารณาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าแบบคงที่ สามารถแสดงพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาได้ดังสมการที่ (3.12)

$$q_{PB,i} = \begin{cases} Energy_{PB}/D_{PB} ; i \in Scheduled\ Load\ Shifft \\ 0 ; otherwise \end{cases} \quad (3.12)$$

r_i	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
$r_{0,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
Scheduled Load Shift	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]
$q_{0,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าปกติ ณ เวลาที่ i	[kW]
$e_{i,i}$	คือ ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i ต่ออัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	
$Energy_{PB}$	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	[kWh]
$Energy_{Curtail}$	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าลดลงในช่วงเวลาวิกฤติ	[kWh]
α	คือ อัตราส่วนการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	
$q_{PB,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]
D_{PB}	คือ ระยะเวลาการชดเชยการใช้ไฟฟ้าจากช่วงเวลาวิกฤติ	[Hour]

เมื่อพิจารณาร่วมกับพฤติกรรมการตอบสนองในตารางที่ 3.4 จะสามารถอธิบายพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าเมื่อพิจารณาการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 3.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชันพฤติกรรมการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

ประเภทฟังก์ชัน	รูปแบบสมการ	
Linear Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left\{ 1 + e_{i,i} \cdot \left(\frac{r_i - r_{0,i}}{r_{0,i}} \right) + q_{PB,k} \right\}$	(3.13)
Power Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left(\frac{r_i}{r_{0,i}} \right)^{e_{i,i}} + q_{PB,k}$	(3.14)
Logarithmic Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \left\{ 1 + e_{i,i} \cdot \ln\left(\frac{r_i}{r_{0,i}} \right) \right\} + q_{PB,k}$	(3.15)
Exponential Demand Model	$q_i = q_{0,i} \cdot \exp^{\left\{ e_{i,i} \cdot \left(\frac{r_i - r_{0,i}}{r_{0,i}} \right) \right\}} + q_{PB,k}$	(3.16)

r_i	อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
$r_{0,i}$	อัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]
q_i	ความต้องการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]
$q_{0,i}$	ความต้องการใช้ไฟฟ้าปกติ ณ เวลาที่ i	[kW]
$e_{i,i}$	ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i ต่ออัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	
$q_{PB,i}$	ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เกิดจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[kW]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ทฤษฎีพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ และ การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า

ในบทนี้จะอธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์สำหรับประยุกต์ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น การอธิบายถึงดัชนีต่างๆ ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับตรวจสอบความคุ้มค่าของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น และ อธิบายถึงการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าด้วยหลักการต่างๆ อีกด้วย โดยได้แบ่งเนื้อหาในบทนี้ออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

4.1 แนวคิดพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์

4.2 การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

4.1 แนวคิดพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์

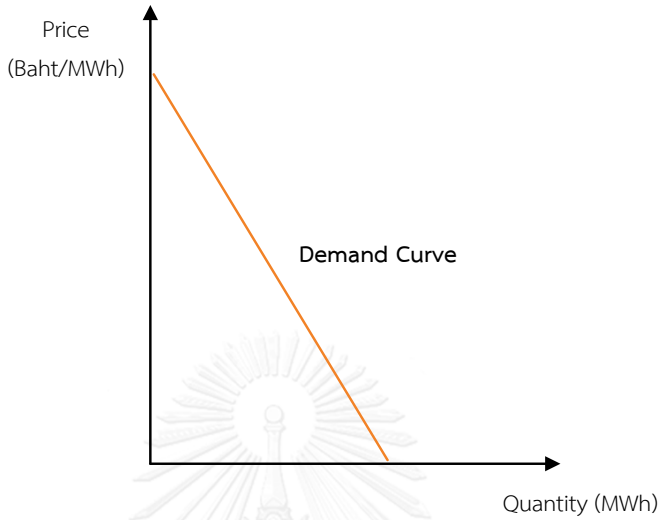
การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการประเภท Pricing นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงประโยชน์ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกิจการไฟฟ้า ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงแนวคิดต่างๆ ที่ใช้ในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการประเภท Pricing เพื่อทำให้ผลประโยชน์ของผู้เกี่ยวข้องทั้งหมดสูงสุด โดยได้แบ่งหัวข้อย่อยดังนี้

1) เส้นอุปสงค์ (Demand Curve)
2) เส้นอุปทาน (Supply Curve)
3) ส่วนเกินผู้ผลิต (Producer Surplus)
2) ส่วนเกินผู้บริโภค (Consumer Surplus)
3) สวัสดิการสังคม (Social Welfare)
4) การสูญเสียผลประโยชน์ของสังคม (Deadweight Loss)

1) เส้นอุปสงค์

เส้นอุปสงค์ คือเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของราคาสินค้าและความต้องการซื้อของผู้บริโภค ณ เวลาใดเวลาหนึ่งโดยกำหนดให้สิ่งอื่นๆ คงที่ โดยปกติแล้วจากกฎของอุปสงค์ (Law of Demand) ราคาจะแปรผกผันกับปริมาณความต้องการซื้อสินค้า กล่าวคือหากสินค้ามีราคาสูงความต้องการซื้อสินค้าจะลดลง ในทางตรงกันข้ามหากสินค้ามีราคาต่ำความต้องการซื้อสินค้าจะเพิ่มขึ้น ใน

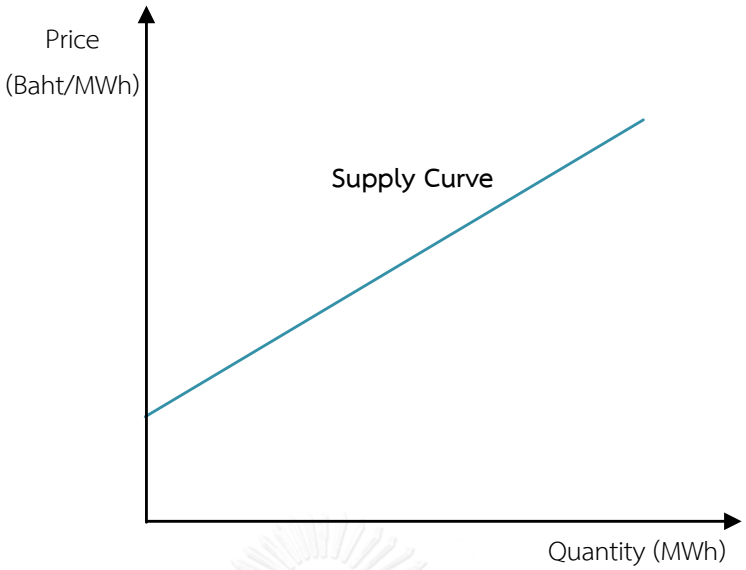
บริบทของกิจการซื้อขายไฟฟ้าเส้นอุปสงค์จะหมายถึงความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่อัตราค่าไฟฟ้าต่างๆ กัน สามารถแสดงตัวอย่างของเส้นอุปสงค์ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างเส้นอุปสงค์ของผู้บริโภค

2) เส้นอุปทาน

เส้นอุปทาน คือเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของราคาสินค้าและความต้องการขายสินค้า ณ เวลาใดเวลาหนึ่งโดยกำหนดให้สิ่งอื่นๆ คงที่ โดยปกติแล้วจากกฎของอุปทาน (Law of Supply) ราคาสินค้าจะแปรผันตรงกับปริมาณความต้องการขายสินค้า กล่าวคือหากสินค้ามีราคาสูงความต้องการขายสินค้าจะเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากสินค้ามีราคาต่ำความต้องการขายสินค้าจะลดลง ในบริบทของกิจการซื้อขายไฟฟ้าเส้นอุปทานจะแสดงให้เห็นถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย หรือต้นทุนการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าแต่ละโรงนั่นเอง ซึ่งจะเรียงลำดับจากโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำสุด ไปยังโรงไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยสูงสุด สามารถแสดงตัวอย่างของเส้นอุปทานได้ดังรูปที่ 4.2



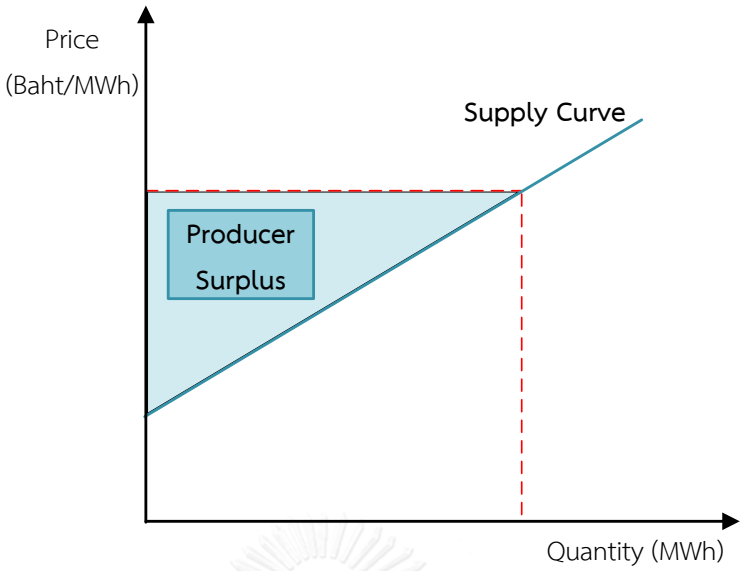
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างเส้นอุปทานของผู้ผลิต

3) ส่วนเกินผู้ผลิต (Producer Surplus)

ส่วนเกินผู้ผลิต คือ ผลประโยชน์จากการขายสินค้า โดยที่ราคาสินค้าสูงกว่าราคาที่ผู้ผลิตยินดีขาย ดังนั้นส่วนเกินผู้ผลิตสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ระหว่างราคาสินค้าและเส้นอุปทานของผู้ผลิต (Supply Curve) หากอธิบายในบริบทของกิจการซื้อขายไฟฟ้า ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากการหักลบรายได้ของการขายไฟฟ้าให้ผู้จำหน่ายไฟฟ้า และต้นทุนจากการผลิตไฟฟ้า ในระบบไฟฟ้ากำลังผู้ดูแลระบบจะควบคุมการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลาเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า และรายได้จากการขายไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นการคำนวณผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องคำนวณในทุกๆ ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงกำลังผลิตไฟฟ้า สามารถแสดงส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าได้ดังสมการที่ (4.5) และรูปที่ 4.3

$$S_{Producer,i} = \sum_{\forall t} R_{Producer,i} - \sum_{\forall t}\sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \qquad (4.5)$$

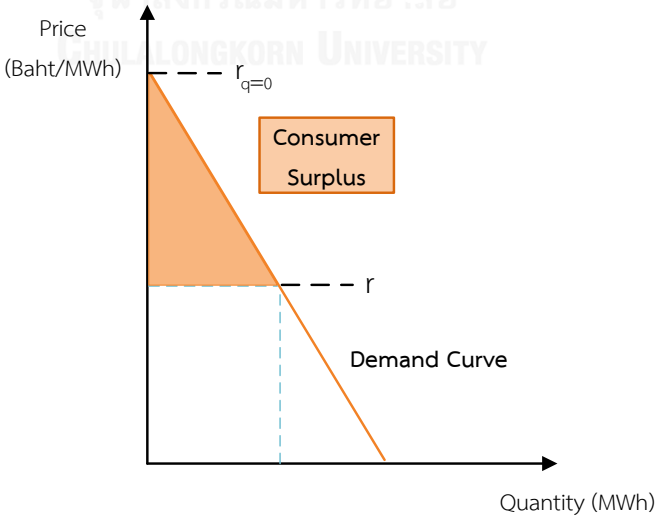
$S_{Producer,i}$	คือ ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht]
$R_{Producer,i}$	คือ รายได้ของผู้ผลิตไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[Baht]
C_j	คือ ต้นทุค่าเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]



รูปที่ 4.3 ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า

4) ส่วนเกินผู้บริโภค (Consumer Surplus)

ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า คือ ผลประโยชน์สุทธิจากการบริโภคสินค้าชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการที่ผู้บริโภคซื้อสินค้าต่ำกว่าในราคาที่ตนเองยินดีจ่าย สามารถคำนวณได้จากการหาพื้นที่ระหว่างเส้นอุปสงค์ของผู้บริโภคและราคาสินค้า หรือ การหาพื้นที่ระหว่างเส้นอุปสงค์ (Demand Curve) ของผู้ใช้ไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้านั่นเอง สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า

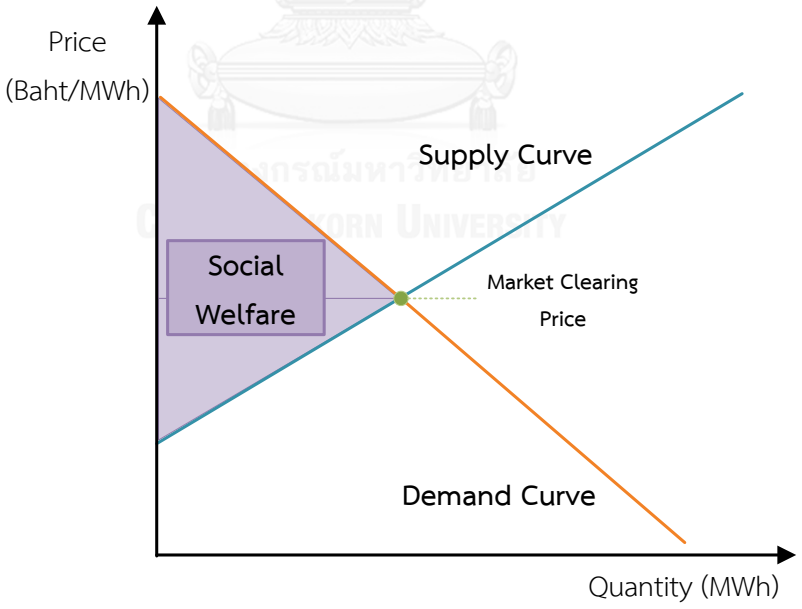
จากรูปจะพบว่าส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ระหว่าง Demand Curve และ อัตราค่าไฟฟ้า ดังสมการที่ (4.6) ซึ่งเป็นสมการสำหรับคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ

$$S_{Participant,i} = \int_{R=r}^{R=r_{q=0}} q_{Elasticity,i} dR \qquad (4.6)$$

$S_{Participant,i}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภค ณ เวลาที่ i	[Bah]t
$q_{Elasticity,i}$	คือ เส้นอุปสงค์ ณ เวลาที่ i	[Baht]
r	คือ อัตราค่าไฟฟ้า	[Baht/kWh]
$r_{q=0}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าสูงสุดที่จุดตัดแกนอัตราค่าไฟฟ้า	[Baht/kWh]

5) สวัสดิการสังคม (Social Welfare)

สวัสดิการสังคมคือผลรวมของผลประโยชน์ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในตลาดซื้อขายสินค้า หรืออีกความหมายหนึ่งคือส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า และ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้ารวมกัน เนื่องจากเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงผลประโยชน์ของผู้เกี่ยวข้องในกิจการซื้อขายไฟฟ้าจึงเรียกผลรวมนี้ว่าสวัสดิการสังคมนั่นเอง สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 สวัสดิการสังคม

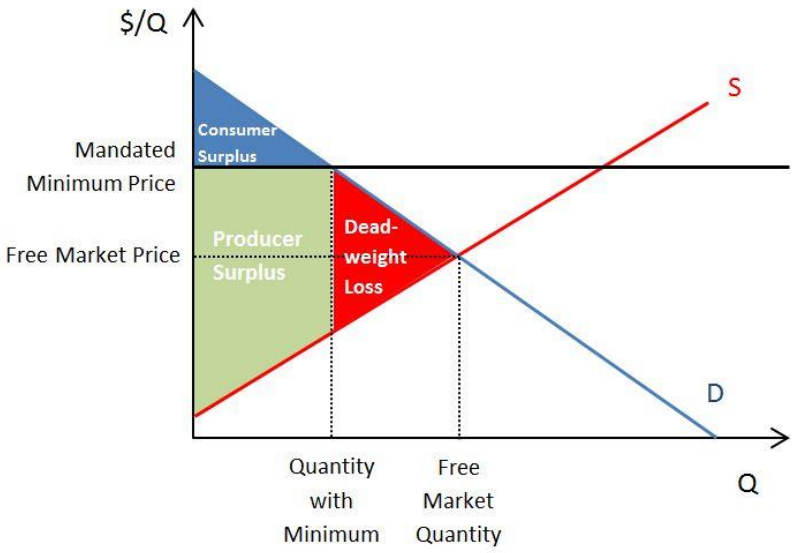
จากรูปที่ 4.3 ราคาสินค้าที่จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงที่สุดคือจุดที่เส้นอุปทานของผู้ผลิต และเส้นอุปสงค์ของผู้บริโภคอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าจุดที่ทำให้เกิดดุลยภาพตลาดนั่นเอง สามารถคำนวณสวัสดิการสังคมได้ดังสมการที่ (4.7)

$$\text{Social Welfare}_i = S_{Producer,i} + S_{Participant,i} \quad (4.7)$$

Social Welfare_i	คือ สวัสดิการสังคม ณ เวลาที่ i	[Baht]
$S_{Producer,i}$	คือ ส่วนเกินผู้ผลิต ณ เวลาที่ i	[Baht]
$S_{Participant,i}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภค ณ เวลาที่ i	[Baht/kWh]

6) การสูญเสียผลประโยชน์ของสังคม (Deadweight Loss)

การสูญเสียผลประโยชน์ของสังคมจะเกิดขึ้นเมื่อราคาสินค้าไม่อยู่ในจุดที่ทำให้เกิดดุลยภาพ เนื่องจากมีการสูญเสียประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์ เช่น ถ้าราคาสูงกว่าจุดดุลยภาพผู้บริโภคจะซื้อสินค้าน้อยลงและทำให้ปริมาณที่ผลิตน้อยลงเช่นเดียวกัน ผลสุทธิคือ Social Welfare ต่ำกว่า Social Welfare กรณีที่ราคาอยู่ที่จุดดุลยภาพ Social Welfare ที่ลดลงไปจะเรียกว่า Deadweight Loss หากราคาอยู่สูงกว่าจุดดุลยภาพจะทำให้ Consumer Surplus ลดลง แต่ในมุมผู้ผลิต Producer Surplus อาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับความชันของเส้น Supply Curve แต่ไม่ว่าอย่างไรก็ตามหากราคาสินค้าไม่ถูกกำหนดให้อยู่ในจุดดุลยภาพจะพบว่ามีการสูญเสียผลประโยชน์ของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง เนื่องจากหากกำหนดราคาที่จุดดุลยภาพจะทำให้ผลประโยชน์โดยรวมของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคสูงขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การสูญเสียผลประโยชน์ของสังคม

จากรูปจะพบว่าการสูญเสียผลประโยชน์ของสังคมสามารถคำนวณได้จากพื้นที่กราฟสีแดง ซึ่งเกิดจากการที่สวัสดิการสังคมไม่ใช่ค่าที่สูงสุดที่เป็นไปได้นั่นเอง

4.2 การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า จะใช้โครงสร้างของกิจการซื้อขายไฟฟ้าในประเทศไทย นโยบายจากภาครัฐ นิยาม และจุดประสงค์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในการกำหนดแบบจำลองในการคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคืออัตราค่าไฟฟ้าที่จะกำหนดต้องสอดคล้องเงื่อนไขทั้งหมดต่อไปนี้

- การไฟฟ้าทั้ง 3 แห่งถือเป็นรัฐวิสาหกิจซึ่งเป็นองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร ดังนั้นการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับมาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้าจะต้องทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดได้รับผลประโยชน์สูงสุด หรือ การทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุด
- นโยบายจากภาครัฐ เช่น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน มีจุดประสงค์ในการผลักดันมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยเพื่อลดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย เพื่อเลื่อนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าในอนาคต หากมองทางด้านเทคนิคแล้วหมายถึงการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเนื่องจาก Expected Energy Not Supplied และ Loss of Load Probability จะลดลง
- มาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า เช่น มาตรการ CPP โดยมากแล้วมีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย ดังนั้น อัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการประเภทอัตราค่าไฟฟ้า ควรจะปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าช่วงที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงได้

จากเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อที่กล่าวมาสามารถกำหนดปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้

1) กำหนดสมการผลกำไรของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในรูปของอัตราค่าไฟฟ้า ในบริบทของประเทศไทยจะประกอบด้วย
   - ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า (กฟผ.)
   - ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้จำหน่ายไฟฟ้า (กฟน. และ กฟภ.)
   - ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า

2) กำหนดปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยการทำให้สวัสดิการสังคมสูงที่สุด เนื่องจากจะทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดได้ผลประโยชน์ร่วมกันสูงสุด โดยการแก้ไขปัญหานี้จะใช้การแก้ปัญหา Optimization เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

3) กำหนดลักษณะของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภท Pricing เนื่องจากการเรียกใช้มาตรการความร่วมมือที่แตกต่างกัน ย่อมมีความแตกต่างกัน ดังนั้นแล้วการกำหนดลักษณะของมาตรการที่ต้องการในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็น เช่น มาตรการประเภท Critical Peak Pricing จะเป็นมาตรการที่กำหนดให้ช่วง Critical Peak มีอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงเป็นพิเศษ และ ช่วง Peak และ Off-Peak จะมีอัตราค่าไฟฟ้าที่ต่ำลง เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเข้าร่วมมาตรการนั่นเอง ดังนั้นการแก้ปัญหาเพื่อหาอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมจะต้องกำหนดให้ช่วงเวลาที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงเป็นช่วงที่เรียกใช้มาตรการประเภท CPP สำหรับรายละเอียดวิธีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าโดยละเอียดจะแสดงในบทที่ 5 ต่อไป

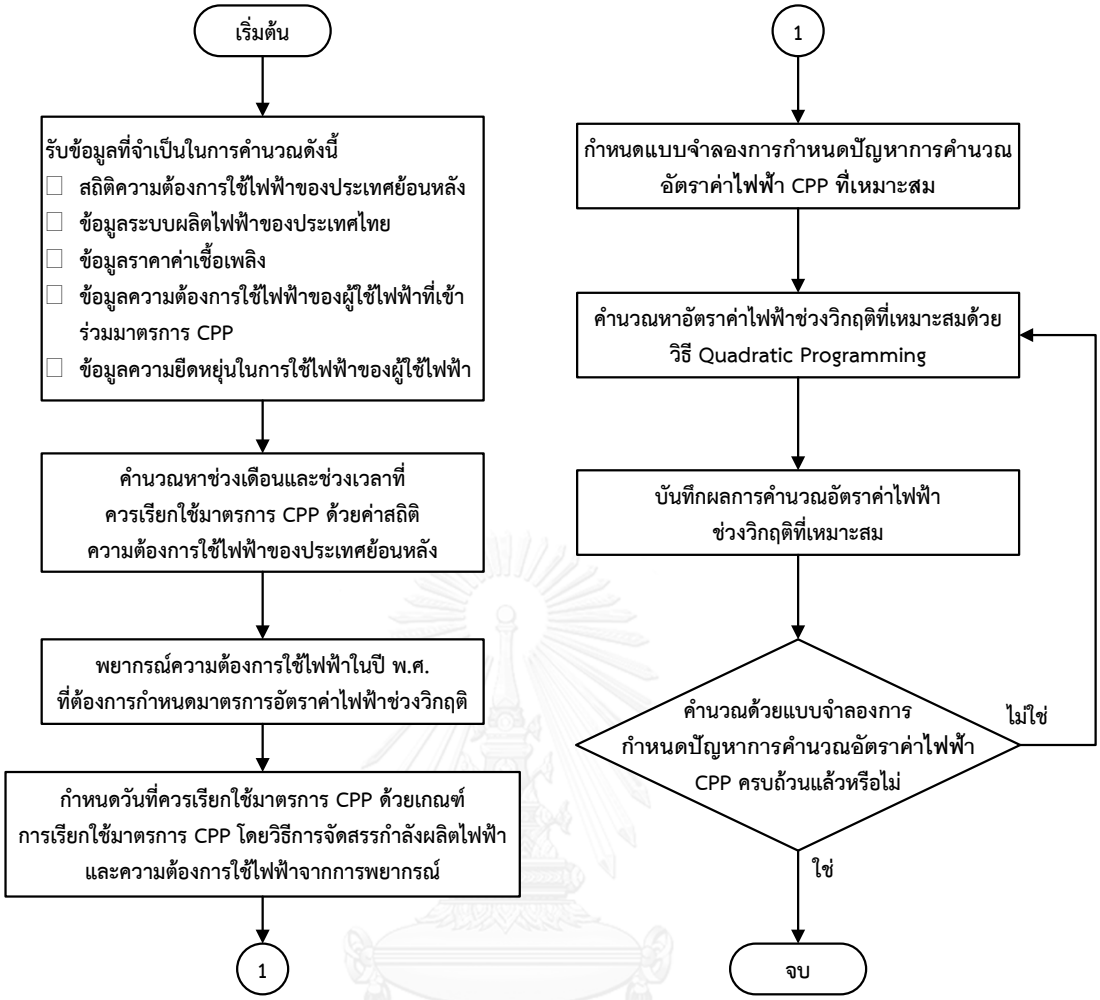
4) เนื่องจากในประเทศไทย กฟผ. จะเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าผันแปรตามกำลังการใช้ฟ้าและจำหน่ายไฟฟ้าให้ กฟน. หรือ กฟภ. ในอัตราคงที่ แต่ กฟน. หรือ กฟภ. คือผู้ที่จำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง ดังนั้นการกำหนดมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภท Pricing จำเป็นต้องกำหนดให้มีการคำนวณค่าไฟฟ้าผ่าน กฟน. หรือ กฟภ. ทว่า กฟผ. คือผู้ที่จะได้ผลประโยชน์จากการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย ดังนั้นแล้วจึงจำเป็นต้องมีแบบจำลองในการกระจายผลประโยชน์จากมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าจาก กฟผ. ไปยัง กฟน. และ กฟภ. ซึ่งจะได้อธิบายในบทที่ 5 ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
วิธีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

ในบทนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (Critical Peak Pricing : CPP) ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย โดยข้อดีของมาตรการ CPP คือ เป็นมาตรการที่ไม่มีความซับซ้อนในการประยุกต์ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า และเป็นมาตรการที่ผู้ผลิตไฟฟ้าหรือผู้ให้บริการรวบรวมโหลดจะเป็นผู้แจ้งเตือนล่วงหน้าถึงวันเหตุการณ์ที่จะเรียกใช้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติประมาณ 2-3 วัน เมื่อถึงวันเหตุการณ์ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการจะถูกคิดค่าไฟฟ้าด้วยอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงกว่าปกติ ในขณะที่อัตราค่าไฟฟ้าเวลาอื่น ๆ ในเดือนที่สามารถเรียกใช้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีค่าต่ำลงเพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเข้าร่วมมาตรการ แผนภาพของขั้นตอนการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1 โดยมีกระบวนการดังนี้

1) รับข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณได้แก่สถิติความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศย้อนหลัง ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ข้อมูลราคาค่าเชื้อเพลิง ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการ CPP
2) คำนวณหาช่วงเวลาและช่วงเดือนที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการ CPP ด้วยข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง เพื่อค้นหาช่วงเดือนและช่วงเวลาที่มีน่าจะเป็นที่จะเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ
3) พยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปีพ.ศ. ที่ต้องการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ เพื่อใช้ในการวางแผนและกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในปีดังกล่าว
4) กำหนดจำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP ด้วยเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP จากค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า
5) กำหนดแบบจำลองของปัญหาในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ และคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB



รูปที่ 5.1 แผนภาพของขั้นตอนการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยในบทนี้ได้แบ่งเนื้อหาในบทออกเป็นทั้งหมด 4 หัวข้อย่อยเพื่ออธิบายถึงกระบวนการที่ได้อธิบายอย่างละเอียดดังนี้

5.1 ลักษณะของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

5.2 การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

5.3 แบบจำลองการกระจายผลประโยชน์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

5.4 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP

5.1 ลักษณะของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

มาตรการอัตราค่าไฟฟ้า คือ มาตรการที่ผู้รวบรวมโหลด (โดยมากจะเป็นผู้จำหน่ายไฟฟ้า) เป็นผู้ให้บริการแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งลักษณะของมาตรการ CPP คือ มาตรการที่ปรับลดอัตราค่าไฟฟ้า TOU หรือ อัตราค่าไฟฟ้าปกติลงเพื่อเป็นแรงจูงใจให้มีผู้เข้าร่วมมาตรการ แต่เมื่อถึงเวลาที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหรือต้นทุนการซื้อไฟฟ้าจากตลาดไฟฟ้ามีค่าสูง ผู้รวบรวมโหลดจะแจ้งเตือนล่วงหน้าผู้ใช้ไฟฟ้า 2-3 วันถึงวันเหตุการณ์ที่จะมีอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่สูงกว่าอัตรา TOU มาก เพื่อปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าว

ในต่างประเทศจะมีข้อกำหนดด้านจำนวนครั้งในการเรียกใช้เพื่อลดความไม่สะดวกสบายของผู้ใช้ไฟฟ้าลง และการเรียกใช้มาตรการ CPP ในช่วงเวลาที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำจะส่งผลให้ผลประโยชน์ของ กฟผ. ลดลง เนื่องจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีราคาต่ำ และ อัตราจำหน่ายไฟฟ้าให้ กฟน. หรือ กฟภ. มีค่าคงที่ หากลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่ทำให้ กฟผ. ได้ผลประโยชน์เนื่องจากผลกำไรลดลง

ดังนั้นการกำหนดช่วงเวลาและจำนวนวันที่เรียกใช้ให้เหมาะสม จะมีผลต่อการหาอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกมาตรการ CPP ประเภทช่วงเวลาคงที่ เช่น หากมีการเรียกใช้มาตรการ CPP ช่วงเวลาวิกฤติจะคงที่ที่เวลา 14:00 – 17:00 น. ไม่ว่าจะเรียกใช้เมื่อไรตลอดอายุสัญญา ซึ่งเหมาะสมกับประเทศไทยที่ยังไม่มีประสบการณ์ในการดำเนินการมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทอัตราค่าไฟฟ้า เนื่องจากความซับซ้อนต่ำและเข้าใจง่าย สามารถสรุปลักษณะสำคัญที่มีผลต่อการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดของมาตรการได้ดังนี้

1) ช่วงเดือนที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เน้นการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการ CPP เพื่อผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์โดยรวมของประเทศ ดังนั้น เดือนที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP จึงเป็นเดือนที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุด และ เป็นเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เพื่อที่จะใช้มาตรการ CPP ในการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายได้อย่างมีประโยชน์สูงสุด โดยข้อมูลที่ใช้คือความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า กฟผ. ย้อนหลังเพื่อหาค่าสถิติ

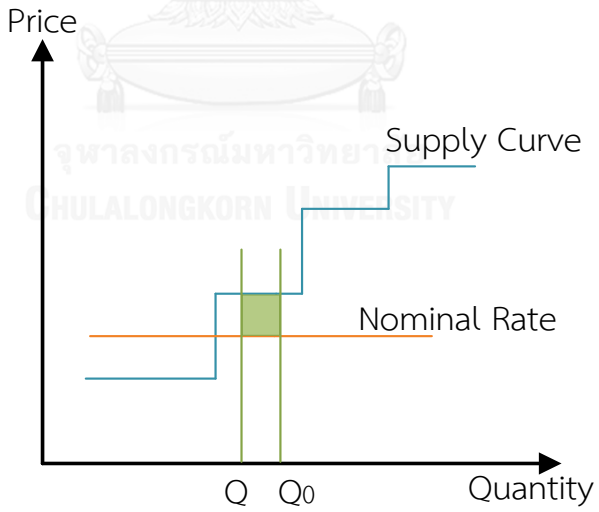
2) ช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP

มาตรการ CPP ประเภทช่วงเวลาคงที่ จะมีช่วงเวลาอัตราค่าไฟฟ้าวิกฤติที่ติดต่อกันเพียงช่วงเวลาเดียวใน 1 วัน เช่น ช่วงเวลา 14:00 – 15:00 หรือ 14:00 – 16:00 คือช่วงเวลาอัตราค่าไฟฟ้าวิกฤติ เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดช่วงเวลาของมาตรการ CPP จึงควรเลือกช่วงเวลาที่ครอบคลุมช่วงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงให้ได้มากที่สุดในช่วงเดือนที่เรียกใช้ CPP

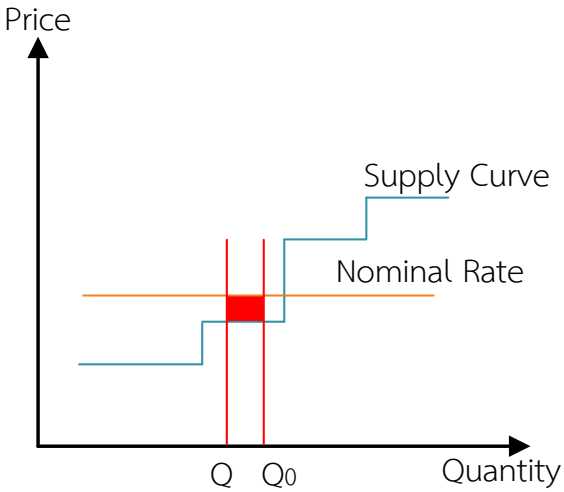
3) จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP

การกำหนดจำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP จะใช้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายเปรียบเทียบกับอัตราจำหน่ายไฟฟ้าให้กับ กฟน. หรือ กฟภ. หากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงกว่าอัตราดังกล่าว และมีการเรียกใช้มาตรการ CPP จะทำให้ กฟผ. ได้ผลประโยชน์ เนื่องจากสามารถลดหน่วยขายไฟฟ้าที่ทำให้ กฟผ. ขาดทุนได้ ดังรูปที่ 5.2 การลดหน่วยขายไฟฟ้าจากเดิม Q_0 หน่วยเป็น Q หน่วย จะสามารถลดการเสียผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าลงได้เท่ากับจำนวนพื้นที่ระบายสีเขียว

ในทางตรงกันข้ามหากมีการเรียกใช้มาตรการ CPP ในวันที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าอัตราจำหน่ายไฟฟ้าจะทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าเสียผลประโยชน์จากการลดการจำหน่ายไฟฟ้าที่ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้กำไร ดังรูปที่ 5.3 การลดหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าจากเดิม Q_0 หน่วยเป็น Q หน่วยจะทำให้เกิดการสูญเสียผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้าเท่ากับพื้นที่ระบายสีแดง อีกทั้งการเรียกใช้มาตรการ CPP อาจทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเลื่อนการใช้ไฟฟ้าเป็นเวลากลางคืน หากเรียกใช้มาตรการในวันที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลากลางคืนจะทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นและสูงกว่าช่วงเวลากลางวัน ส่งผลให้ผู้ผลิตไฟฟ้าเสียผลประโยชน์จากต้นทุนหน่วยสุดท้ายที่สูงขึ้นในช่วงเย็น ซึ่งเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP อย่างละเอียดจะได้อธิบายในบทที่ 5.4 ต่อไป



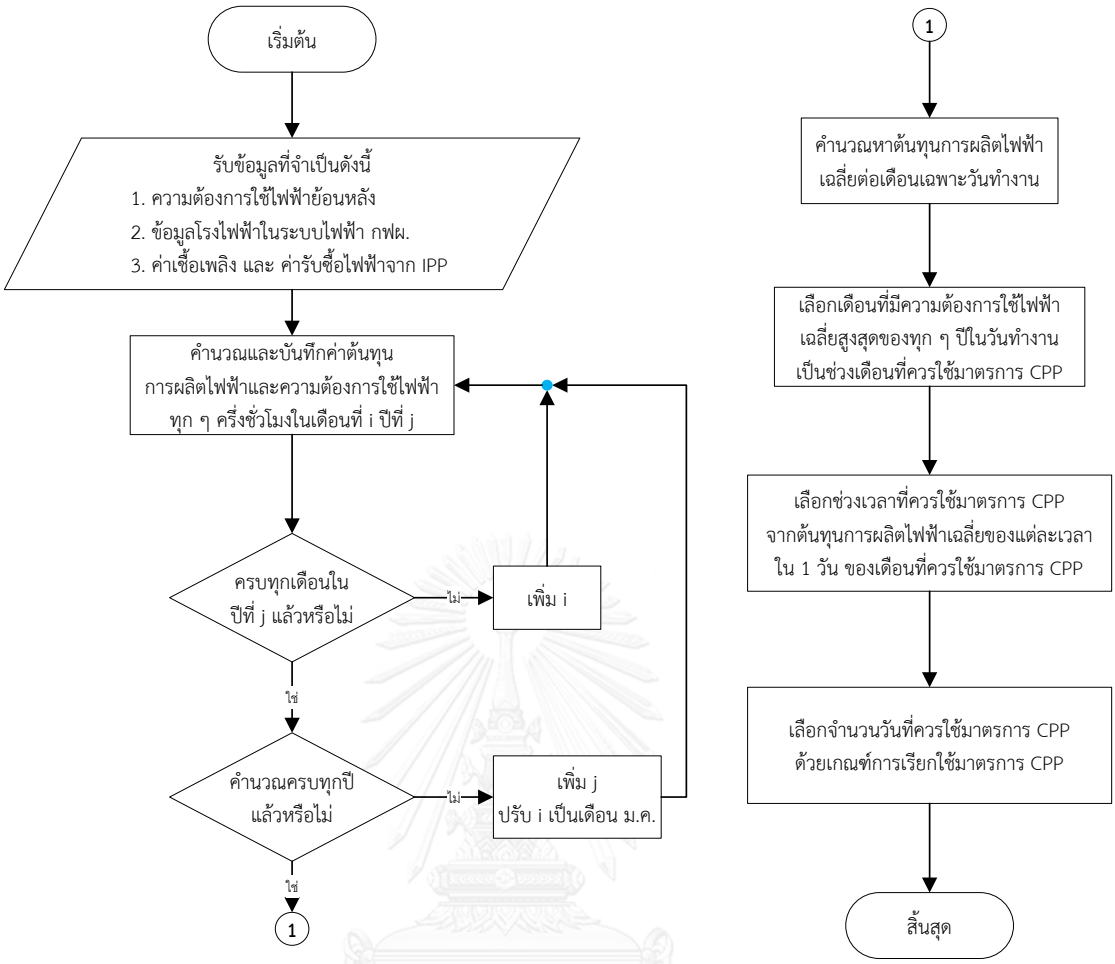
รูปที่ 5.2 ผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อมีการลดหน่วยขายไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าอัตราจำหน่ายไฟฟ้า



รูปที่ 5.3 การสูญเสียผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อมีการลดหน่วยขายไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำกว่าอัตราจำหน่ายไฟฟ้า

จากข้อสรุปลักษณะสำคัญของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภท CPP จะพบว่าดัชนีที่ใช้ในการกำหนดลักษณะต่าง ๆ คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ช่วงเวลาต่าง ๆ โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ข้อมูลโรงไฟฟ้าและข้อมูลค่าความร้อนจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย และเส้นรูปภาระ (Load Curve) จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ ด้วยวิธี Economic Dispatch ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบเชิงเส้น (Linear Programming)

เมื่อได้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ช่วงเวลาต่าง ๆ แล้ว จะนำข้อมูลเหล่านั้นในการกำหนดช่วงเดือน ช่วงเวลา และ จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP ต่อไป ขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเรียกใช้ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้ CPP

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

สำหรับการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมของมาตรการ CPP สามารถแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อย่อย คือ

5.2.1 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

5.2.2 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด

5.2.3 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลดและการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

5.2.4 ขั้นตอนวิธีการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

5.2.1 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าของมาตรการ CPP ที่เหมาะสมที่สุดจะเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาในการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุดในรูปของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติของผู้เข้าร่วมมาตรการซึ่งมีค่าคงที่ตลอดอายุสัญญา ($r_{CPP,i}$) และต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการผลิตไฟฟ้า ($P_{j,i}$) เพื่อให้อัตราค่าไฟฟ้าที่คำนวณถูกสะท้อนมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริง และคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย และผู้เข้าร่วมมาตรการ สามารถกำหนดปัญหาดังกล่าวได้ดังสมการที่ (5.1)

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i}\left(S_{\text{Participant},i}+S_{\text{MEA/PEA},i}+S_{\text{EGAT},i}\right) \tag{5.1}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j}P_{j,i}-q_{\text{Elasticity},i}=q_{\text{NonElasticity},i}-\sum_{\forall k}RE_{k,i}-\sum_{\forall l}Dam_{l,i};\forall i \tag{5.2}$$

$$P_{\min,j}\le P_{j,i}\le P_{\max,j} \tag{5.3}$$

$S_{\text{Elasticity},i}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht]
$S_{\text{MEA/PEA},i}$	คือ ผลกำไรของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย	[Baht]
$S_{\text{EGAT},i}$	คือ ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า	[Baht]
$P_{j,i}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{\max,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{\min,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{\text{NonElasticity},i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{\text{Elasticity},i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
RE_k	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานทดแทน และ SPP Non-Firm โรงที่ k ณ เวลาที่ i	[MW]
Dam_l	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของเขื่อนโรงที่ l ณ เวลาที่ i	[MW]

จากปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้านบน สามารถแบ่งรายละเอียดได้ดังนี้

- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ คือ $S_{Participant}+S_{MEA/PEA}+S_{EGAT}$ ซึ่งจะอยู่ในรูปของตัวแปรอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ($r_{CPP,i}$) และกำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ($P_{j,i}$) ซึ่งคำตอบที่ได้จะเป็นอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติและกำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ทำให้ผลรวมของผลประโยชน์ของผู้ใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตสูงสุด หรือการทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดนั่นเอง สอดคล้องกับเงื่อนไขของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในหัวข้อที่ 4.2 โดยส่วนเกินผู้ผลิต ผลกำไรของผู้จำหน่ายไฟฟ้าและส่วนเกินผู้บริโภคสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.1), (5.2) และ (5.3) ตามลำดับ

$$S_{EGAT,i} = q_{Elasticity,i} \times r_{EGAT,i} - \sum_{\forall t}\sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \tag{5.4}$$

$$S_{MEA/PEA,i} = q_{Elasticity,i} \times r_{CPP,i} - q_{Elasticity,i} \times r_{EGAT,i} \tag{5.5}$$

$$S_{Participant,i} = \int q_{Elasticity,i}\, dr \tag{5.6}$$

สมการผลกำไรของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะละเลยรายได้จากผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นๆ โดยใช้สมมติฐานว่าผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องจะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมเนื่องจากไม่มีแรงจูงใจให้ปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและเป็นค่าคงที่ ดังนั้นสมการวัตถุประสงค์สามารถจัดรูปใหม่ได้ดังสมการที่ (5.5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$\text{Max} \sum_{\forall i}\left(S_{Participant,i} + q_{Elasticity,i} \times r_{CPP,i} - \sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \right) \tag{5.7}$$

พฤติกรรมความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า ($q_{Elasticity}$) ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า (2.6) เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองเดียวที่สามารถคำนวณส่วนเกินผู้บริโภคของผู้บริโภคได้เมื่อความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 0 แต่มากกว่า -1 ซึ่งเป็นช่วงของค่าความยืดหยุ่นของผู้บริโภคประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า จากแบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า (2.6) และสมการที่ (5.5) สามารถจัดรูปสมการที่ (5.1) ในรูปของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ($r_{CPP,i}$) และกำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่างๆ ($P_{j,i}$) ได้ดังสมการที่ (5.6)

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i}\left(\frac{q_{0,i}\times e_{i,i}}{2r_{0,i}}\times r_{CPP,i}^{2}+\frac{q_{0,i}\times e_{i,i}}{r_{0,i}}\times r_{CPP,i}^{2}-\sum_{\forall j}C_{j}\times P_{j,i}\right)+\text{constant} \tag{5.8}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j}P_{j,i}-q_{Elasticity,i}=q_{NonElasticity,i}-\sum_{\forall k}RE_{k,i}-\sum_{\forall l}Dam_{l,i};\forall i \tag{5.9}$$

$$P_{min,j}\le P_{j,i}\le P_{max,j} \tag{5.10}$$

$S_{Participant,i}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht]
C_{j}	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{max,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{min,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{NonElasticity,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{Elasticity,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{Elasticity,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าเดิมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$r_{EGAT,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าขายส่ง จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตไปการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย	[Baht/kWh]
$r_{CPP,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP จากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไปผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht/kWh]
constant	คือ ค่าคงที่	[Baht]

- สมการและอสมการข้อจำกัด (Constraints)

สมการข้อจำกัดในปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (5.1) คือ สมการสมดุลกำลังไฟฟ้า เป็นข้อจำกัดที่บังคับให้กำลังผลิตไฟฟ้ามีค่าเท่ากับความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วความต้องการใช้ไฟฟ้าจะเป็นค่าคงที่ ผู้ผลิตไฟฟ้ามีหน้าที่ปรับกำลังผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้า แต่ระบบไฟฟ้าที่ประยุกต์ใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า ผู้ผลิตไฟฟ้าจะสามารถควบคุมความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบดังกล่าวได้ระดับหนึ่ง หมายความว่าความต้องการใช้

ไฟฟ้าจะไม่ใช่ค่าคงที่แต่เป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้นั่นเอง สำหรับสมการข้อจำกัดที่สองคือสมการข้อจำกัดด้านกำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าต่าง ๆ

- อัตราส่วนลด

เงื่อนไขสุดท้ายคือเงื่อนไขสำหรับอัตราส่วนลดเพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเข้าร่วมมาตรการ CPP โดยอัตราส่วนลดจะใช้หลักการเป็นกลางทางรายได้ (Revenue Neutral) ในการคำนวณอัตราส่วนลด กล่าวคือหากผู้ใช้ไฟฟ้าเข้าร่วมมาตรการ CPP และแม้ว่าจะไม่ปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะมีค่าเท่าเดิม อธิบายในอีกความหมายหนึ่งได้ว่าช่วงที่มีอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะถูกเรียกเก็บค่าไฟฟ้าด้วยอัตราที่สูงกว่าปกติ แต่อัตราค่าไฟฟ้าที่ถูกเรียกเก็บในช่วงเวลาอื่น ๆ นอกเหนือจากช่วงวิกฤติจะต่ำกว่าปกติ และต่ำลงจนค่าไฟฟ้าเท่าเดิมในกรณีที่ไม่มีการปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้านั่นเอง สามารถกำหนดสมการเป็นกลางทางรายได้ดังสมการที่ (5.11)

$$\sum_{\forall i \in CPP} q_{Elasticity_0,i} \times r_{CPP,i} + \sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i} \times \left(r_{Base,i} - D \right) = \sum_{\forall i} q_{Elasticity_0,i} \times r_{Base,i} \quad (5.11)$$

โดยพหุนามซ้ายของสมการคืออัตราค่าไฟฟ้าหลังจากเข้าร่วมมาตรการ CPP เนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Critical Peak จะเป็นอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติและอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak และ Off-Peak จะมีอัตราส่วนลด ในขณะที่พจน์ทางขวาของสมการจะเป็นอัตราค่าไฟฟ้าก่อนเข้าร่วมมาตรการ CPP เนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าในทุกๆ ช่วงเป็นอัตราค่าไฟฟ้าปกติ จากสมการที่ (5.11) จะสามารถคำนวณอัตราส่วนลด (D) ได้ ซึ่งอัตราส่วนลดดังกล่าวจะมีผลในการคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีพฤติกรรมตามสมการ (2.6) จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าต่ำลง จัดรูปสมการ (5.11) เพื่อคำนวณค่าอัตราส่วนลดได้ดังสมการที่ (5.12)

$$D = \frac{\sum_{\forall i \in CPP} q_{Elasticity_0,i} \times r_{CPP,i} + \sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i} \times r_{Base,i} - \sum_{\forall i} q_{Elasticity_0,i} \times r_{Base,i}}{\sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i}} \quad (5.12)$$

ซึ่งอัตราส่วนลดนี้จะนำไปหักลบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับอัตราค่าไฟฟ้าที่ลดลงเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเข้าร่วมมาตรการสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า

5.2.2 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด

จากอัตราส่วนลดตามสมการที่ (5.8) และพฤติกรรมของความต้องการใช้ไฟฟ้าตามสมการที่ (3.6) จะพบว่าอัตราส่วนลดมีผลต่อพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak มีค่าลดลง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะสร้างแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด จากสมการที่ (5.1) จะสามารถจัดรูปโดยพิจารณาช่วงเวลาที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP จะมีอัตราค่าไฟฟ้าเป็น $r_{CPP,i}$ ในขณะที่อัตราค่าไฟฟ้าช่วงเวลาอื่น ๆ จะเป็น $r_{Base,i} - D$ สามารถแสดงได้ดังฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (5.9)

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i} f(i) \begin{cases} Kr_{CPP,i}^2 - Cost_i \ ; i \in CPP \\ q_{0,i} e_{i,i} / 2r_{0,i} \left(r_{Base,i} - D\right)^2 + q_{0,i} e_{i,i} \left(r_{Base,i} - D\right)^2 - Cost_i \ ; i \notin CPP \end{cases} \tag{5.13}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j} P_{j,i} - q_{Elasticity,i} = q_{NonElasticity,i} - \sum_{\forall k} RE_{k,i} - \sum_{\forall l} Dam_{l,i} ; \forall i \tag{5.14}$$

$$P_{min,j} \le P_{j,i} \le P_{max,j} \tag{5.15}$$

$$Cost_i = \sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \tag{5.16}$$

$$K_i = \frac{3}{2} q_{0,i} e_{i,i} r_{0,i} \tag{5.17}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไรก็ตามเนื่องจาก D อยู่ในรูปของ $r_{CPP,i}$ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นสมการที่ (5.8) สามารถจัดรูปใหม่ได้ดังสมการที่ (5.18)

$$D = A \times r_{CPP,i} + C \tag{5.18}$$

โดยที่ A และ C สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการที่ (5.19) และ (5.20) ตามลำดับ

$$A = \frac{\sum_{\forall i \in CPP} q_{Elasticity_0,i}}{\sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i}} \tag{5.19}$$

$$C = \frac{\sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i} \times r_{Base,i} - \sum_{\forall i} q_{Elasticity_0,i} \times r_{Base,i}}{\sum_{\forall i \notin CPP} q_{Elasticity_0,i}} \quad (5.20)$$

เมื่อแทนค่าสมการที่ (5.18) ในสมการที่ (5.13) จะสามารถจัดรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้อยู่ในรูปของ $r_{CPP,i}$ ได้ดังสมการที่ (5.21)

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i} f(i) \begin{cases} K_i r_{CPP,i}^2 - Cost_i + constant_1 & ; i \in CPP \\ M_i r_{CPP,i}^2 + O_i r_{CPP,i} - Cost_i + constant_2 & ; i \notin CPP \end{cases} \quad (5.21)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j} P_{j,i} - q_{Elasticity,i} = q_{NonElasticity,i} - \sum_{\forall k} RE_{k,i} - \sum_{\forall l} Dam_{l,i} ; \forall i \quad (5.22)$$

$$P_{min,j} \le P_{j,i} \le P_{max,j} ; \forall j \quad (5.23)$$

$$Cost_i = \sum_{\forall j} C_j \times P_{j,i} \quad (5.24)$$

$$M_i = \frac{q_{0,i} e_{i,i}}{2 r_{0,i}} A \quad (5.25)$$

$$O_i = q_{0,i} e_{i,i} A \quad (5.26)$$

$$K_i = \frac{3}{2} q_{0,i} e_{i,i} r_{0,i} \quad (5.27)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ $constant_1$ และ $constant_2$ คือค่าคงที่ที่ไม่ใช่สัมประสิทธิ์ของตัวแปร $r_{CPP,i}$ และสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.28) และ (5.29)

$$constant_1 = -\frac{q_{0,i} r_{Base,i} \left(1 - e_{i,i}\right)^2}{2 e_{i,i}} \quad (5.28)$$

$$constant_2 = q_{0,i} C + \frac{q_{0,i} r_{Base,i} e_{i,i}}{2} + \frac{q_{0,i} e_{i,i} C^2}{2 r_{Base,i}} \quad (5.29)$$

$q_{Elasticity,i}$ คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i [MW]

$q_{Elasticity_0,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าเดิมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{NonElasticity,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$r_{CPP,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าขายปลีกของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP จากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายไปผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht/kWh]
$r_{Base,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า TOU ของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht/kWh]
D	คือ อัตราส่วนลด	[Baht/kWh]
C_j	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j	[Baht/kWh]
$P_{j,i}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{max,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]
$P_{min,j}$	คือ กำลังผลิตไฟฟ้าต่ำสุดของโรงไฟฟ้าที่ j ณ เวลาที่ i	[MW]

จากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (5.13) จะสามารถคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลดของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak และ ช่วงเวลา Off-Peak โดยค่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้จะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจากการคำนวณด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (5.6) เนื่องจากหากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติยิ่งมาก จะทำให้อัตราส่วนลดมากขึ้นและส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในเวลา Peak และช่วง Off-Peak สูงขึ้น สวัสดิการสังคม (Social Welfare) ในช่วงเวลาดังกล่าวจะลดลง ดังนั้นด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (5.13) อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้จะลดลงเพื่อทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดโดยคำนึงสวัสดิการสังคมที่ลดลงในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2.3 แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาแบบจำลองพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วง Critical Peak โดยพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (3.10) - (3.12) และมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากอัตราส่วนลดของมาตรการอัตราค่าไฟฟ้า CPP

โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้สมมติฐานการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีลักษณะคงที่ [18] สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.30)

$$q_{PB,i} = \begin{cases} Energy_{PB}/D_{PB} \; ; \; i \in \text{Scheduled Load Shift} \\ 0 \; ; \; \text{otherwise} \end{cases} \quad (5.30)$$

เมื่อแทนสมการที่ (5.30) ลงในสมการข้อจำกัดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (5.8) จะสามารถสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใหม่ได้ดัง (5.31) ซึ่งเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่คำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติโดยคำนึงถึงพฤติกรรมของการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าไปยังช่วงเวลา Off-Peak

$$\text{Max} \quad \sum_{\forall i}\left(\frac{q_{0,i}\times e_{i,i}}{2r_{0,i}}\times r_{CPP,i}^{2}+\frac{q_{0,i}\times e_{i,i}}{r_{0,i}}\times r_{CPP,i}^{2}-\sum_{\forall j}C_{j}\times P_{j,i}\right)+\text{constant} \quad (5.31)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\forall j}P_{j,i}-q_{Elasticity,i}=q_{NonElasticity,i}-\sum_{\forall k}RE_{k,i}-\sum_{\forall l}Dam_{l,i}\;;\forall i \notin SLS \quad (5.32)$$

$$\sum_{\forall j}P_{j,i}-q_{Elasticity,i}=q_{NonElasticity,i}+q_{PB,i}-\sum_{\forall k}RE_{k,i}-\sum_{\forall l}Dam_{l,i}\;;\forall i \in SLS \quad (5.33)$$

$$P_{min,j} \le P_{j,i} \le P_{max,j} \;;\forall j \quad (5.34)$$

จากสมการข้อจำกัดที่ (5.31) จะมีพจน์ $q_{PB,i}$ ที่เป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าจากช่วงเวลา Critical Peak มายังช่วงเวลา Off-Peak หากความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ลดในช่วงเวลา Critical Peak มาก ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เลื่อนไปช่วงเวลา Off-Peak จะมากเช่นเดียวกัน และส่งผลให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วงเวลา Off-Peak มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้จะมีค่าลดลงเพื่อลดการขาดทุนในช่วง Off-Peak

5.3 แบบจำลองการกระจายผลประโยชน์ของมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า

การเรียกใช้มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในแบบจำลองที่ได้อธิบายด้านบนนั้น ผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะเป็นผู้ที่เรียกเก็บอัตราค่าไฟฟ้าดังกล่าวกับผู้เข้าร่วมมาตรการ กล่าวคือในช่วงเวลาวิกฤติผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะถูกแจ้งเตือนจากผู้ผลิตไฟฟ้าและส่งผ่านการแจ้งเตือนไปยังผู้เข้าร่วมมาตรการ รวมถึงอัตราส่วนลดสำหรับผู้เข้าร่วมมาตรการ ผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะเป็นผู้ที่มีรายได้ลดลงเนื่องจากอัตราส่วนลดที่คำนึงถึงหลักการรายได้ที่เป็นกลาง

ในบริบทของผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้ผลประโยชน์เนื่องจากสามารถลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่ทำให้องค์กรขาดทุนได้ดังรูปที่ 5.2 รวมถึงไม่มีอัตราส่วนลดของอัตราจำหน่ายไฟฟ้าให้ผู้จำหน่ายไฟฟ้า ขัดแย้งกับเงื่อนไขหัวข้อที่ 4.2 ในมุมมองภาพรวมของทั้งประเทศแล้วผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องมีผลประโยชน์ร่วมกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีแบบจำลองเพื่อกระจายผลประโยชน์ของผู้ผู้ผลิต

ไฟฟ้า โดยจะใช้วิธีการชดเชยผลกำไรเดิมของผู้จำหน่ายไฟฟ้าด้วยผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.35) และ (5.36) ตามลำดับ

$$S_{Nominal,MEA/PEA} = \sum_{\forall i}\left((r_{Base,i} - r_{EGAT,i}) \times (q_{Elasticity_0,i} - q_{Elasticity,i})\right) \quad (5.35)$$

$$S_{EGAT} = \sum_{\forall i}\left((\lambda_i - r_{EGAT,i}) \times (q_{Elasticity_0,i} - q_{Elasticity,i})\right) \quad (5.36)$$

โดยผู้ผลิตไฟฟ้าจะจ่ายเงินเป็นจำนวนเท่ากับผลกำไรเดิมทั้งหมดของผู้จำหน่ายไฟฟ้า และส่วนที่เหลือจะนับเป็นผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้า ดังนั้นแล้วผลประโยชน์ของผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.37)

$$S_{EGAT} = \sum_{\forall i}\left((\lambda_i - r_{Base,i}) \times (q_{Elasticity_0,i} - q_{Elasticity,i})\right) \quad (5.37)$$

$S_{Nominal,\ MEA/PEA}$	คือ ผลกำไรของผู้จำหน่ายไฟฟ้า	[Baht]
S_{EGAT}	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ผลิตไฟฟ้า	[Baht]
$q_{Elasticity,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$q_{Elasticity_0,i}$	คือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าเดิมของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า ณ เวลาที่ i	[MW]
$r_{EGAT,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าขายส่ง จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตไปการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย	[Baht/kWh]
$r_{Base,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า TOU ของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht/kWh]
λ_i	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย	[Baht/kWh]

5.4 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ที่เหมาะสม

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ให้เกิดผลประโยชน์ต่อทุกฝ่าย โดยวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP จะใช้ข้อมูลพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศในปีปัจจุบันในการคำนวณ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการที่ (5.35) – (5.37) โดยเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแบ่งออกเป็น 2 เกณฑ์ตามพฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

5.4.1 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าไม่มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

5.4.2 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

5.4.1 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าไม่มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้ผลประโยชน์จากอัตราส่วนลดของมาตรการ CPP และการปรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในช่วง Critical Peak โดยปริมาณของอัตราส่วนลดจะแปรผันตามการเรียกใช้มาตรการ CPP หากมีการเรียกใช้มาตรการ CPP บ่อยครั้งและมีอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่สูงจะทำให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงตามไปด้วย และผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้ผลประโยชน์จากอัตราส่วนลดมากขึ้น

สำหรับผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะได้ผลตอบแทนจากผู้ผลิตไฟฟ้าเท่ากับส่วนต่างของกำไรที่สูญเสียไปเนื่องจากการลดการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ตามสมการที่ (5.35) ดังนั้นเมื่อข้อกำไรของผู้จำหน่ายไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP และกำไรขอผู้ผลิตไฟฟ้าจะสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.38) และจะมีค่ามากกว่า 0 เมื่อ λ_i มากกว่า $r_{Base,i}$ ดังแสดงได้ดังอสมการที่ (5.38)

$$S_{EGAT} > 0 \;\middle|\; \lambda_i - r_{Base,i} > 0 \; ; \; i \in CPP \qquad (5.38)$$

S_{EGAT}	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ผลิตไฟฟ้า	[Baht]
$r_{Base,i}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้า TOU ของผู้ใช้ไฟฟ้า	[Baht/kWh]
λ_i	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย	[Baht/kWh]

จากอสมการที่ (5.38) สามารถสรุปได้ว่าการเรียกใช้มาตรการ CPP จะมีผลประโยชน์ต่อทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องก็ต่อเมื่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย λ_i มีค่ามากกว่าค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นผู้จ่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย $r_{Base,i}$ เท่านั้น

5.4.2 เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

หากมีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า การลดความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา Critical Peak อาจทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเลื่อนการใช้ไฟฟ้าไปยังช่วงเวลา Off-Peak และก่อให้เกิด Peak Load ช่วงเวลา Off-Peak แทน ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าโดยรวมอาจไม่ลดลงและไม่เกิดประโยชน์แก่ระบบไฟฟ้าในการเรียกใช้มาตรการ CPP ได้ โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาเฉพาะการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP เท่านั้น

ดังนั้น หากมีการคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแล้ว เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ตามอสมการที่ (5.38) จะต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อรองรับต่อการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า โดยในช่วงเวลา Critical Peak ผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อมีการกระจายผลประโยชน์ให้ผู้จำหน่ายไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.37) และเมื่อแทนค่าสมการการลดการใช้ไฟฟ้า (3.11) ใน (5.37) และใช้สมมติฐานว่าช่วงเวลาที่เรียกใช้มาตรการ CPP ใน 1 วันจะเป็นช่วงที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายคงที่ จะสามารถสามารถจัดให้อยู่ในรูปดังสมการที่ (5.39) ได้ดังนี้

$$S_{EGAT,CPP} = \sum_{\forall i}\left((\lambda_i - r_{Base,i})\right) \times Energy_{Curtail} \; ; i \in CPP \tag{5.39}$$

อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า ผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา Off-Peak หรือช่วงเวลา Scheduled Load Shift ซึ่งพลังงานที่ผู้ใช้ไฟฟ้าเลื่อนจะสามารถคำนวณได้จากพลังงานที่ผู้ใช้ไฟฟ้าลดและคูณด้วย α ผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.40)

$$S_{EGAT,SLS} = -\sum_{\forall i}\left((\lambda_i - r_{Base,i})\right) \times Energy_{PB} ; i \in SLS \tag{5.40}$$

$$Energy_{PB} = \alpha Energy_{Curtail} \tag{5.41}$$

$$SLS \triangleq \text{Scheduled Load Shift} \tag{5.42}$$

ผลกำไรโดยรวมของผู้ผลิตไฟฟ้าเมื่อคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจะสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.42) โดยคำนวณจากผลรวมของ (5.39) และ (5.40) ตามลำดับ

$$S_{EGAT} = \sum_{\forall i}\left((\lambda_{i,CPP} - \lambda_{i,SLS})\right) \times Energy_{PB} \tag{5.43}$$

สมการที่ (5.42) เป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น หากพิจารณาถึงเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP โดยละเอียดนั้น สมการที่ (5.39) – (5.40) สามารถจัดรูปได้ดังสมการที่ (5.44) – (5.45) ตามลำดับ

$$S_{EGAT,CPP} = \sum_{i=t_1}^{N}\left\{\left(\lambda_i - r_{Base,i}\right)\cdot\left|q_{0,i}e_{i,i}\frac{r_{CPP} - r_{Base,j}}{r_{Base,j}}\right|\right\} \tag{5.44}$$

$$S_{EGAT,SLS} = -\sum_{i=t_2}^{M}\left\{\left(\lambda_i - r_{Base,i}\right)\cdot\alpha\sum_{j=t_1}^{N}\left(\left|q_{0,j}e_{j,j}\frac{r_{CPP}-r_{Base,j}}{r_{Base,j}}\right|\div\left(M-t_2+1\right)\right)\right\} \quad (5.45)$$

$$\{t_1, t_1+1, .., N\} \in \text{CPP} \quad (5.46)$$

$$\{t_2, t_2+1, .., M\} \in \text{Scheduled Load Shift} \quad (5.47)$$

$S_{EGAT,CPP}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา Critical Peak	[Baht]
$S_{EGAT,SLS}$	คือ ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา Scheduled Load Shift	[Baht]

เนื่องจากการเรียกใช้มาตรการ CPP มีช่วงเวลาในการเรียกใช้เพียง 1 – 2 ชั่วโมงต่อวัน และการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจะมีระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาการเรียกใช้มาตรการ CPP ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย และอัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงการเรียกใช้มาตรการ CPP มีค่าคงที่ และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย และอัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้ามีค่าคงที่ สามารถแสดงได้ดังสมการที่ (5.48) – (5.51)

$$S_{EGAT,CPP} = \left(\lambda_{CPP} - r_{Base,CPP}\right)\sum_{i=t_1}^{N}\left(\left|q_{0,i}e_{i,i}\frac{r_{CPP}-r_{Base,j}}{r_{Base,j}}\right|\right) \quad (5.48)$$

$$S_{EGAT,SLS} = -\alpha\left(\lambda_{SLS} - r_{SLS}\right)\sum_{j=t_1}^{M}\left(\left|q_{0,j}e_{j,j}\frac{r_{CPP}-r_{Base,j}}{r_{Base,j}}\right|\right) \quad (5.49)$$

$$\lambda_{t_1} = \lambda_{t_1+1} = \ldots = \lambda_N \;;\; \{t_1, t_1+1, .., N\} \in \text{CPP} \quad (5.50)$$

$$\lambda_{t_2} = \lambda_{t_2+1} = \ldots = \lambda_N \;;\; \{t_2, t_2+1, .., M\} \in \text{Scheduled Load Shift} \quad (5.51)$$

λ_{CPP}	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายช่วง Critical Peak	[Baht/kWh]
$r_{Base,CPP}$	คือ อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Critical Peak	[Baht/kWh]
λ_{SLS}	คือ ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายช่วง Scheduled Load Shift	[Baht/kWh]
r_{SLS}	คือ อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Scheduled Load Shift	[Baht/kWh]

การเรียกใช้มาตรการ CPP จะได้ผลประโยชน์ต่อทุกฝ่ายเมื่อผลกำไรของผู้ผลิตไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 0 หรือ $S_{EGAT,CPP} + S_{EGAT,SLS} > 0$ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังอสมการที่ (5.52)

$$S_{EGAT,CPP} + S_{EGAT,SLS} > 0 \;\middle|\; \lambda_{CPP} > r_{Base,CPP} + \alpha\left(\lambda_{SLS} - r_{SLS}\right) \qquad (5.52)$$

ดังนั้นการเรียกใช้มาตรการ CPP จึงควรดำเนินการเมื่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายช่วง Critical Peak มากกว่าผลรวมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Critical Peak และ $\alpha\left(\lambda_{SLS} - r_{SLS}\right)$

โดยสรุปแล้วในการเรียกใช้มาตรการ CPP จะมีผลประโยชน์ต่อทุกฝ่ายเมื่อมีการเรียกใช้มาตรการด้วยหลักเกณฑ์ที่กำหนด โดยข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในการออกแบบมาตรการ CPP จึงเป็นข้อมูลพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปีที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้อมูลต่างๆ ได้นำมาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน และแหล่งอ้างอิงอื่นๆ ที่มีความเชื่อถือได้ โดยได้แบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มคือ

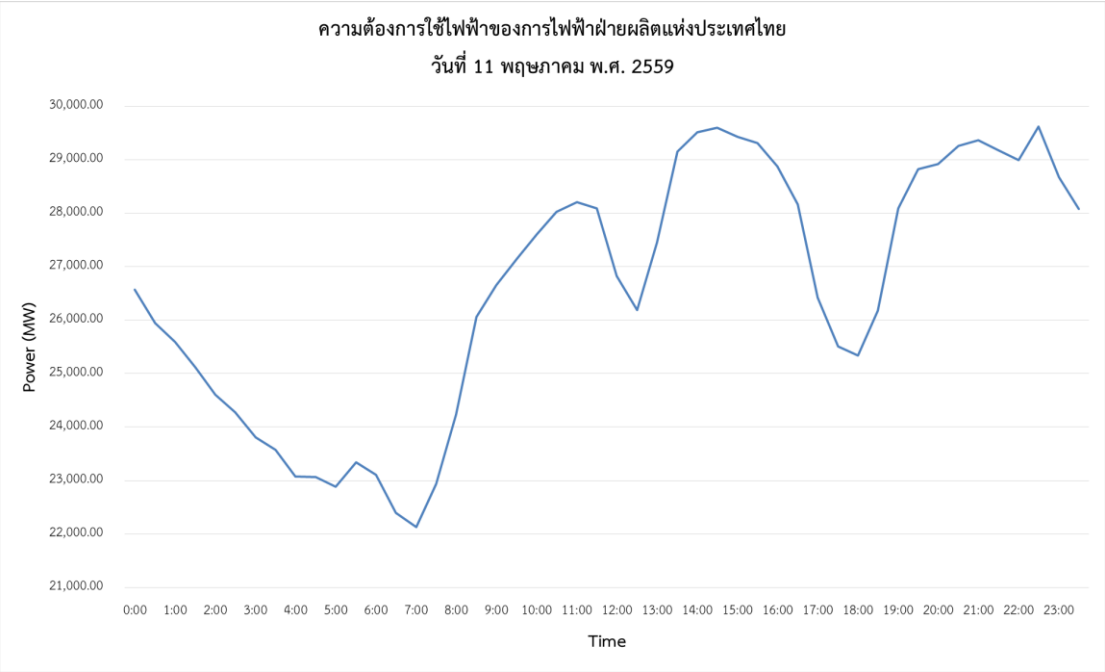
6.1 กลุ่มข้อมูลของความต้องการใช้ไฟฟ้า
6.2 กลุ่มข้อมูลของระบบไฟฟ้า
6.3 กลุ่มข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

6.1 กลุ่มข้อมูลของความต้องการใช้ไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พิจารณาเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ หรือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 ที่จดทะเบียนกับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายเท่านั้น และใช้ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย โดยข้อมูลต่างๆ ในหัวข้อนี้มีดังนี้

1) ความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย

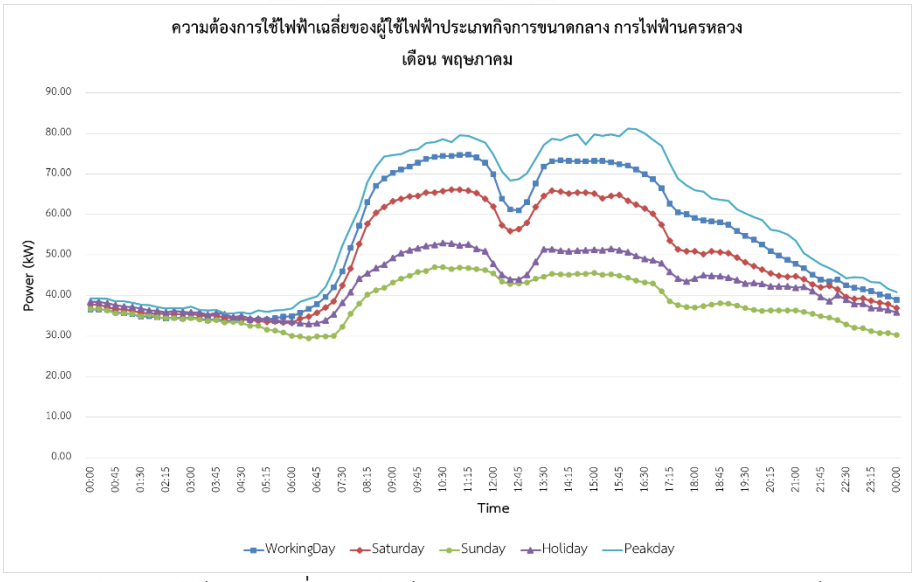
ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยได้ใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลที่บันทึกทุก 30 นาที สามารถแสดงตัวอย่างข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในวันที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดปี พ.ศ. 2559 (11 พฤษภาคม 2559) ได้ดังรูปที่ 6.1



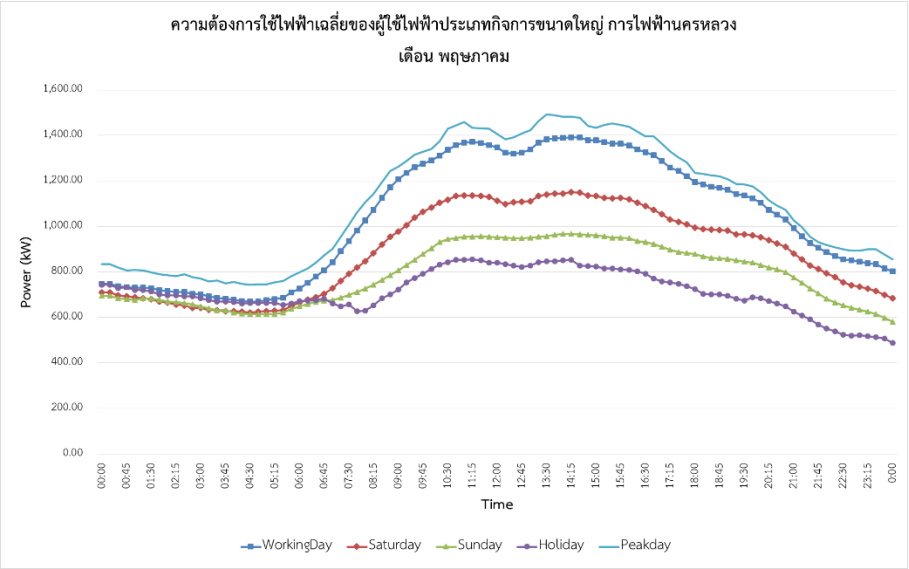
รูปที่ 6.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2) ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่

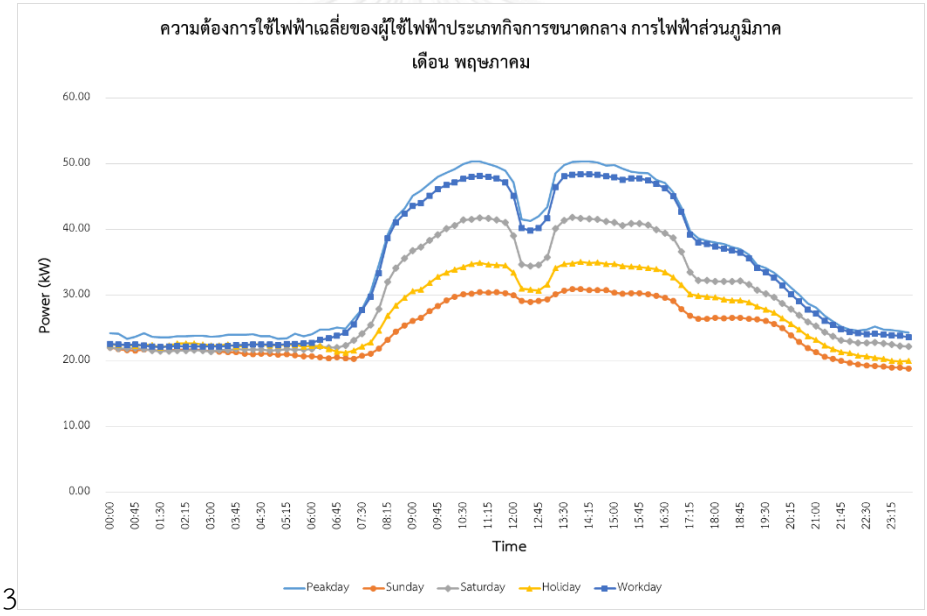
ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าจะใช้ข้อมูลการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [19] โดยตัวอย่างความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่สำหรับการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายในเดือนพฤษภาคมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.2 - รูปที่ 6.5



รูปที่ 6.2 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง การไฟฟ้านครหลวง

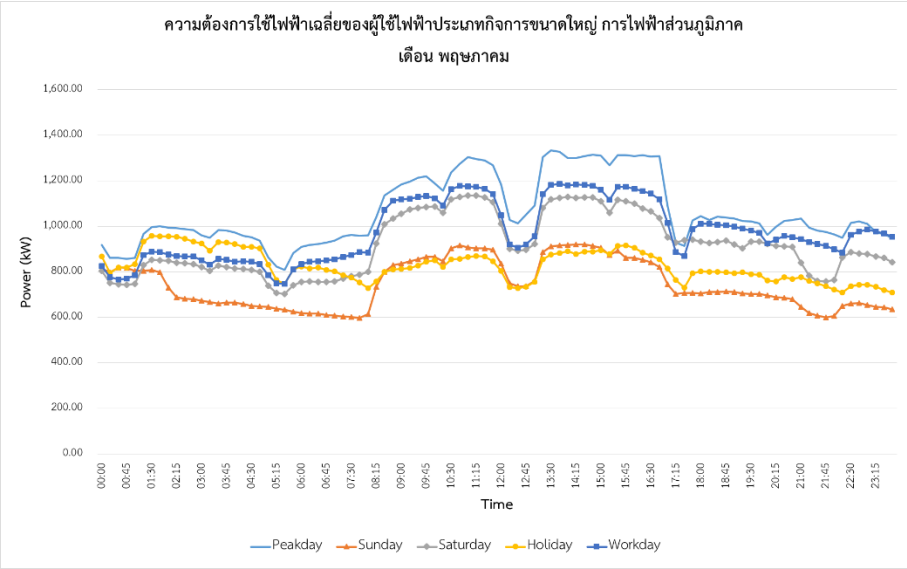


รูปที่ 6.3 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ การไฟฟ้านครหลวง



3

รูปที่ 6.4 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปที่ 6.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3) ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้า

ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ จะใช้ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน [2] ซึ่งได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เข้าร่วมโครงการนำร่องมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าประเภทมาตรการตอบสนองแบบฉุกเฉิน (Emergency Demand Response) ในปี พ.ศ. 2558 โดยผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมโครงการมีค่าความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ -0.272 และได้ใช้สมมติฐานว่าผู้ใช้ไฟฟ้าจะเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วงเวลาวิกฤติมายังช่วงเวลา Off-Peak ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีอัตราค่าไฟฟ้าต่ำสุดใน 1 วัน

4) กรณีทดสอบสำหรับประเภทของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP

กรณีทดสอบสำหรับประเภทของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.1 เพื่อใช้ทดสอบความเหมาะสมสำหรับมาตรการ CPP ของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท

ตารางที่ 6.1 กรณีทดสอบสำหรับคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม

กรณีทดสอบ	ผู้เข้าร่วมมาตรการ
กรณีที่ 1	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 (กฟน. และ กฟภ.)
กรณีที่ 2	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 (กฟน. และ กฟภ.)

6.2 กลุ่มข้อมูลของระบบไฟฟ้า

กลุ่มข้อมูลในหัวข้อนี้คือกลุ่มข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสำหรับระบบไฟฟ้าในประเทศไทย โดยข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย

1) ข้อมูลโรงไฟฟ้า

ข้อมูลโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กมาก รวมถึงแผนการนำเข้าโรงไฟฟ้าจะใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยข้อมูลที่ใช้จะมีดังนี้

- กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า (Installed Capacity)
- ค่าความร้อนของโรงไฟฟ้า (Heat Rate)
- อัตราการเสียเฉลี่ยของโรงไฟฟ้า (Forced Outage Rate)
- ประเภทของโรงไฟฟ้า
- เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
- กำลังผลิตพึ่งได้ของโรงไฟฟ้า (Dependable Capacity)
- ค่าตัวประกอบการผลิตไฟฟ้า (Plant Factor)

สามารถแสดงตัวอย่างข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่างๆ ได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างข้อมูลของระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่าง

Name	Capacity (MW)	Gen Type	Fuel Type	Heat Rate (Btu/kwh)	FOR (%)	Area	Entering	Retirement
South Bangkok (1.1)	316	Combine Cycle	Natural Gas	7800	5	4	1/8/2536	1/1/2563
South Bangkok (2.1)	562	Combine Cycle	Natural Gas	7600	7	4	1/7/2539	1/1/2566
South Bangkok (3.1)	710	Combine Cycle	Natural Gas	6800	4	4	1/3/2552	1/12/2577

2) ข้อมูลกำลังไฟฟ้าสูญเสีย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ข้อมูลกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบส่งไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก [15] โดยข้อมูลกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ร้อยละของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้า	ร้อยละของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย
ระบบส่งไฟฟ้า	2.32
ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กฟน.	3.50
ระบบจำหน่ายไฟฟ้า กฟภ.	5.18

3) ข้อมูลค่าคาดการณ์การใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้า [22]

ต้นทุนหน่วยสุดท้ายสำหรับการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นโดยมากแล้วคือต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติเหลว เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจึงใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในปริมาณที่น้อย อย่างไรก็ตามจากข้อมูลทางสถิติ [16] นับจากปี พ.ศ. 2559 ก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยกำลังจะหมดลงในอีก 5 ปีข้างหน้า ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากก๊าซธรรมชาติเหลวมากขึ้น โดยข้อมูลการใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.3 กลุ่มข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลในหัวข้อนี้คือกลุ่มข้อมูลต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย และอัตราค่าไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP

1) ข้อมูลต้นทุนการผลิตไฟฟ้าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย

โรงไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีประสิทธิภาพและการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามแต่เทคโนโลยีของโรงไฟฟ้า ดังนั้นแล้วดัชนีสำคัญที่ใช้ในการประเมินทางเศรษฐศาสตร์คือต้นทุนค่าซื้อเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษาผันแปร

โดยเชื้อเพลิงต่างๆ ที่ใช้การผลิตไฟฟ้าและลำดับราคาค่าซื้อเชื้อเพลิงต่อล้านบีทียูจากสูงไปต่ำสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ลำดับราคาค่าเชื้อเพลิง [16; 15]

ลำดับราคาเชื้อเพลิงต่อหน่วยไฟฟ้า	ประเภทเชื้อเพลิง	ราคาค่าเชื้อเพลิง (Baht/MMBtu)*	ราคาค่าเชื้อเพลิง
1	น้ำมันดีเซล	749.13	25.86 Baht/litre
2	น้ำมันเตา	403.18	15.20 Baht/litre
3	ก๊าซธรรมชาติเหลว (LNG)	396.00	11 USD/MMBtu
4	ก๊าซธรรมชาติ	288.49	288.49 Baht/MMBtu
5	ถ่านหินนำเข้า	113.03	2825.70 Baht/ton
6	ลิกไนต์	46.30	569.70 Baht/ton

*หมายเหตุ : ใช้อัตราการแปลงหน่วยจาก รายงานพลังงานของประเทศไทยรายปี กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

**หมายเหตุ : ใช้อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงิน USD เป็น Baht ด้วยอัตรา 36 USD/Baht

ต้นทุนค่าซื้อเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงสุดคือน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาอย่างไรก็ตามโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาจะใช้กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นในระบบไฟฟ้าเท่านั้น ในบางปีเช่น ปี พ.ศ. 2559 จะไม่มีการเดินเครื่องโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันเตาเนื่องจากไม่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้นในระบบไฟฟ้า ดังนั้นต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายจึงเป็นก๊าซธรรมชาติเหลวที่มีราคาค่าเชื้อเพลิงเป็นลำดับที่ 3 ซึ่งต้นทุนราคาก๊าซธรรมชาติเหลวในตารางที่ 6.4 เป็นต้นทุนฐานภาษีสำหรับการนำเข้าสินค้า (Cost Insurance Freight : CIF) เท่านั้น หมายความว่าก๊าซธรรมชาติเหลวที่ได้รับก่อนจะนำไปผลิตไฟฟ้าได้จำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนการปรับสภาพของเหลวเป็นก๊าซ ค่าการตลาด และค่าขนส่งทางท่อ สามารถสรุปค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับราคาก๊าซธรรมชาติเหลวได้ดังตารางที่ 6.5 โดยสรุปแล้วราคาค่าเชื้อเพลิงสำหรับก๊าซธรรมชาติเหลวคือ 456.25 บาทต่อล้านบีทียู และราคาค่าเชื้อเพลิงสำหรับก๊าซธรรมชาติคือ 312.63 บาทต่อล้านบีทียู

ตารางที่ 6.5 ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้า

กระบวนการ	ต้นทุนการดำเนินการ (Baht/MMBTU)
ปรับสภาพของเหลวเป็นก๊าซ [20]	36.00
ค่าการตลาด [21]	2.15
อัตราค่าผ่านท่อ [21]	21.99

สำหรับค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาผันแปรเนื่องจากการเสื่อมสภาพตามปริมาณการใช้งานโรงไฟฟ้า หรือ Variable O&M Cost ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามแต่เทคโนโลยีของโรงไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.6

จะพบว่าค่าบำรุงรักษาแบบผันแปรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภท Gas Turbine จะมีค่าสูงสุด

ตารางที่ 6.6 ลำดับราคา Variable O&M Cost [17]

ลำดับราคา Variable O&M Cost	Generator Type	Variable O&M Cost (Baht/kWh)**
1	Gas Turbine	1.08
2	Combine Cycle	0.13
3	COGEN	0.13
4	Thermal	0.13
5	Hydro	0.22

2) ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP

อัตราค่าไฟฟ้าเดิมสำหรับผู้ที่เข้าร่วมมาตรการ CPP ต้องเป็นอัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU เท่านั้น ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2.3 และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 ใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4.2.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 7
ผลการทดสอบ

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการกำหนดมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นปี พ.ศ. ที่มีการประยุกต์ใช้มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าของประเทศไทยตามนโยบาย [2] และการนำเข้าก๊าซธรรมชาติเหลวเพื่อการผลิตไฟฟ้าร้อยละ 15 ของก๊าซธรรมชาติทั้งหมดในการผลิตไฟฟ้า

หลังจากกำหนดปี พ.ศ. ในการกำหนดมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมแล้ว จะทำการกำหนดช่วงเดือนและช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 5.1 ลักษณะของมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

การคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมนั้นจะใช้ข้อมูลต่างๆ ดังที่ได้อธิบายในบทที่ 6 ในการคำนวณหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมต่อไป อย่างไรก็ตามในหัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงผลการทดสอบเบื้องต้นโดยมีสมมติฐานสำหรับผลการทดสอบเบื้องต้นว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยก๊าซธรรมชาติทั้งหมดในประเทศไทยใช้ก๊าซธรรมชาติเหลว และกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมโดยไม่คำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าและอัตราส่วนลดเท่านั้น

โดยในบทนี้ได้แบ่งการนำเสนอผลลัพธ์ออกเป็น 3 หัวข้อย่อยดังนี้

7.1 ค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560

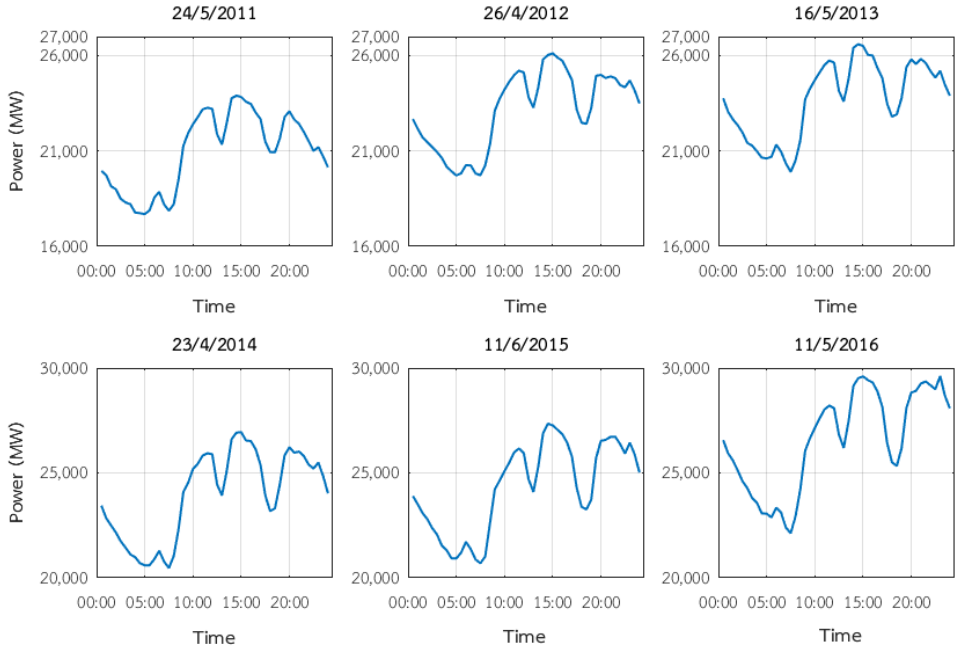
7.2 การกำหนดช่วงเวลาและจำนวนวันที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

7.3 ผลลัพธ์การกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP

7.4 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม

7.1 ผลลัพธ์การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560

เส้นกราฟความต้องการใช้ไฟฟ้าจะใช้ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2559 เป็นปีฐาน โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยทุก 30 นาที ของปี พ.ศ. 2554 – เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 สามารถแสดงตัวอย่างความต้องการใช้ไฟฟ้ารายวันของวันที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 – 2559 ได้ดังรูปที่ 7.1



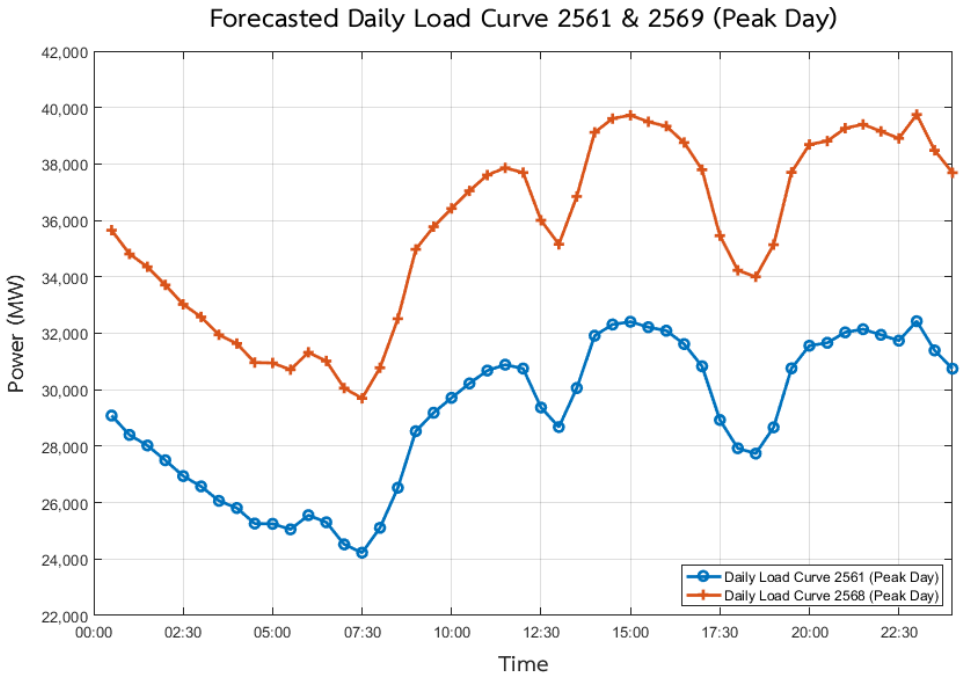
รูปที่ 7.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยทุก 30 นาทีในวันที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของปี พ.ศ. 2554 – เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559

โดยได้พยากรณ์เส้นกราฟความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตด้วยตัวปรับคูณของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในปี พ.ศ. 2559 และความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจากการพยากรณ์ในปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568 สามารถสรุปตัวปรับคูณได้ดัง ตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ตัวปรับคูณสำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568

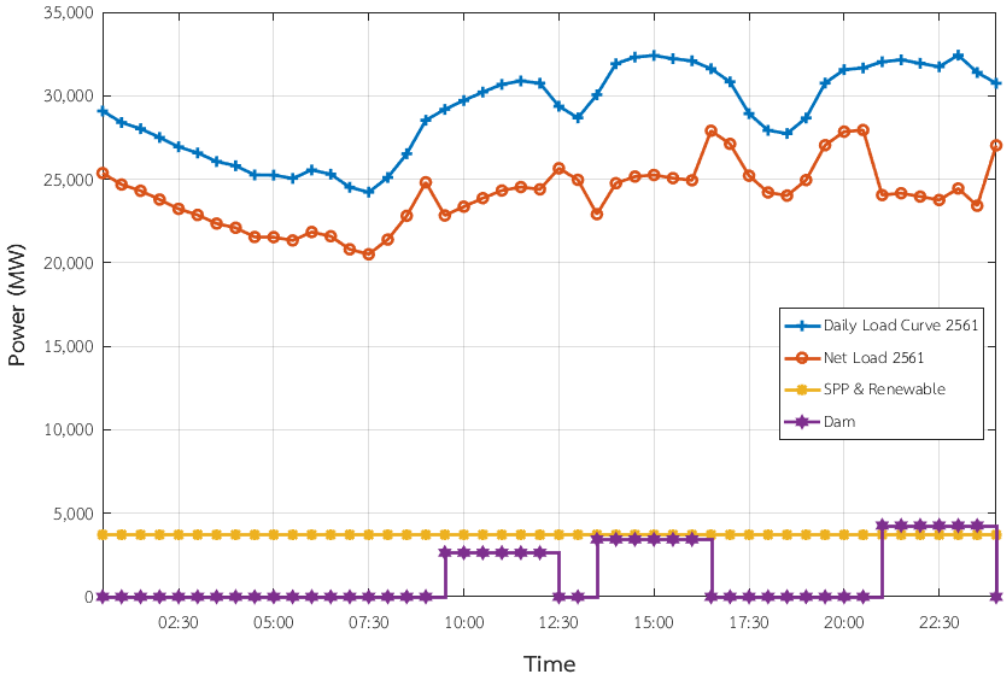
ปี พ.ศ.	ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (MW)	ตัวปรับคูณ
2559	29,619	1
2560	32,429	1.095
2568	39,752	1.342

จากตัวปรับคูณในตารางด้านบนจะสามารถคำนวณความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568 ได้ สามารถแสดงตัวอย่างความต้องการใช้ไฟฟ้าในวันที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดได้ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 ตัวอย่างค่าพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2568

อย่างไรก็ตามในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีทั้งโรงไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ เช่น ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก และโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน เป็นต้น , โรงไฟฟ้าที่ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้เฉพาะช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง เช่น เขื่อน เป็นต้น และโรงไฟฟ้าที่สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตลอดเวลาเสียก่อนเนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำเป็นต้องรับซื้อไว้ทั้งหมด และคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายเฉพาะโรงไฟฟ้าที่สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ตลอดเวลาเท่านั้นดังที่ได้อธิบายในบทที่ 2.1 สามารถแสดงการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก โรงไฟฟ้าพลังงานทดแทน และเขื่อนได้ดังรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 ตัวอย่างการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและพลังงานทดแทน ปี พ.ศ. 2560

7.2 ผลลัพธ์การกำหนดช่วงเวลาและจำนวนวันที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

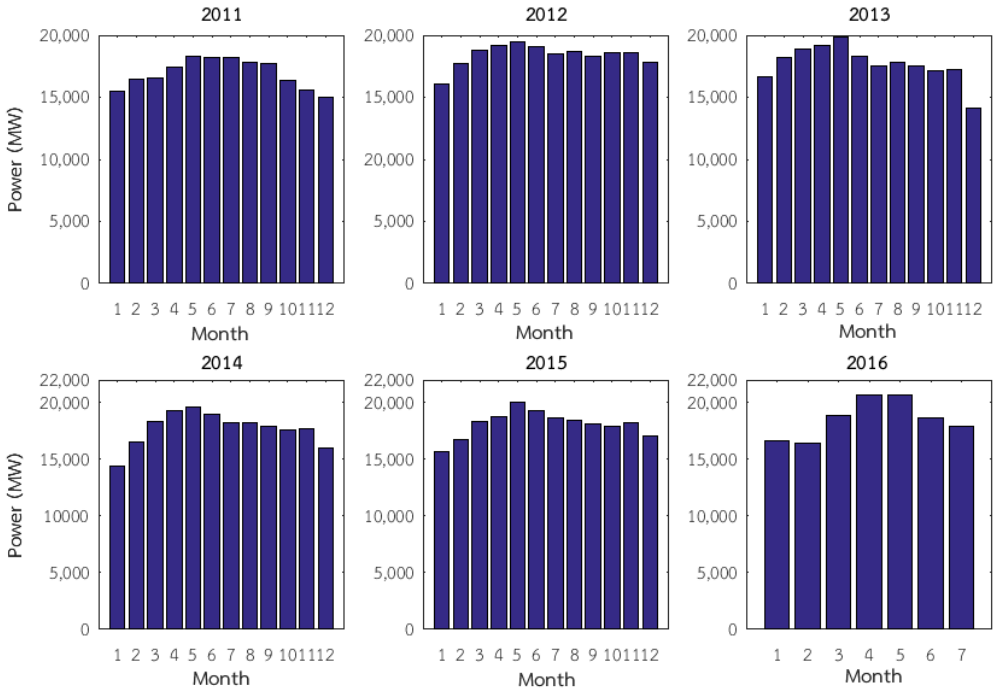
ในหัวข้อนี้จะแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดเลือกช่วงเวลา และจำนวนวันที่เหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติดังที่ได้อธิบายในบทที่ 5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ซึ่งในหัวข้อนี้ได้แบ่งการคัดเลือกรูปแบบการเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติดังนี้

1) ช่วงเดือนที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

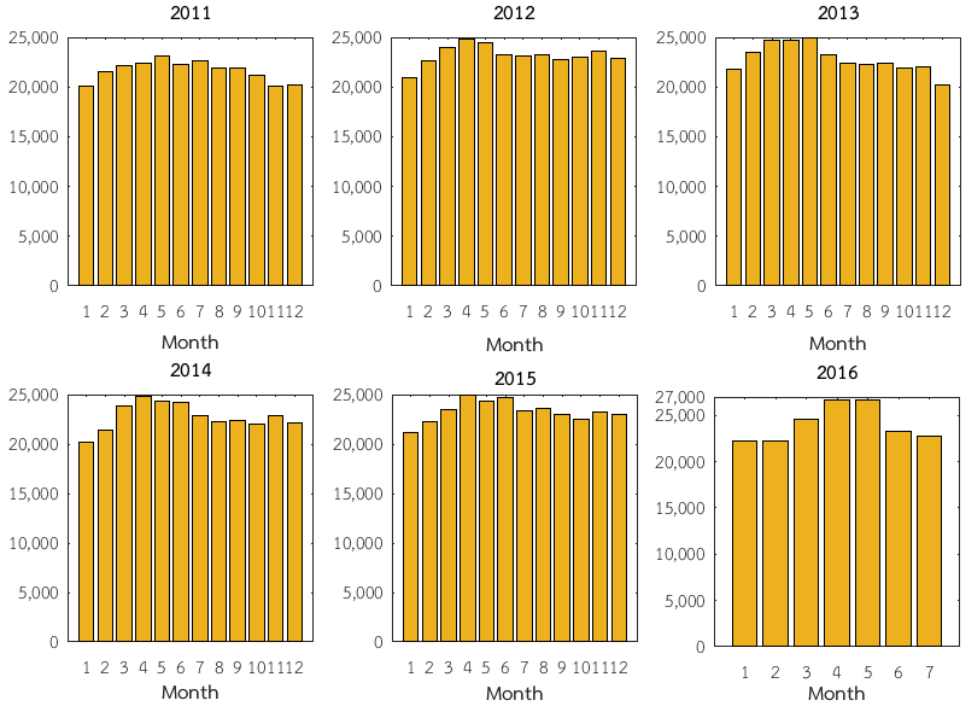
การคัดเลือกเดือนที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะคัดเลือกจากเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดเดือนในวันทำงานสูงสุด และเดือนที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีในวันทำงานสูงสุด (ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิคือความต้องการใช้ไฟฟ้าที่หักลบด้วยกำลังไฟฟ้าจากเขื่อน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก และพลังงานทดแทน) สามารถแสดงความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดเดือนและความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุด ปี พ.ศ. 2554 - 2559 ได้ดังรูปที่ 7.4 - รูปที่ 7.7

รูปที่ 7.4 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดเดือนในปี พ.ศ. 2554 - 2559

รูปที่ 7.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559



รูปที่ 7.6 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559



รูปที่ 7.7 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 - 2559

จากรูปที่ 7.4 และรูปที่ 7.6เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดสูงสุดเป็น 4 อันดับแรกของปี พ.ศ. 2554 คือเดือน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และ

สิงหาคม ในขณะที่ปี พ.ศ. 2555 – 2559 เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดสูงสุดเป็น 4 อันดับแรกของปี คือเดือน มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และ มิถุนายน

รูปที่ 7.5 และรูปที่ 7.7เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดเป็น 4 อันดับแรกของปี พ.ศ. 2554 คือเดือน มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และ กรกฎาคม ในขณะที่รูปที่ 7.5 เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดเป็น 4 อันดับแรกของปี พ.ศ. 2555 คือเดือน มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และ พฤศจิกายน อย่างไรก็ตามเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดเป็น 4 อันดับแรกของปี พ.ศ. 2556 – 2559 คือเดือน มีนาคม เมษายน พฤษภาคม และ มิถุนายน จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 – 2559 เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดเดือน และความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดโดยมากแล้วจะอยู่ในช่วงเดือน มีนาคม – มิถุนายน

สามารถสรุปเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยตลอดเดือน และเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในรอบปีได้ดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาที ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อเดือน และความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในรอบปี

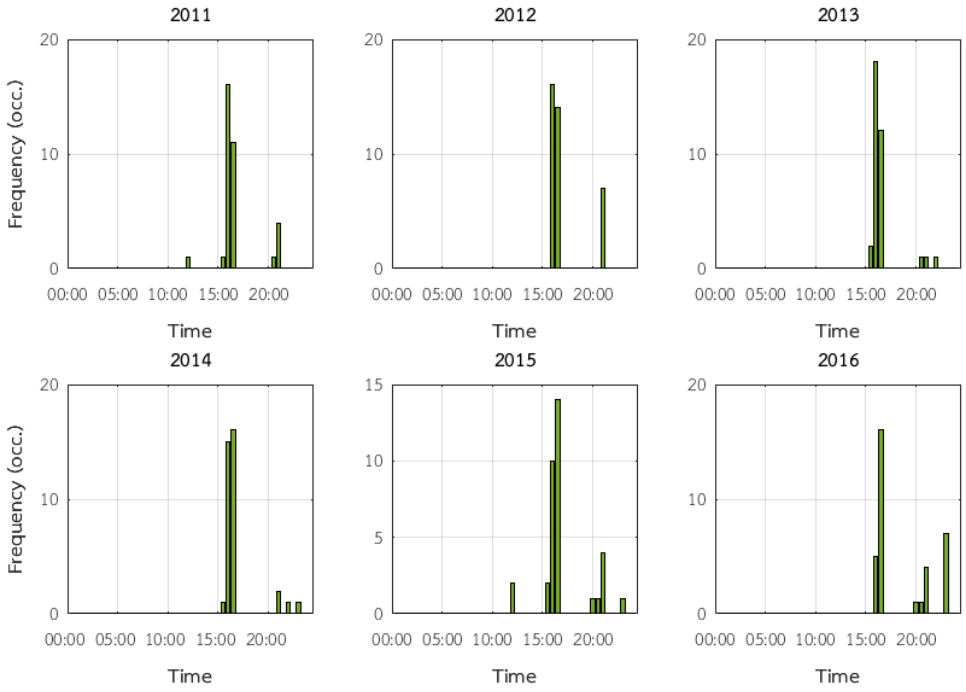
ปี พ.ศ.	เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนสูงสุด	เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุด	เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อเดือนสูงสุด	เดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุด
2554	พฤษภาคม	พฤษภาคม	พฤษภาคม	พฤษภาคม
2555	พฤษภาคม	เมษายน	พฤษภาคม	เมษายน
2556	พฤษภาคม	พฤษภาคม	พฤษภาคม	พฤษภาคม
2557	พฤษภาคม	เมษายน	พฤษภาคม	เมษายน
2558	พฤษภาคม	มิถุนายน	พฤษภาคม	เมษายน
2559	เมษายน	พฤษภาคม	เมษายน	พฤษภาคม

จากตารางด้านบนจะพบว่าเดือนที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด และมีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดโดยคำนึงถึงการผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กและโรงไฟฟ้าพลังงานทดแทนคือ

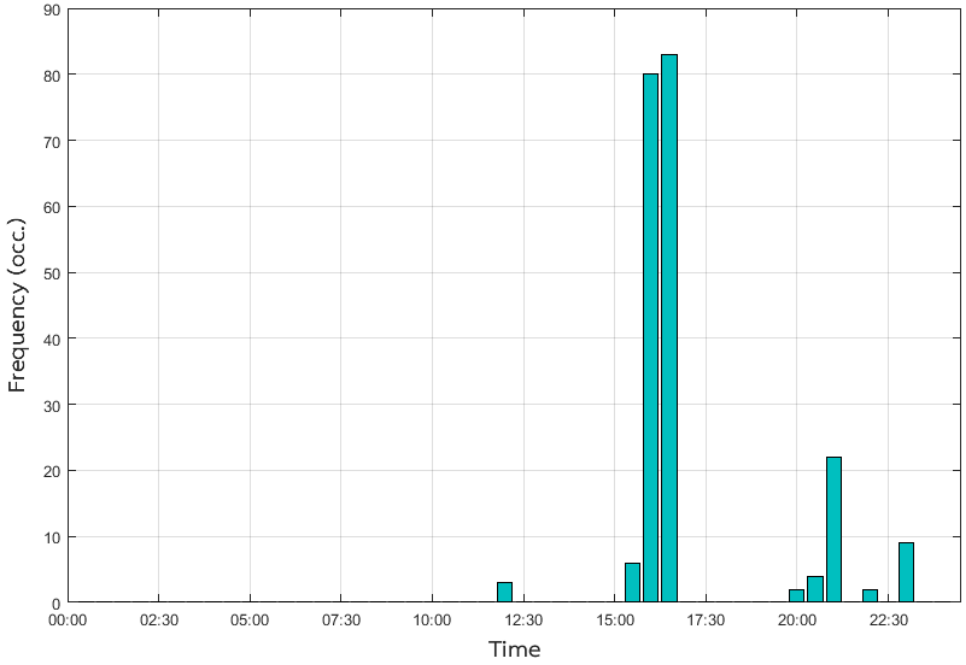
เดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ดังนั้นแล้วช่วงเดือนที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติคือเดือน เมษายน และเดือนพฤษภาคม

2) ช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

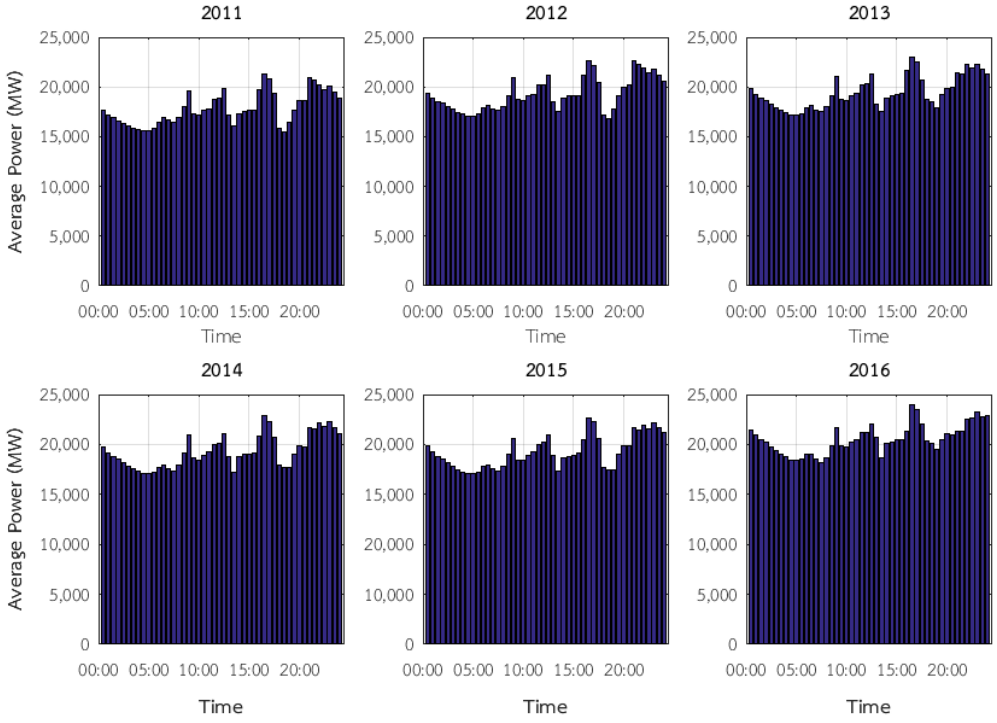
ช่วงเวลาที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะคัดเลือกจากช่วงเวลาที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิสูงสุดและช่วงเวลาที่มีโอกาสเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุด โดยจะคำนวณจากการหาเฉลี่ยของความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือนพฤษภาคมของทุกปีรวมถึงการนับจำนวนครั้งที่เกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา เพื่อคัดเลือกช่วงเวลาที่มีค่าคาดการณ์ของความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของเดือนสูงที่สุดและมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีสูงสุดใน 1 วันติดต่อกัน สามารถแสดงความถี่ของการเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม และความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยทุก 15 นาทีในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ได้ดังรูปที่ 7.8- รูปที่ 7.11



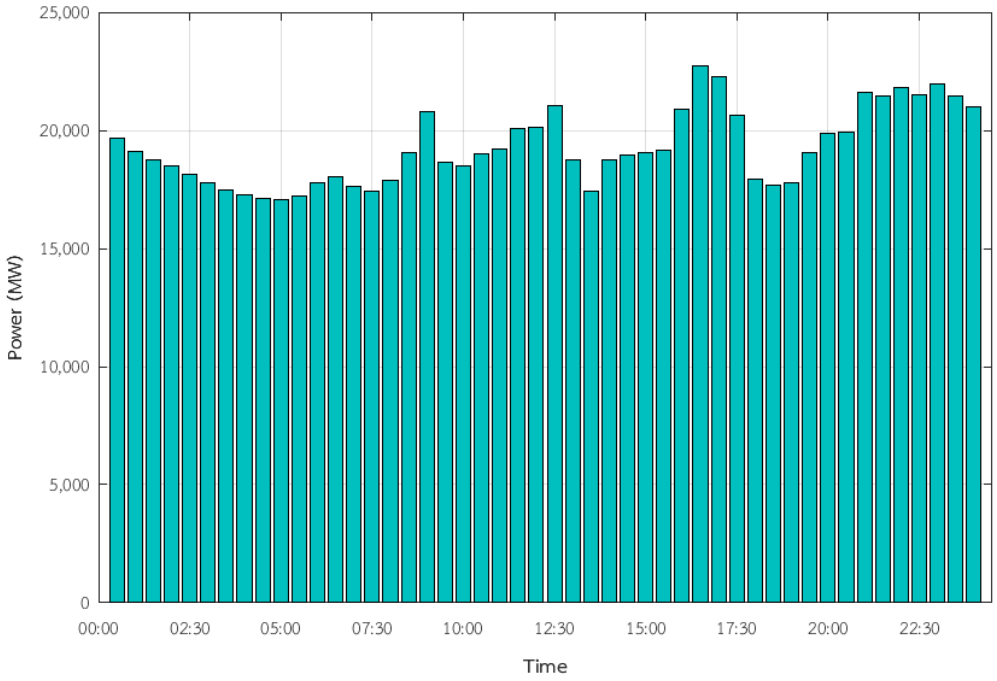
รูปที่ 7.8 ความถี่ของการเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 - 2559



รูปที่ 7.9 ความถี่สะสมของการเกิดความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2559



รูปที่ 7.10 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิทุก 15 นาทีเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2554 - 2559

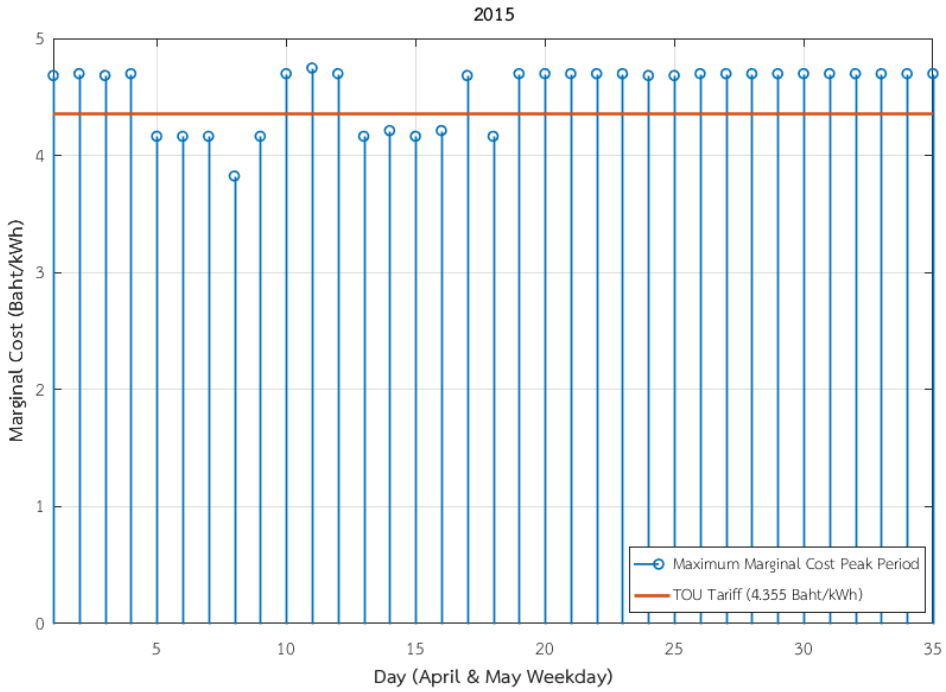


รูปที่ 7.11 ความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิทุก 15 นาทีเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ของปี พ.ศ. 2554 - 2559

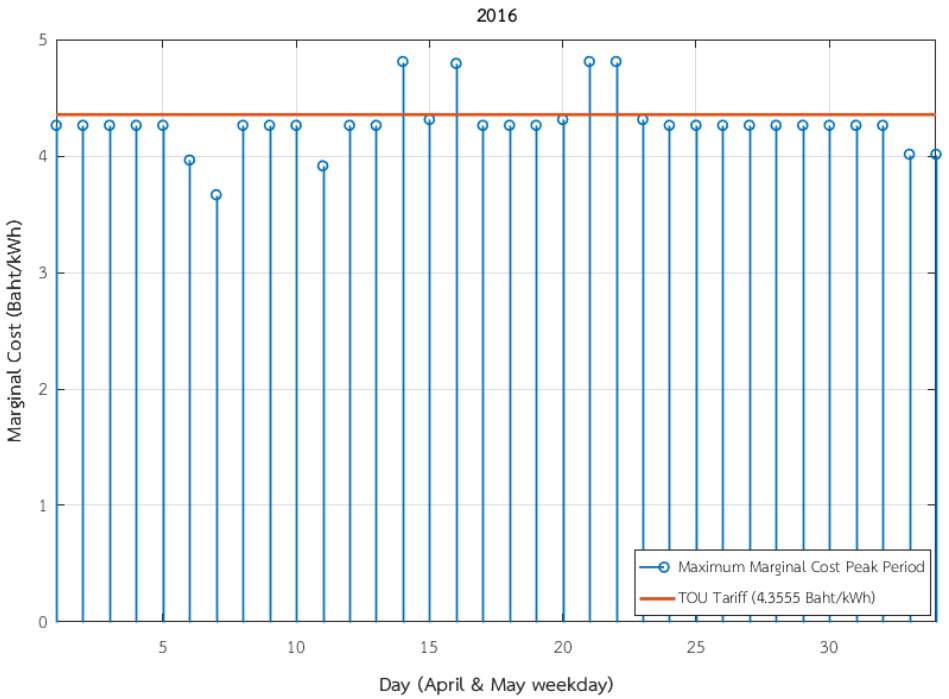
จากรูปที่ 7.8 และ รูปที่ 7.9 จะพบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละวันจะโดยมากแล้วจะเกิดในช่วงเวลา 15:30 น. – 16:30 น. อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 7.10 - รูปที่ 7.11 ช่วงเวลา 15:00 น. – 15:30 น. และช่วงเวลา 16:30 น. – 17:00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงใกล้เคียงกับช่วงเวลา 15:30 น. – 16:30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสุทธิทุก 15 นาทีเฉลี่ยสูงสุด ดังนั้นช่วงเวลาที่ควรดำเนินการมาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติคือช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น.

3) จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะคัดเลือกจากวันที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงกว่าค่าไฟฟ้าที่ขายให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในวันทำงานของช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ในช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่จะทำให้สังคมได้ผลประโยชน์สูงสุดและสามารถลดความต้องการใช้ไฟฟ้าได้เกิดประโยชน์สูงสุดนั่นเอง โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาการคัดเลือกในหัวข้อนี้เฉพาะปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559 เท่านั้นเนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลต้นทุนค่าซื้อไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2557 ได้ สามารถแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559 ได้ดังรูปที่ 7.12 และรูปที่ 7.13



รูปที่ 7.12 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2558



รูปที่ 7.13 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2559

สามารถสรุปการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดของช่วงเวลา 16:00 น. – 17:00 น. ในช่วงเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2559 ได้ดังตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 จำนวนวันที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงกว่าค่าไฟฟ้า TOU ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายต่ำสุด และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุดในเดือน เมษายน และเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558 - 2559

ปี พ.ศ.	จำนวนวันที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงกว่าค่าไฟฟ้า TOU	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายต่ำสุด (Baht/kWh)	ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงสุด (Baht/kWh)
2558	16	3.76	4.72
2559	7	3.69	4.79

จากผลการทดสอบด้านบน จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในปี พ.ศ. 2558 คือ 25 วัน ในขณะที่จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในปี พ.ศ. 2559 คือ 7 วัน โดยเฉลี่ยแล้วควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติประมาณ 16 วัน

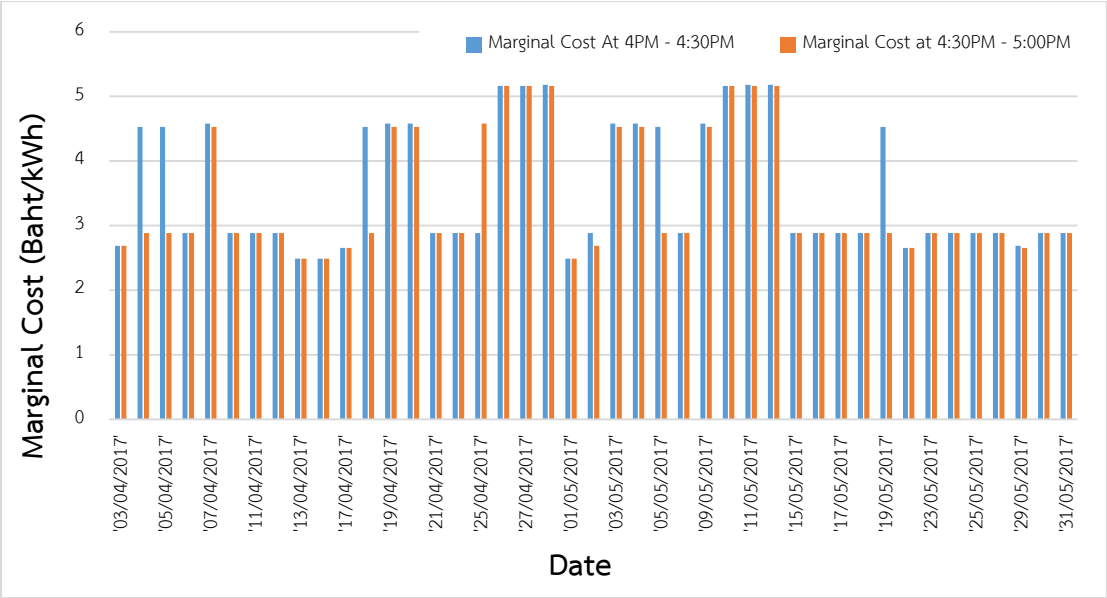
อย่างไรก็ตามสาเหตุที่จำนวนวันที่ควรเรียกใช้มาตรการค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในปี พ.ศ. 2558 มีค่าสูงคือ โรงไฟฟ้าที่ติดตั้งในระบบก่อนปี พ.ศ. 2559 ค่อนข้างมีอัตราค่าความร้อน (Heat Rate) ที่สูง ทำให้ต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีราคาแพง อีกทั้งในผลการทดสอบเบื้องต้นได้ใช้สมมติฐานว่าโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติทั้งหมดใช้ก๊าซธรรมชาติเหลวในการผลิตไฟฟ้านั่นเอง

7.3 ผลลัพธ์การกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP

ด้วยหลักเกณฑ์ในการเรียกใช้มาตรการ CPP ที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 5.4 จะสามารถกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP ได้ โดยในหัวข้อนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อย่อยดังนี้

1) ผลลัพธ์การกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าไม่มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

ผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 ณ ปีพ.ศ. 2560 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.14



รูปที่ 7.14 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00

จากรูปที่ 7.14จะพบว่าวันที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายสูงกว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.4

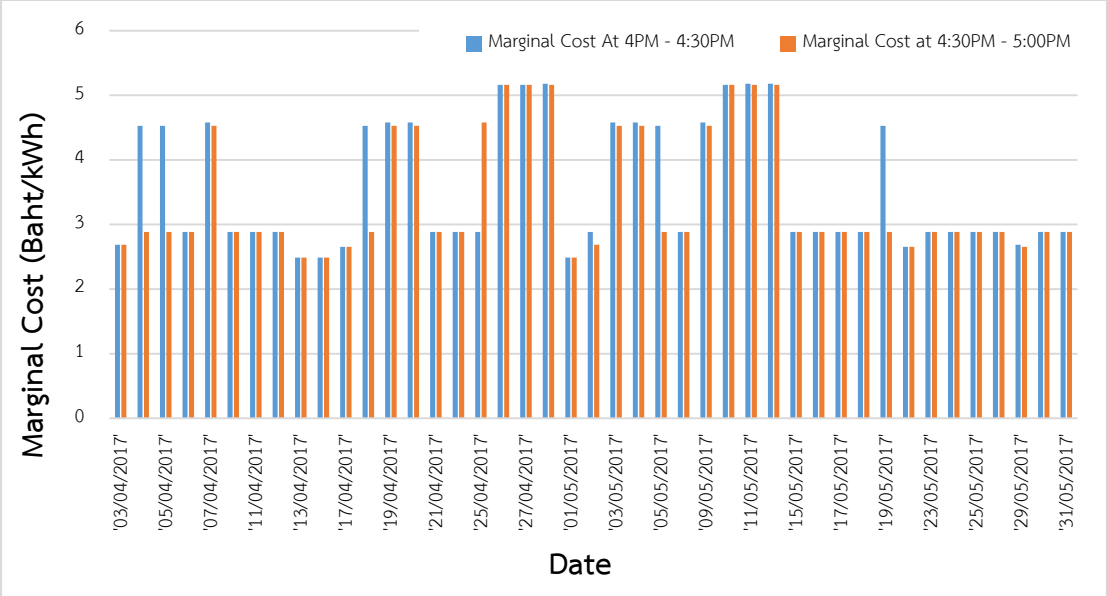
ตารางที่ 7.4 ผลลัพธ์วันที่มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 สูงกว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak

Date	Marginal Cost at 4:00 PM – 4:30 PM	Marginal Cost at 4:30 PM – 5:00 PM
'07/04/2017'	4.5802	4.5275
'19/04/2017'	4.5802	4.5275
'20/04/2017'	4.5802	4.5275
'26/04/2017'	5.1607	5.1607
'27/04/2017'	5.1607	5.1607
'28/04/2017'	5.1793	5.1607
'03/05/2017'	4.5802	4.5275
'04/05/2017'	4.5802	4.5275
'09/05/2017'	4.5802	4.5275
'10/05/2017'	5.1607	5.1607

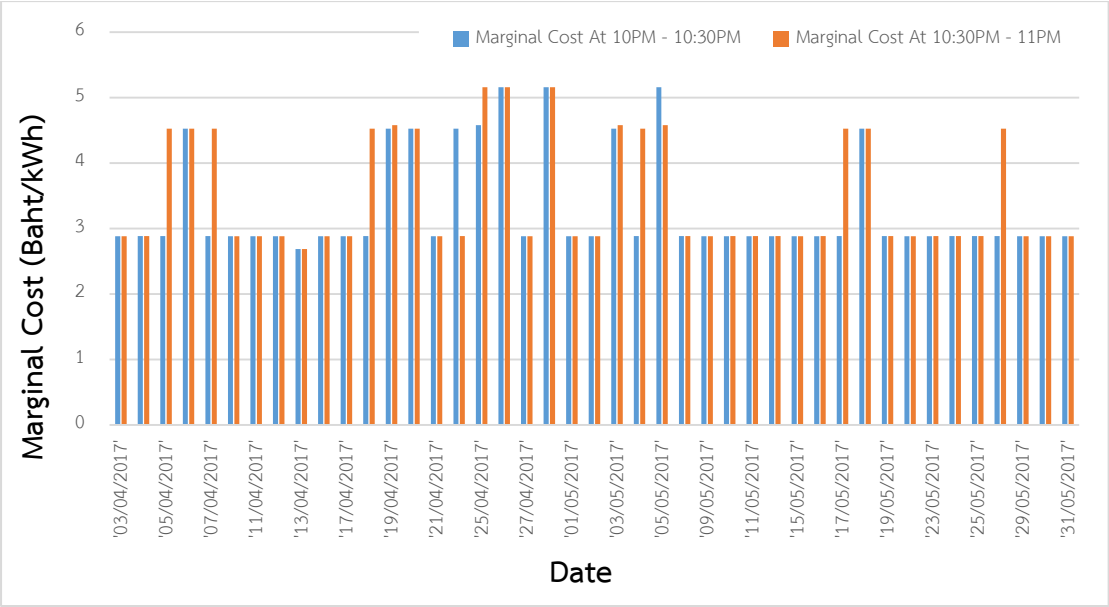
Date	Marginal Cost at 4:00 PM – 4:30 PM	Marginal Cost at 4:30 PM – 5:00 PM
'11/05/2017'	5.1793	5.1607
'12/05/2017'	5.1793	5.1607

2) ผลลัพธ์การกำหนดวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

เกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าได้อธิบายในหัวข้อที่ 5.4.2 โดยผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00 และผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 22:00 – 23:00 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.15 และรูปที่ 7.16 ตามลำดับ



รูปที่ 7.15 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 16:00 – 17:00



รูปที่ 7.16 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา 22:00 – 23:00

เมื่อพิจารณาอัตราการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าที่ร้อยละ 80 จะพบว่าวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP จำเป็นต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข (5.53) และสามารถแสดงผลลัพธ์การคัดเลือกวันที่ควรเรียกใช้มาตรการ CPP โดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 ผลลัพธ์วันที่มีเหมาะสมในการเรียกใช้มาตรการ CPP จากเกณฑ์การเรียกใช้มาตรการ CPP ที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงผลของการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

Date	Sum of Marginal Cost at 4:00 PM – 5:00 PM	$\sum_{4PM}^{5PM} r_{Base,j} + \alpha \sum_{10PM}^{11PM} (\lambda_i - r_i)$
'27 เมษายน 2017'	10.3213	9.0641
'09 พฤษภาคม 2017'	9.1077	9.0641
'10 พฤษภาคม 2017'	10.3213	9.0654
'11 พฤษภาคม 2017'	10.3399	9.0654
'12 พฤษภาคม 2017'	10.3399	9.0654

7.4 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุดในปี พ.ศ. 2560

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลลัพธ์การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุดในปี พ.ศ. 2560 ของกรณีทดสอบทั้ง 2 กรณีดังตารางที่ 6.1 ในแต่ละกรณีทดสอบจะอธิบายถึงผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติด้วยแบบจำลองการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุดทั้ง 3 รูปแบบดังหัวข้อที่ 5.2 และมีจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการทั้งหมด 300 คน [2] และสำหรับผู้ที่ไม่เข้าร่วมมาตรการ CPP ซึ่งไม่มีผลต่อการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะกำหนดให้ใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4.4 ทั้งหมดโดยได้แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

7.4.1 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม เมื่อผู้เข้าร่วมมาตรการคือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ในหัวข้อนี้ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP คือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเท่านั้น โดยผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2.3 และกำหนดให้อัตราการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า α มีค่าเป็น 0.8 โดยได้แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น 3 หัวข้อย่อยตามแบบจำลองการกำหนดปัญหาในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ดังนี้

1.1) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

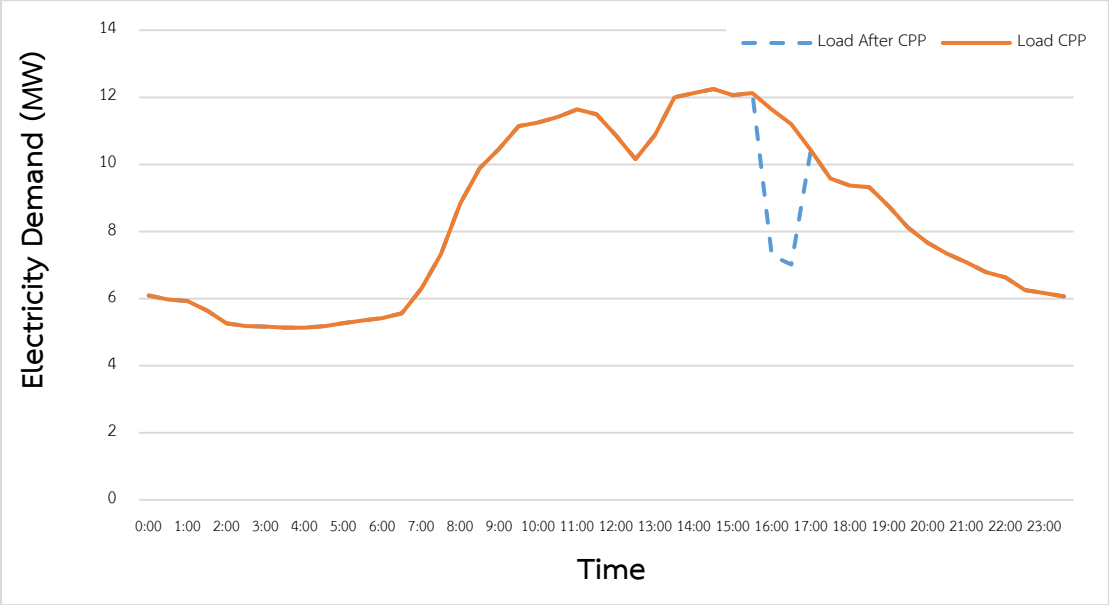
1.1.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมและอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
CPP	6.3236	4.3294	2.6366
TOU	-	4.3555	2.6627

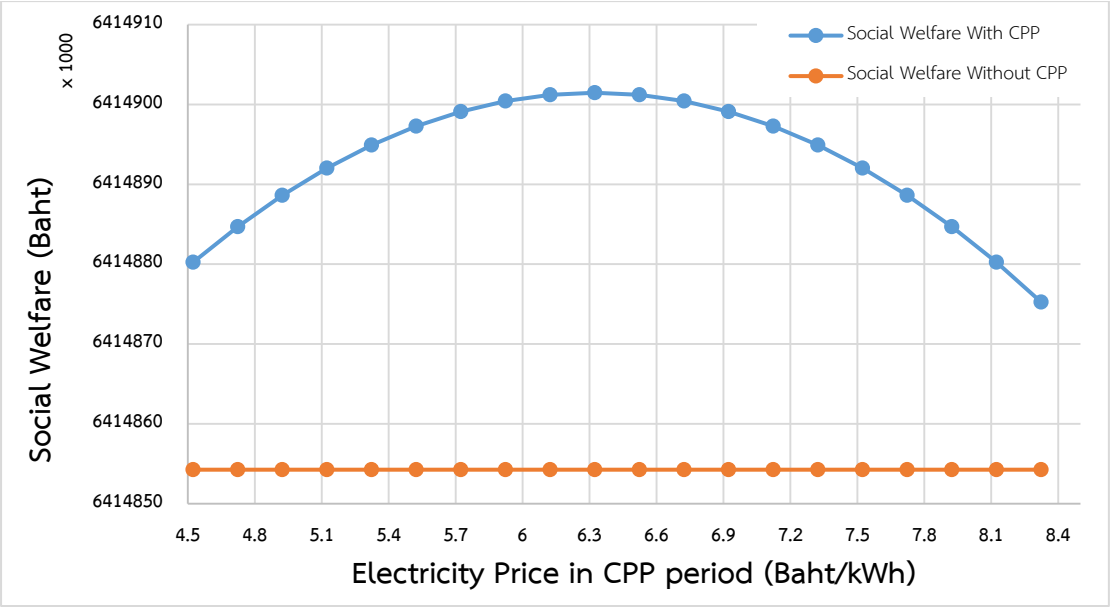
ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.17



รูปที่ 7.17 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP

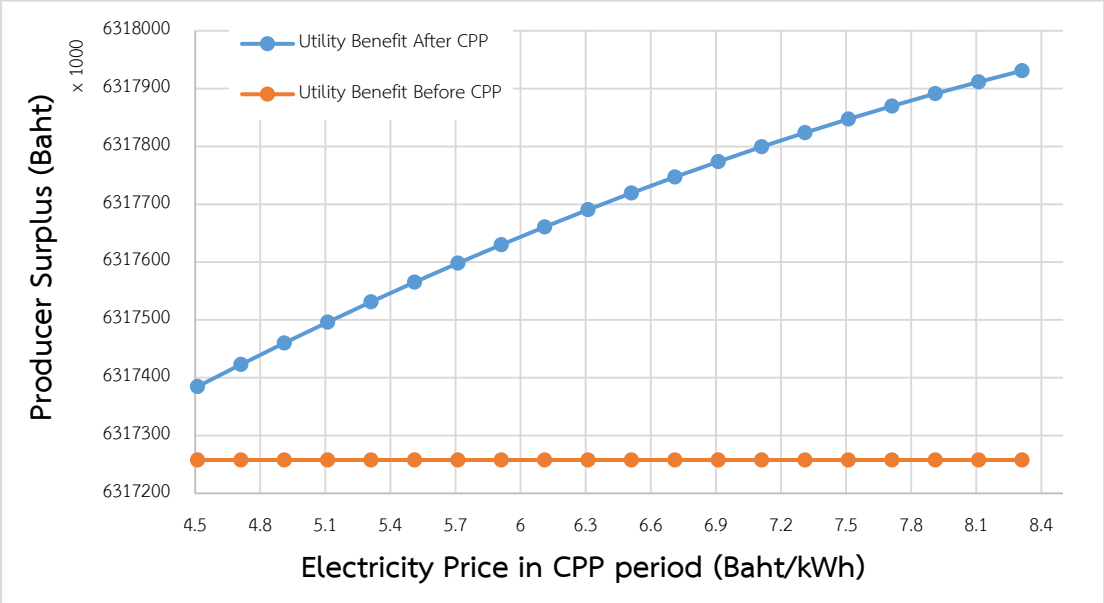
เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 6.3236 บาทต่อหน่วยซึ่งได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.18 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่า 6.3 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้น

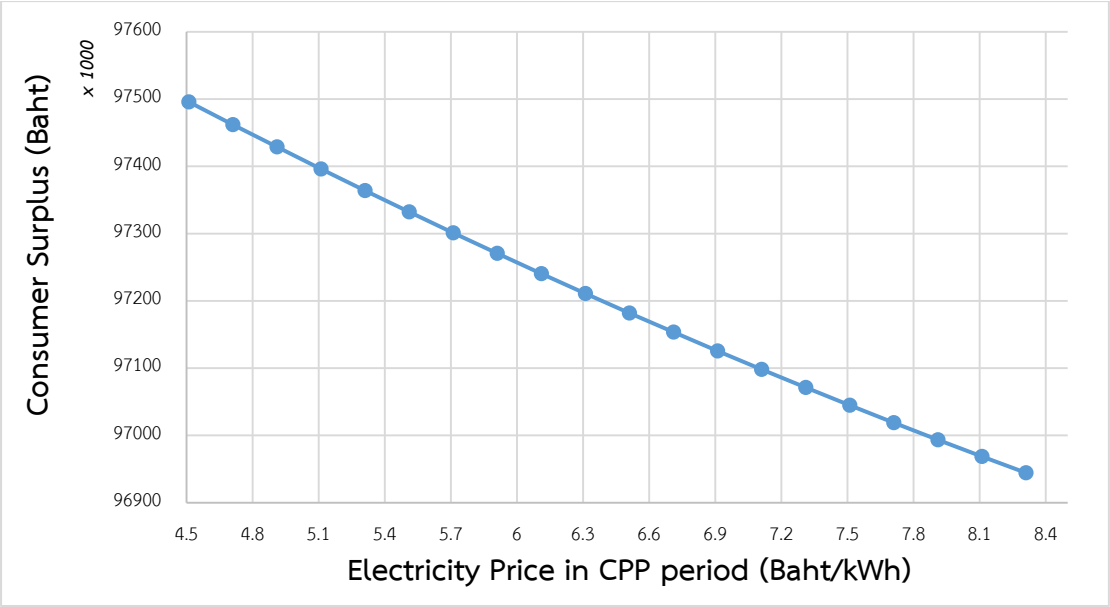


รูปที่ 7.18 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.19 และรูปที่ 7.20 ตามลำดับ



รูปที่ 7.19 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.20 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

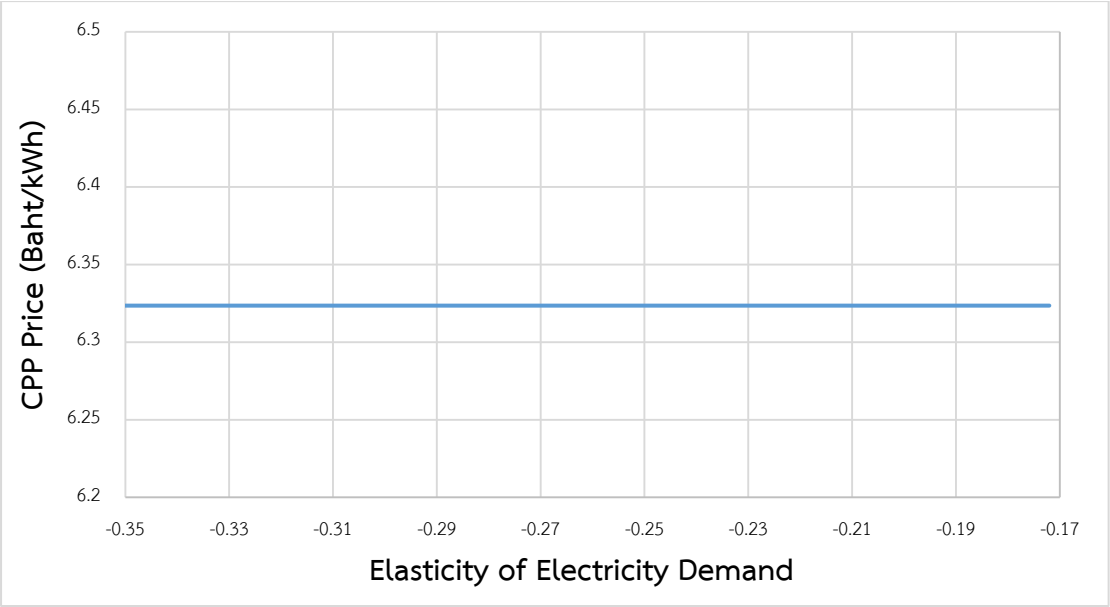
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^{9} บาท และ 5.7221×10^{7} บาท ตามลำดับ และส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3177×10^{9} บาท และ 5.7007×10^{7} บาท ตามลำดับ

1.1.2) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

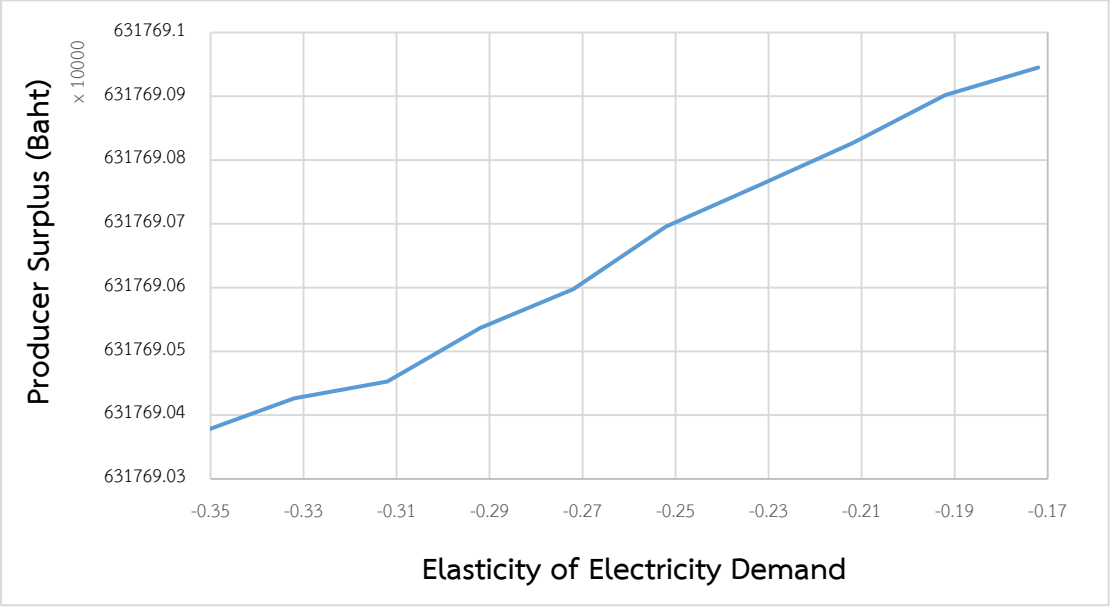
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

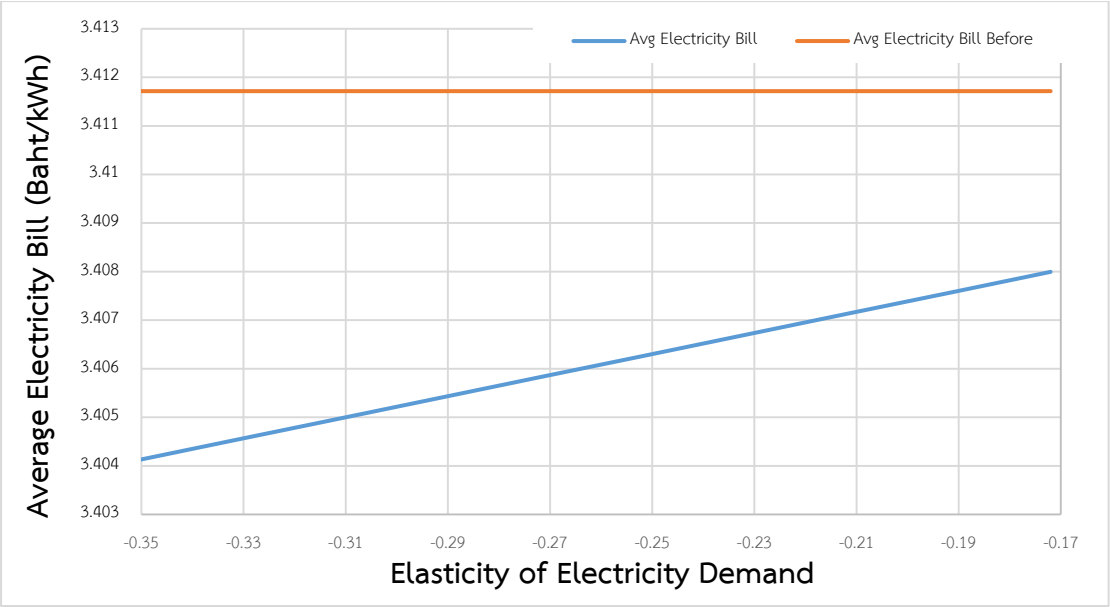
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 7.21 - รูปที่ 7.23 ตามลำดับ



รูปที่ 7.21 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.22 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



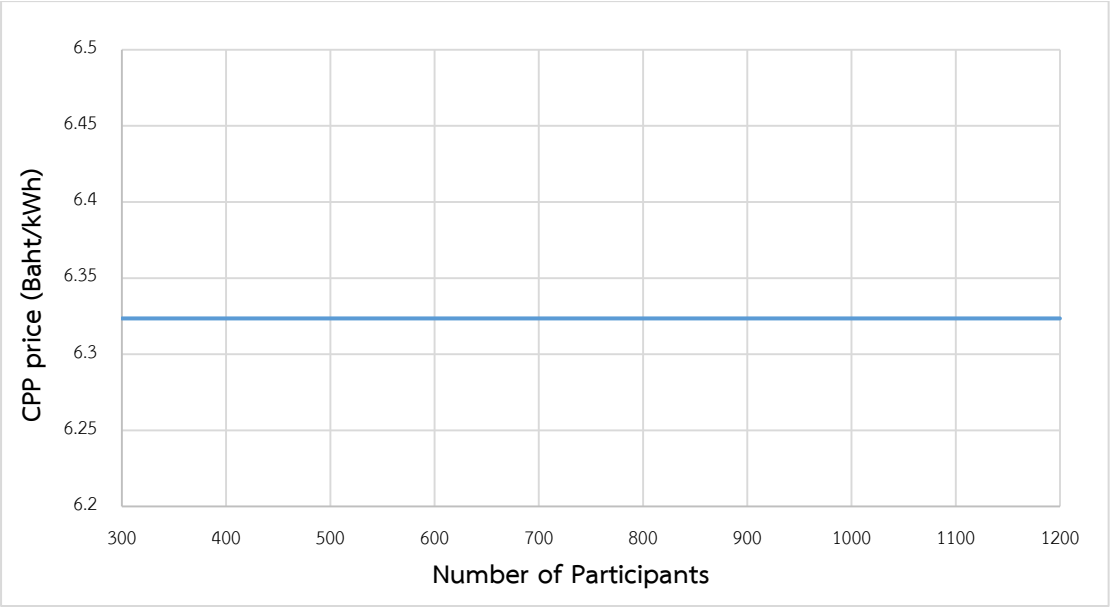
รูปที่ 7.23 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.21 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

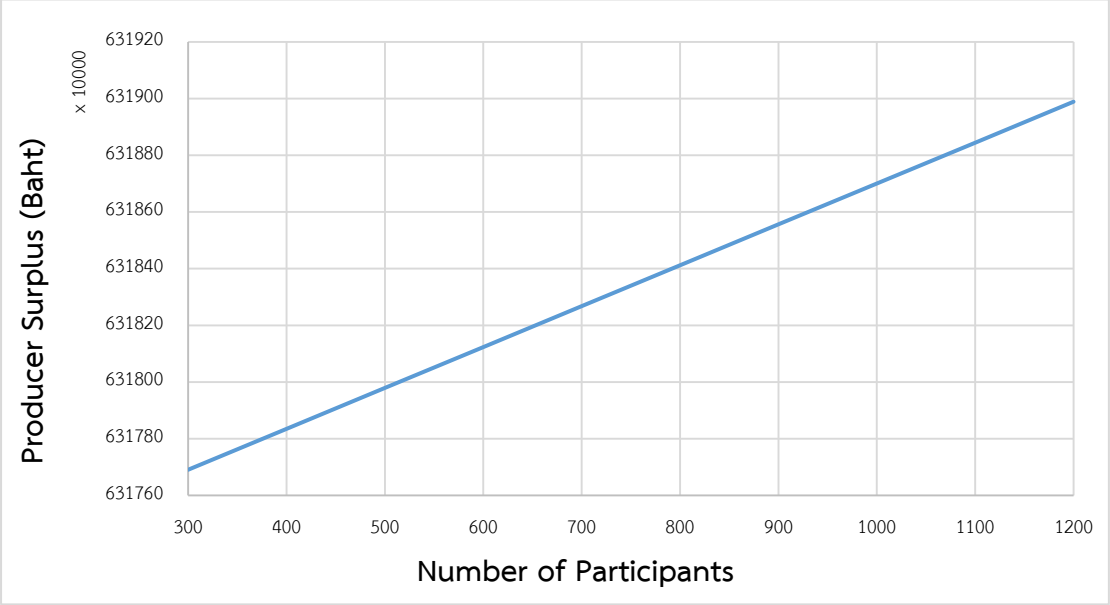
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าน้อยลง และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

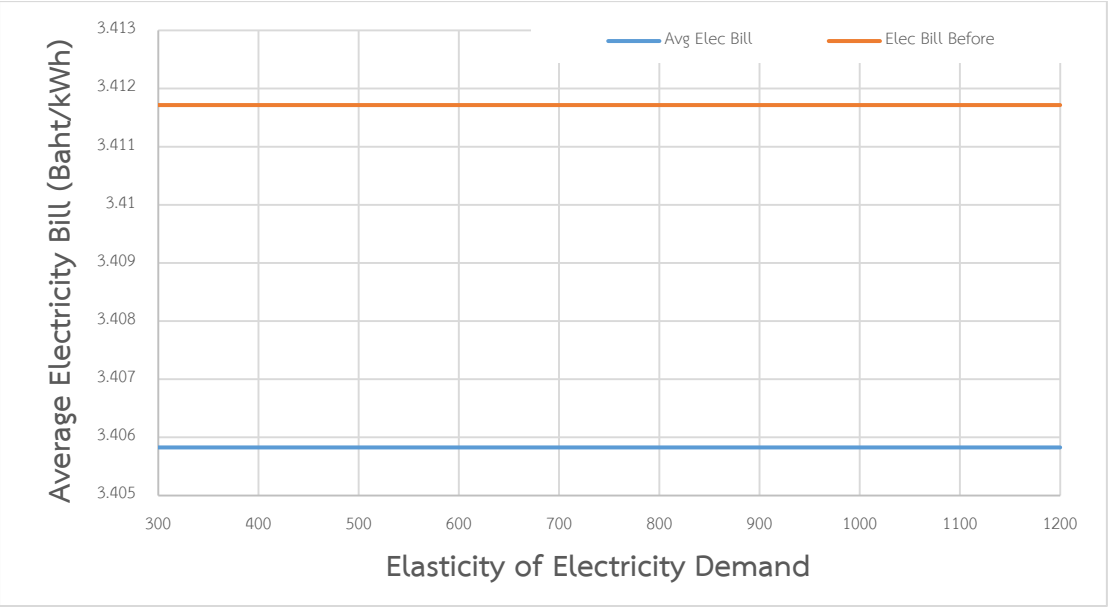
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.24 - รูปที่ 7.26 ตามลำดับ



รูปที่ 7.24 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.25 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



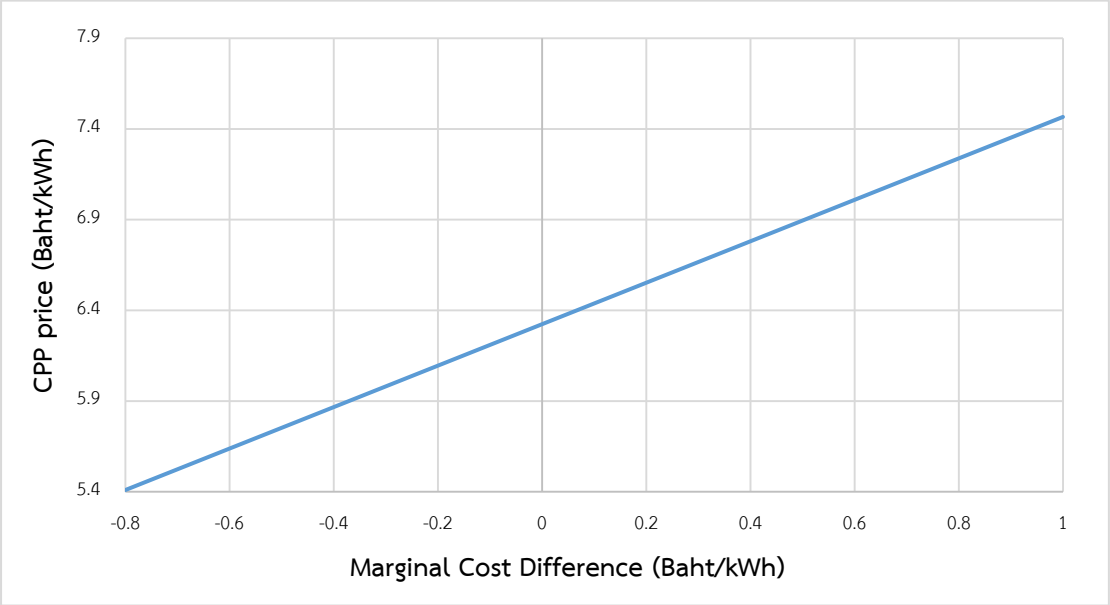
รูปที่ 7.26 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.24 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

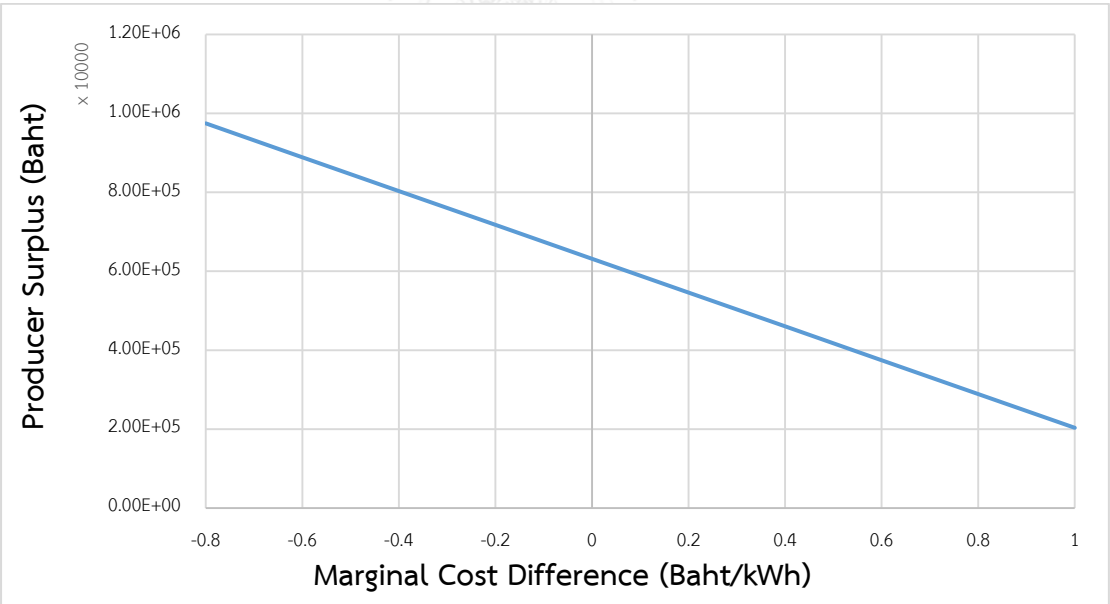
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้กำไรจากการจำหน่ายไฟฟ้าและลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหากมีผู้เข้าร่วมมาตรการเพิ่มขึ้นโดยที่กำไรดังกล่าวของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ได้จากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายคงที่จะทำให้ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะคงที่เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลดการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

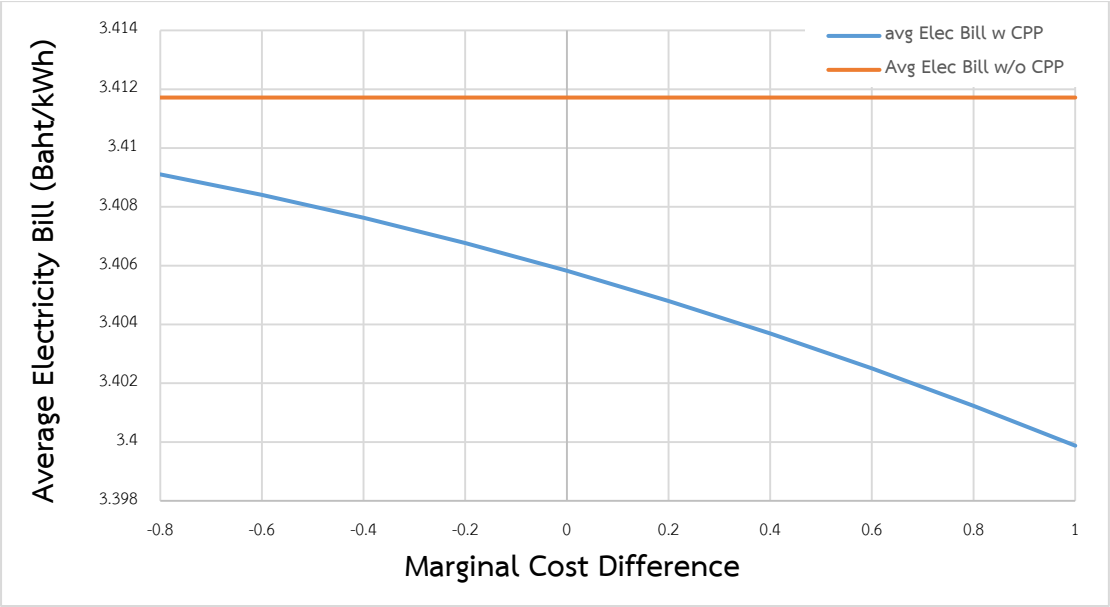
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.27 - รูปที่ 7.29 ตามลำดับ



รูปที่ 7.27 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.28 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



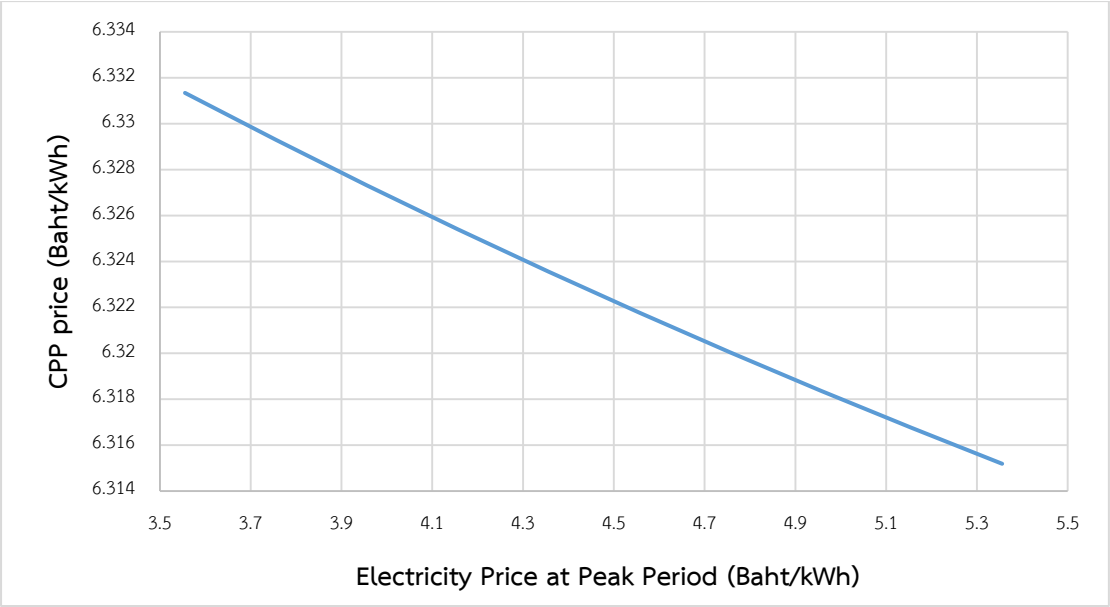
รูปที่ 7.29 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.27 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากหากพิจารณาเพียงช่วงเวลาเดียวอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะเป็นจุดตัดของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายและเส้นอุปทาน

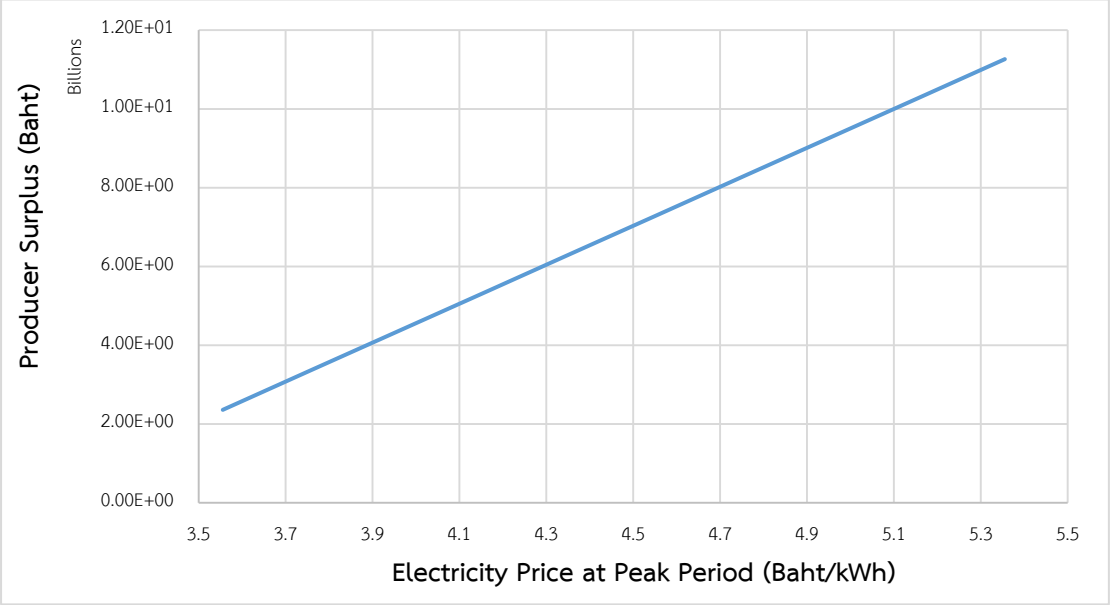
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากต้นทุนมีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.29 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

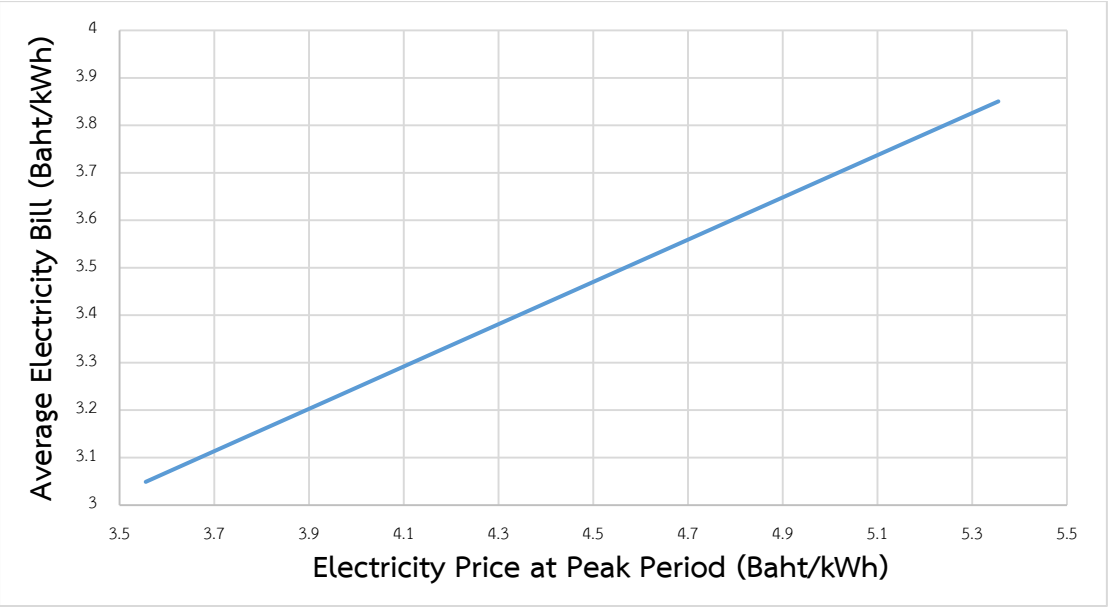
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.30 - รูปที่ 7.32รูปที่ *7.29* ตามลำดับ



รูปที่ 7.30 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.31 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.32 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.30 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น

1.2) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด

การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในหัวข้อนี้จะทำการคำนวณอัตราส่วนลดและการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดพร้อมกัน เพื่อให้การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP คำนึงถึงผลของอัตราส่วนลดที่อาจส่งผลกระทบต่อส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าหรือส่วนเกินผู้บริโภคของผู้ใช้ไฟฟ้า

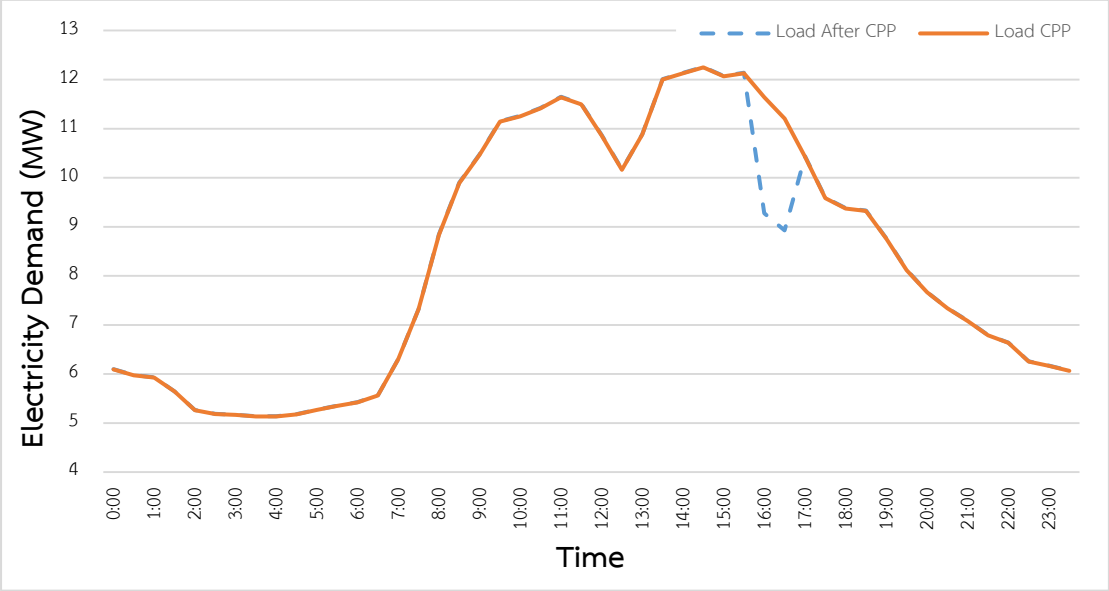
1.2.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหา และอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด

ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
CPP	4.6518	4.3475	2.6547
TOU	-	4.3555	2.6627

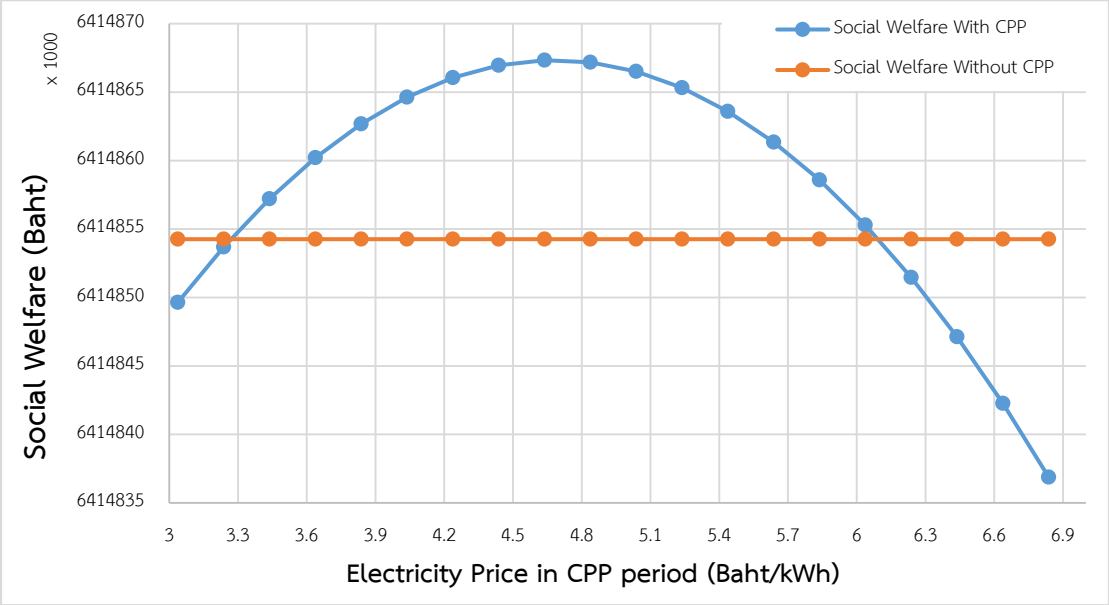
ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.33 โดยจะพบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak จะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องมาจากอัตราส่วนลดในช่วงเวลาดังกล่าวจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.33 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.6518 บาทต่อหน่วยที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.34 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่อ

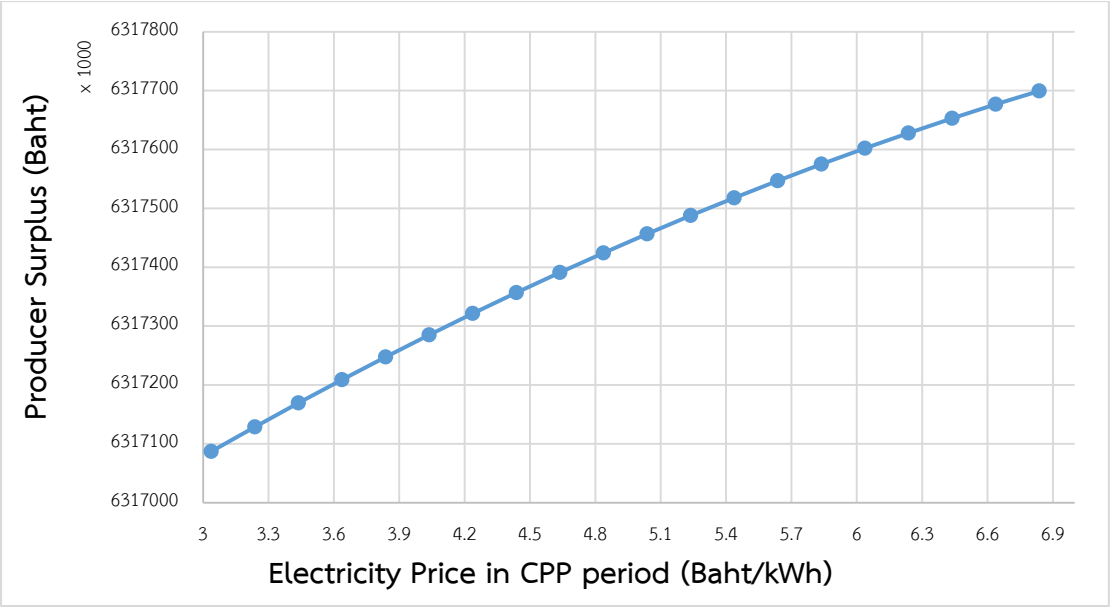
อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่า4.6518 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP



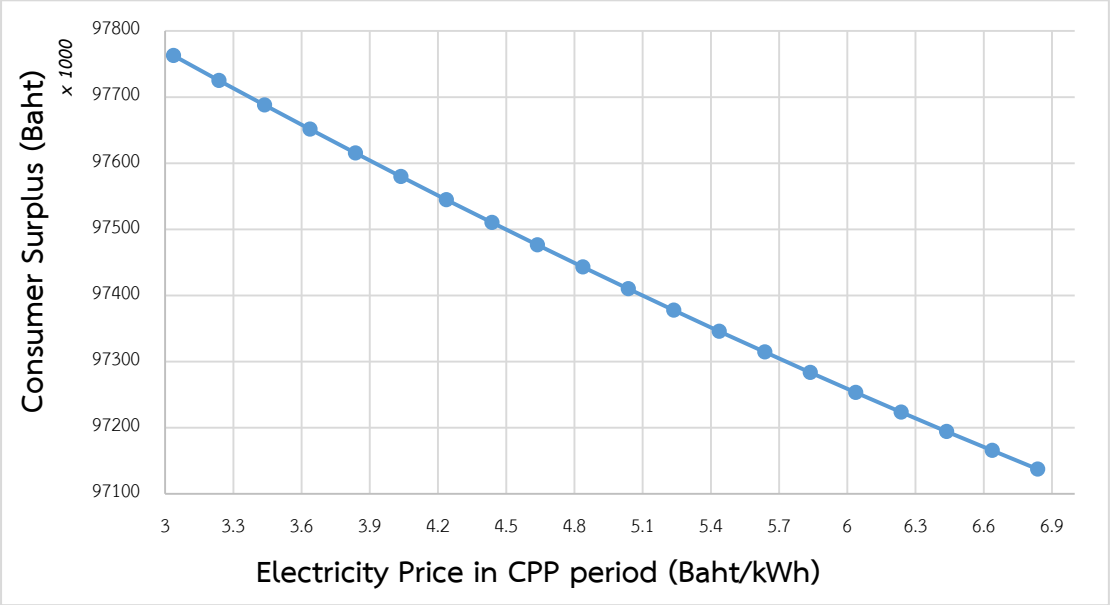
รูปที่ 7.34 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.35 และรูปที่ 7.36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 7.35 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.36 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^{9} บาท และ 5.7221×10^{7} บาท ตามลำดับ และส่วนเกิน

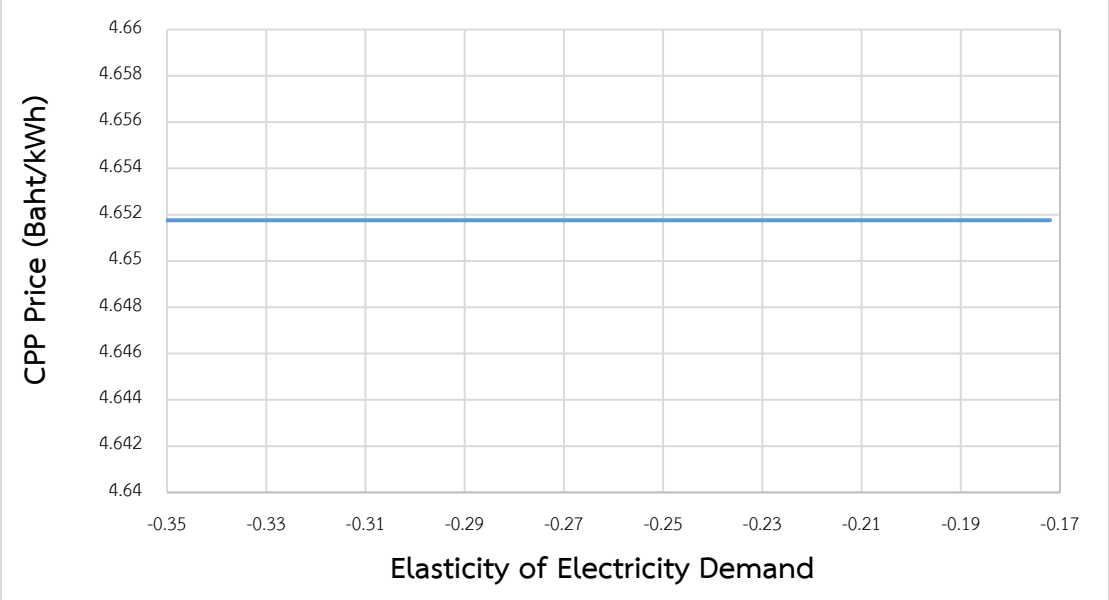
ผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3174×10^{9} บาท และ 5.7202×10^{7} บาท ตามลำดับ

1.1.3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

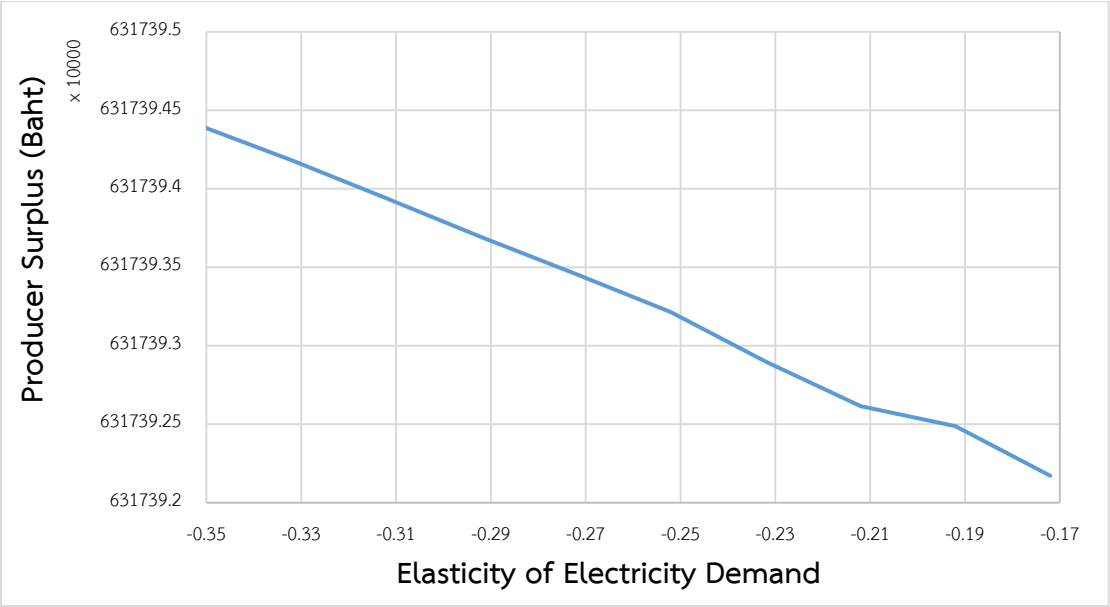
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

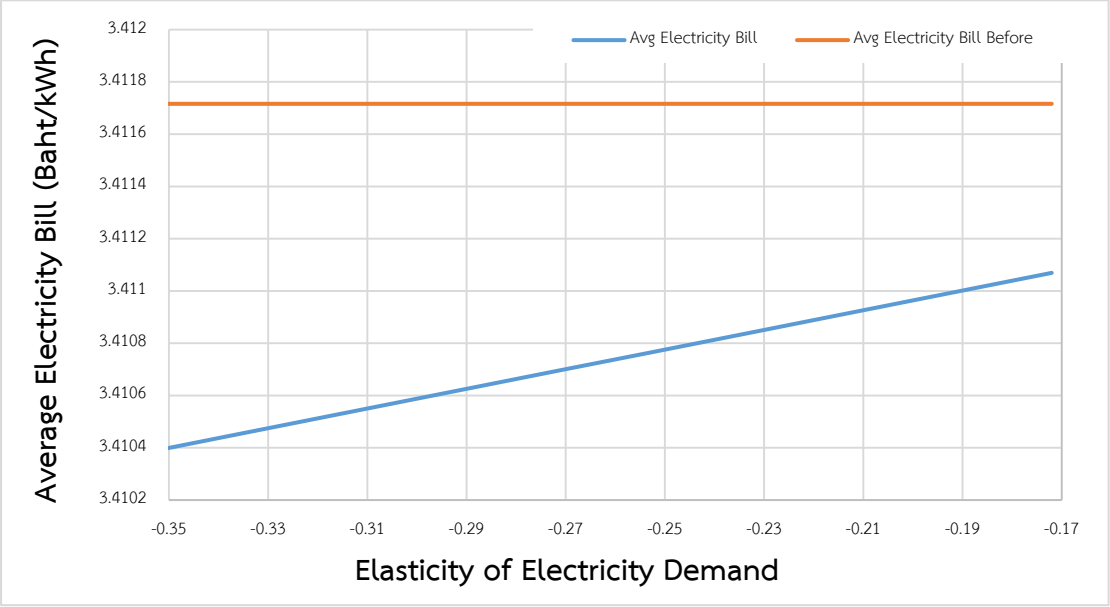
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงใน – ตามลำดับ



รูปที่ 7.37 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.38 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



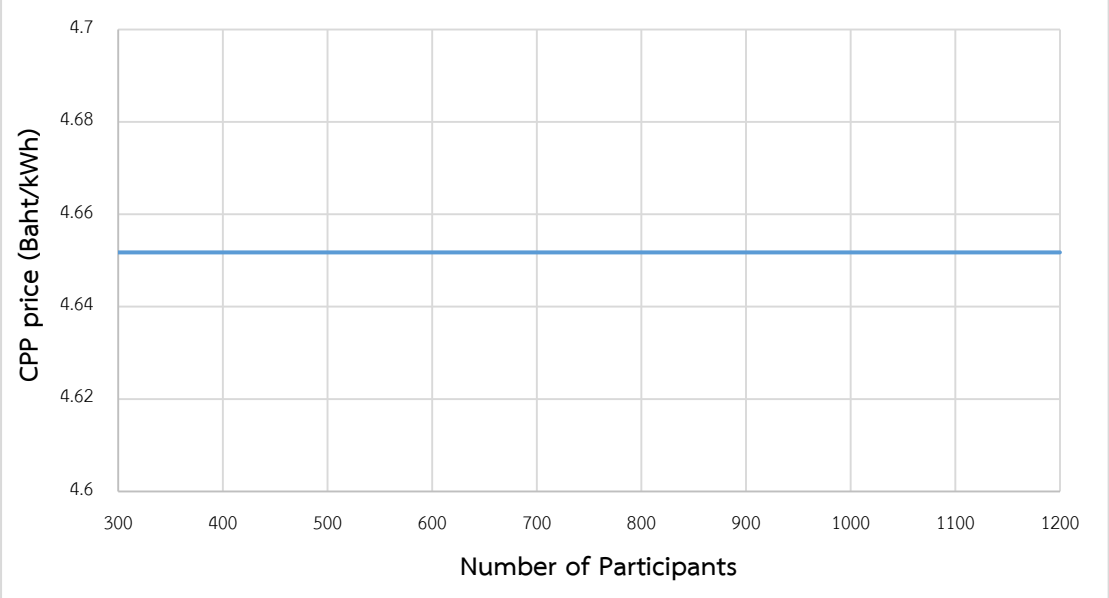
รูปที่ 7.39 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.37 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

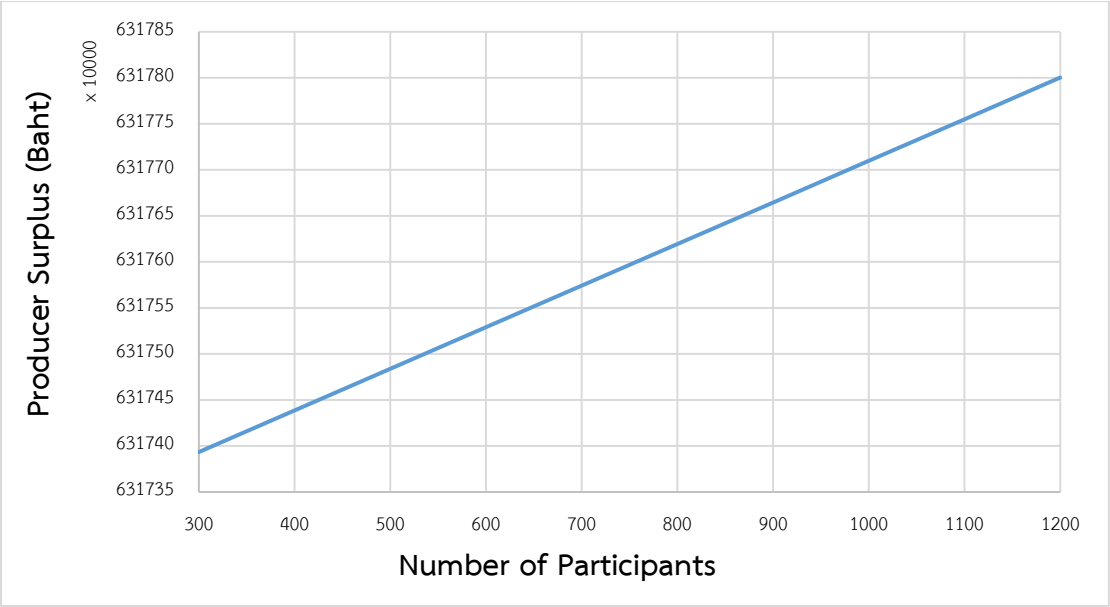
และจาก รูปที่ 7.38 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการอัตราส่วนลดจะส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak มีค่าสูงขึ้นดังนั้นหากความยืดหยุ่นของผู้ใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นจะส่งผลให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นและทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้ผลกำไรเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่มากขึ้น

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

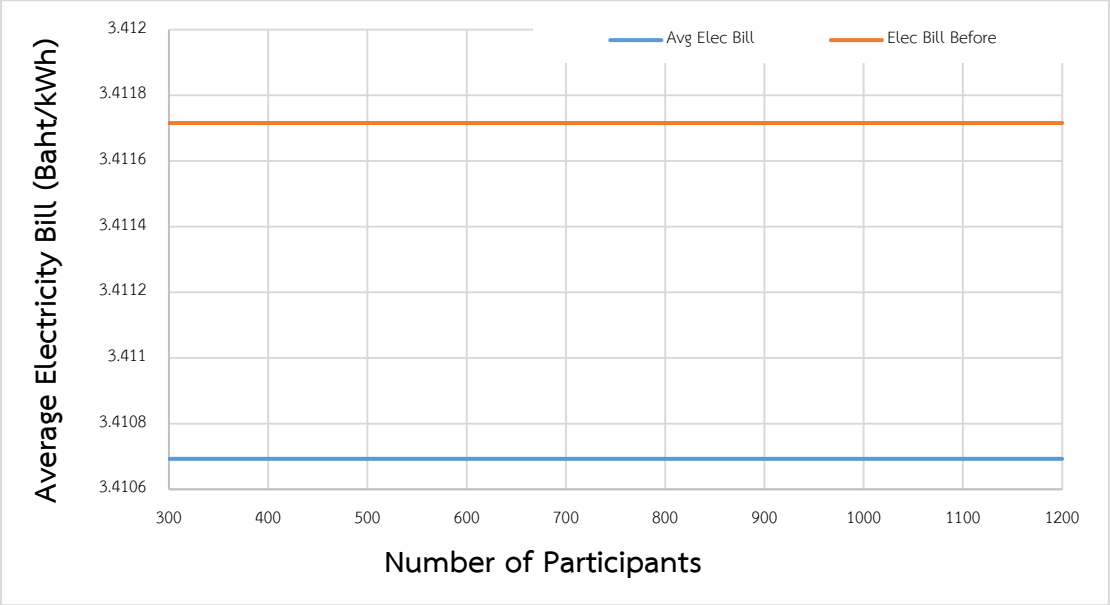
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.40 - รูปที่ 7.42 ตามลำดับ



รูปที่ 7.40 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.41 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.42 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.40 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าผู้เข้าร่วม

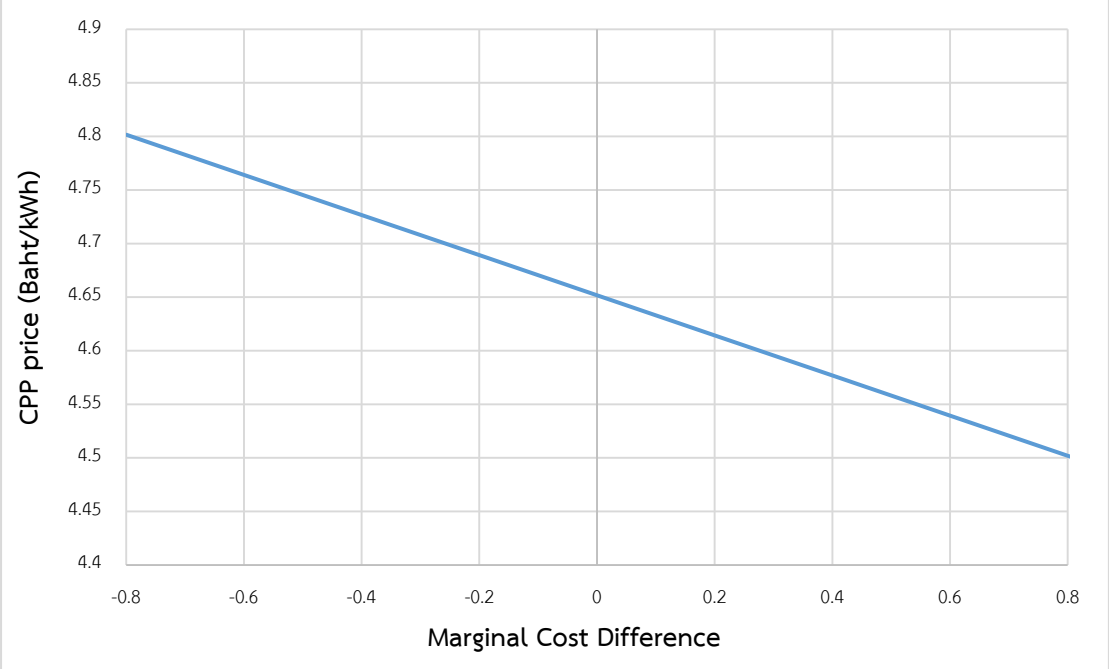
มาตรการ CPP เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้กำไรจากการจำหน่ายไฟฟ้าและลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย หากมีผู้เข้าร่วมมาตรการเพิ่มขึ้นโดยที่กำไรดังกล่าวของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ได้จากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายคงที่จะทำให้ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น

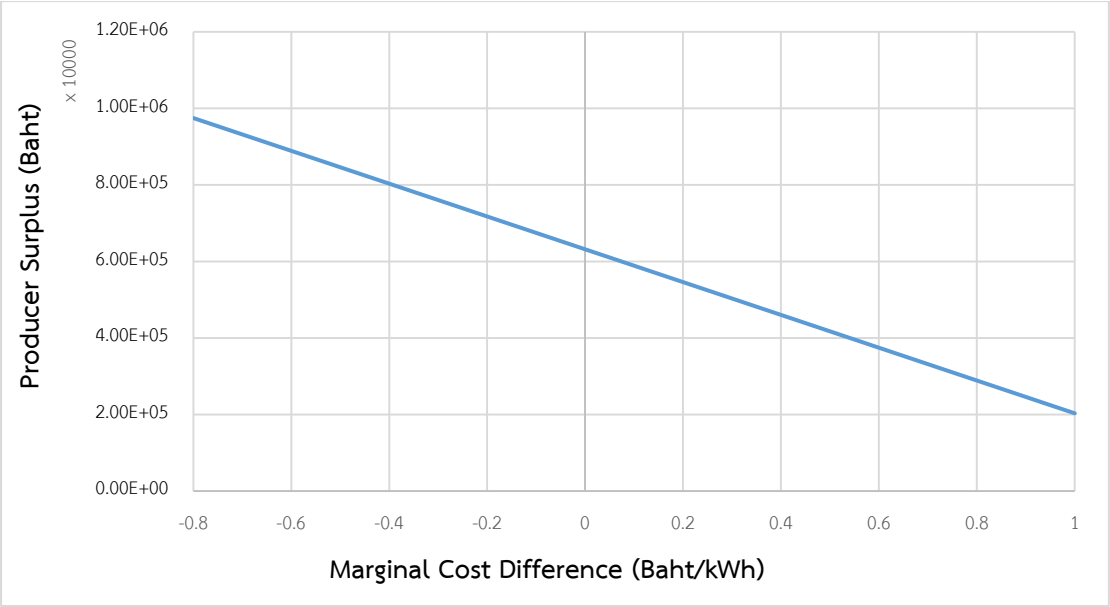
อย่างไรก็ตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะมีค่าคงที่เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลดการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

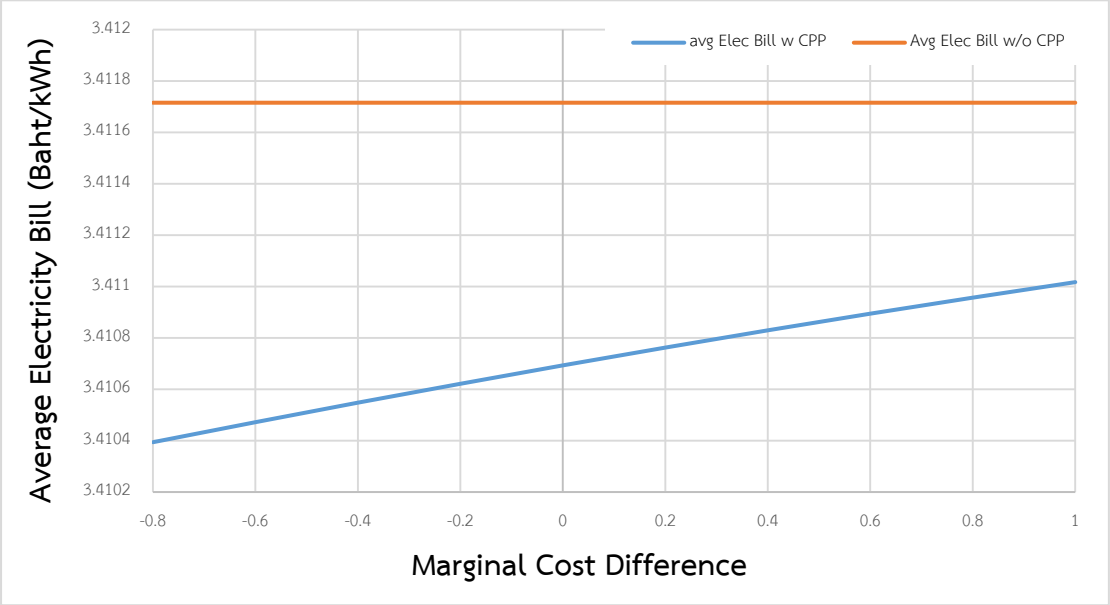
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.43 - รูปที่ 7.45 ตามลำดับ



รูปที่ 7.43 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.44 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.45 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

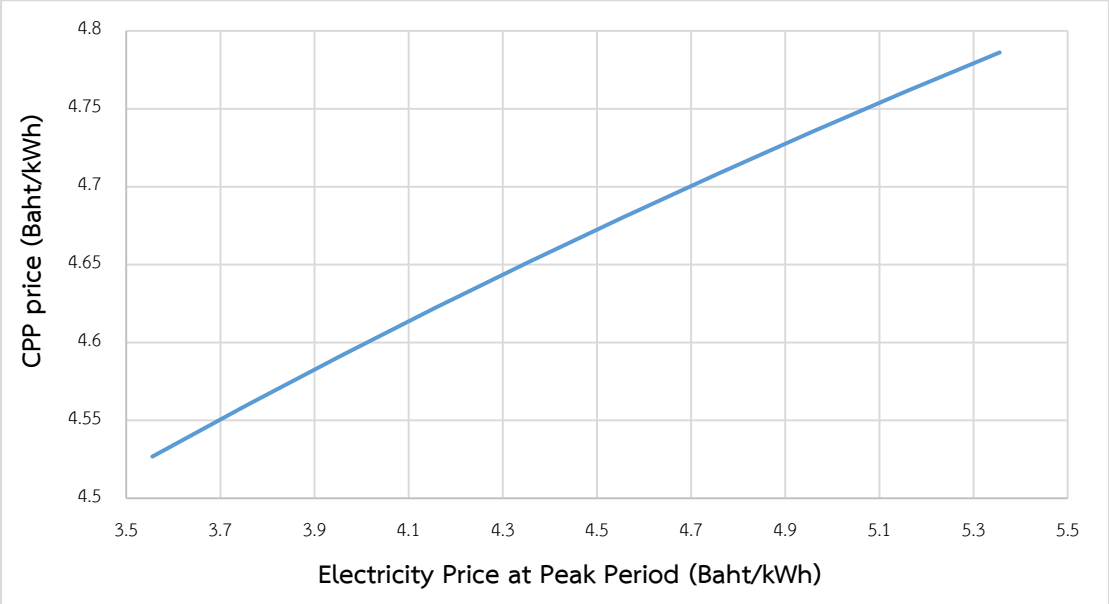
จาก รูปที่ 7.43 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าต่ำลงเนื่องจากในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติด้วยแบบจำลองที่คำนึงถึงผล

ของอัตราส่วนลด หากช่วงเวลา Peak ในบางช่วงเวลาอาจมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่สูง จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้า CPP มีค่าลดลงเนื่องจากในช่วง Peak ดังกล่าวจะมีอัตราส่วนลดที่ส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและรายได้ลดลงทำให้การไฟฟ้าขาดทุนในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ดังนั้นหากช่วงเวลา Peak มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่ำลงจะทำให้สามารถเพิ่มอัตราค่าไฟฟ้า CPP ได้มากขึ้นเนื่องจากสามารถลดการขาดทุนในช่วงเวลา Peak ได้

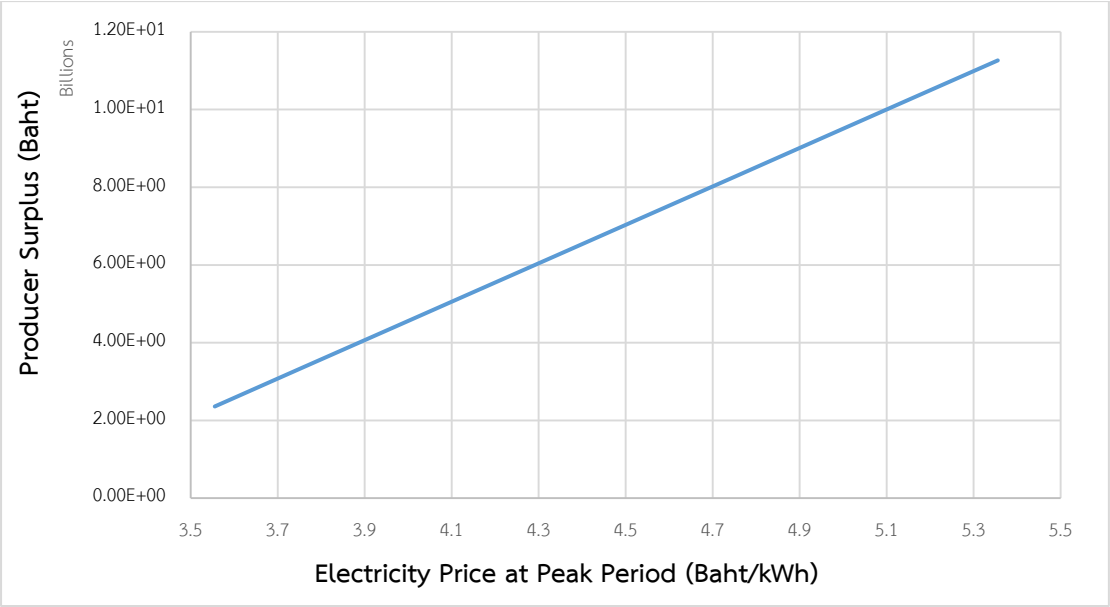
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากต้นทุนมีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.45 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากการที่อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

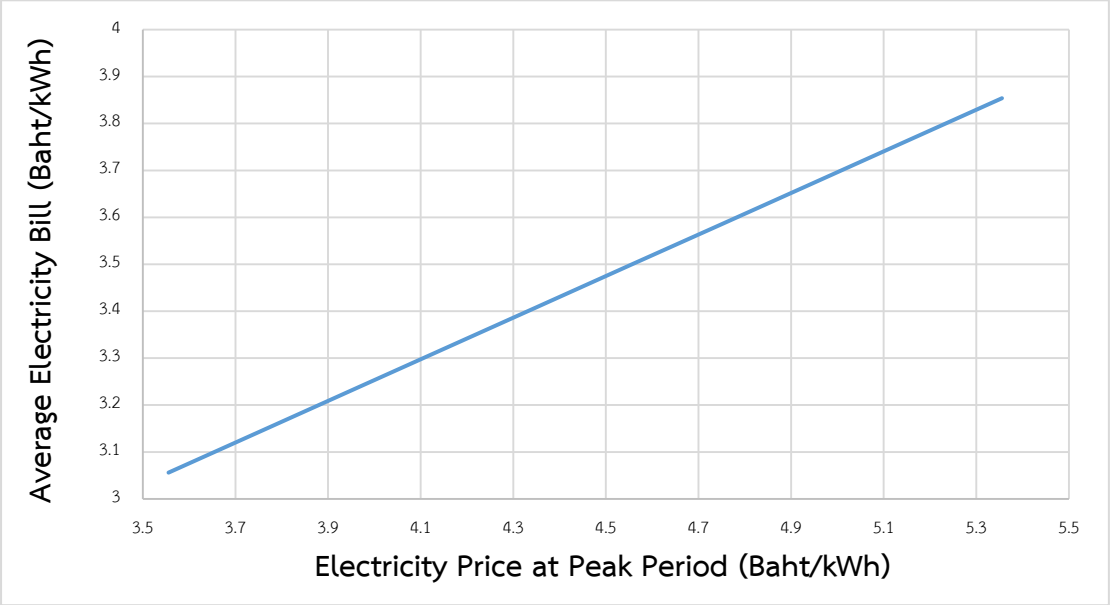
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.46 - รูปที่ 7.48 ตามลำดับ



รูปที่ 7.46 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.47 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1



รูปที่ 7.48 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.30 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้นเนื่องจากรายได้ของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นอัตราค่าไฟฟ้าช่วง

วิกฤติจะสามารถเพิ่มขึ้นได้เล็กน้อยเพราะรายได้ของผู้ผลิตไฟฟ้าในช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น

1.3) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในหัวข้อนี้จะพิจารณาพฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วง CPP ไปยังช่วง Off-Peak

1.3.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหา และอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.8 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

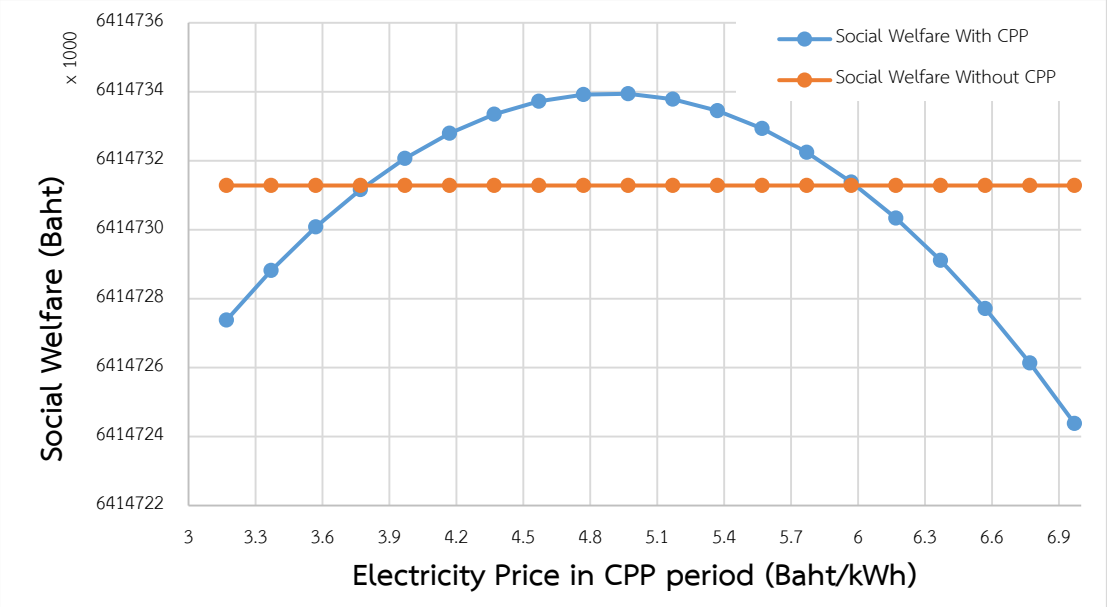
ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
CPP	4.9699	4.3519	2.6591
TOU	-	4.3555	2.6627

ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.49 โดยจะพบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา CPP มีค่าลดลงเนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น ในขณะที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 4 ทุ่ม – 5 ทุ่มซึ่งเป็นช่วงเวลา Off-Peak จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

รูปที่ 7.49 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

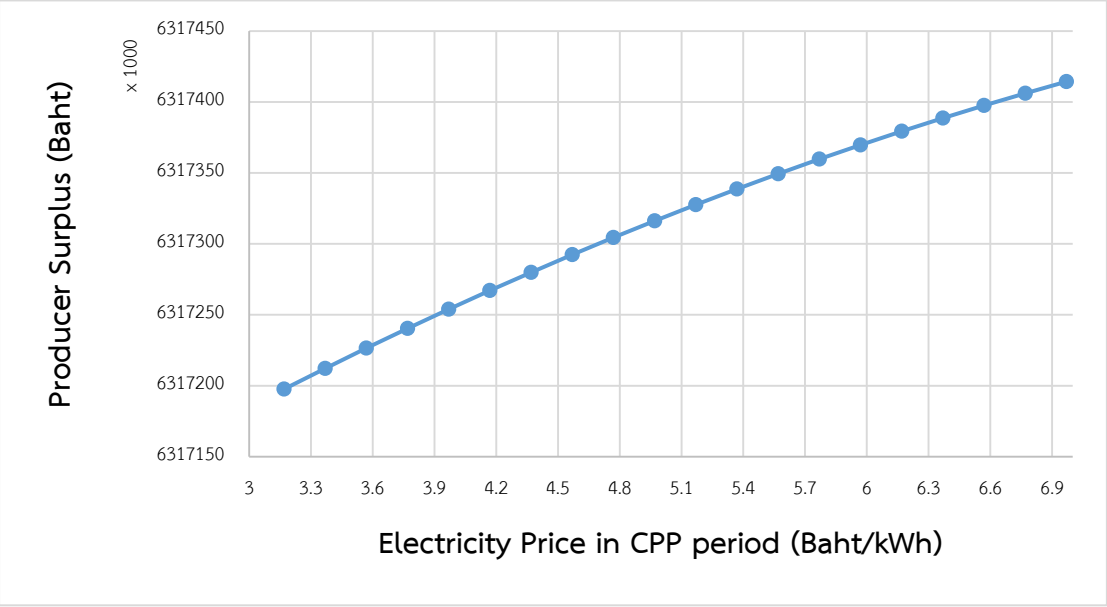
โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.9699 บาทต่อหน่วยที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.50 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่า 4.9699 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP

Chulalongkorn University

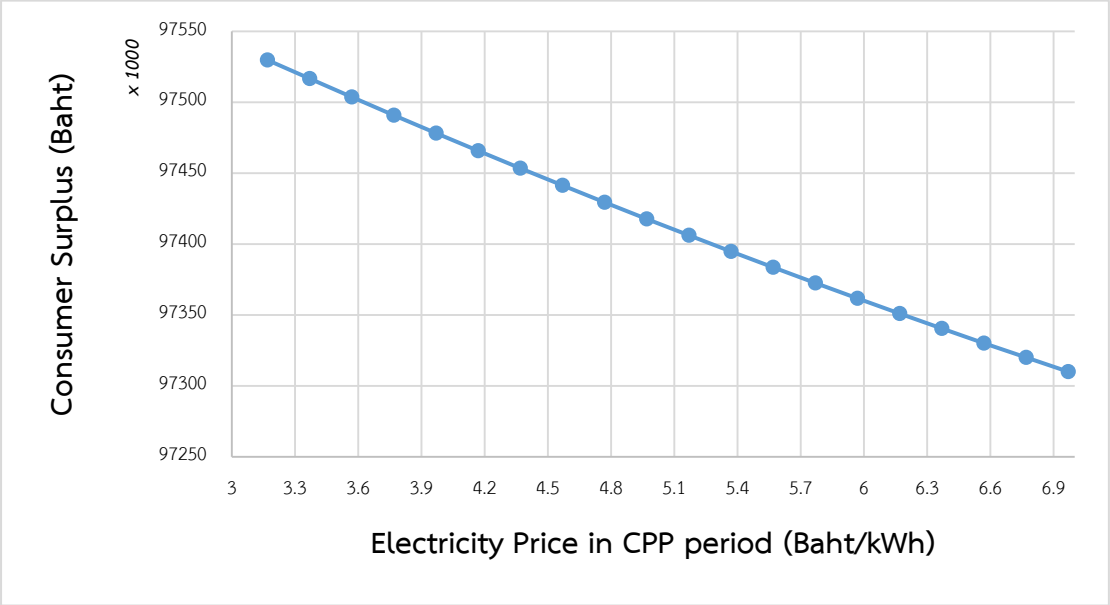


รูปที่ 7.50 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.50รูปที่ 7.35 และรูปที่ 7.51 ตามลำดับ



รูปที่ 7.51 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.52 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

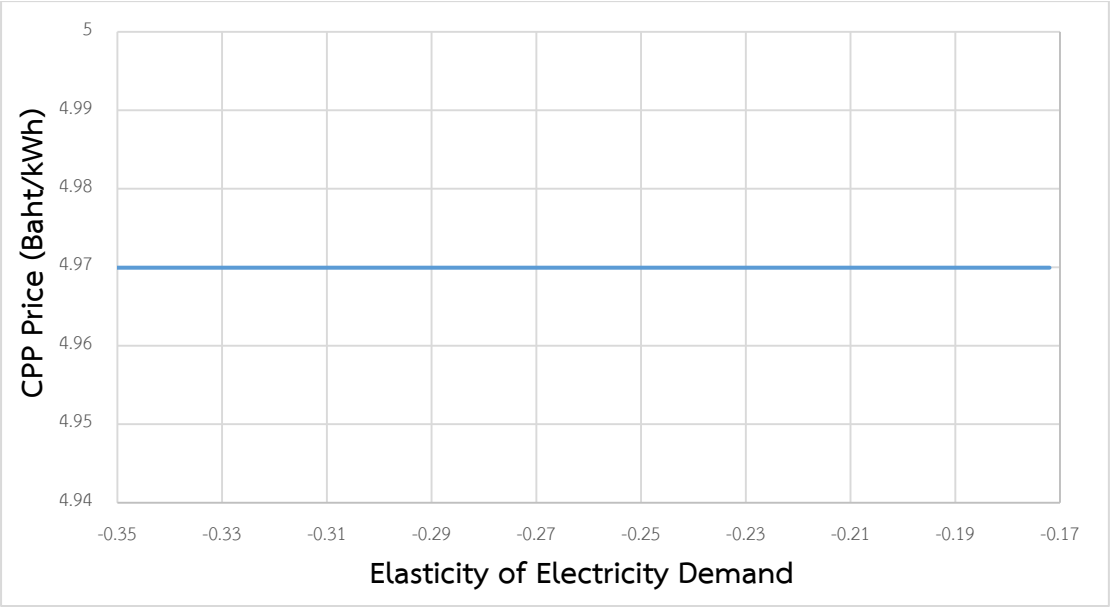
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^{9} บาท และ 5.7221×10^{7} บาท ตามลำดับ และส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3174×10^{9} บาท และ 5.7208×10^{7} บาท ตามลำดับ

1.3.2) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

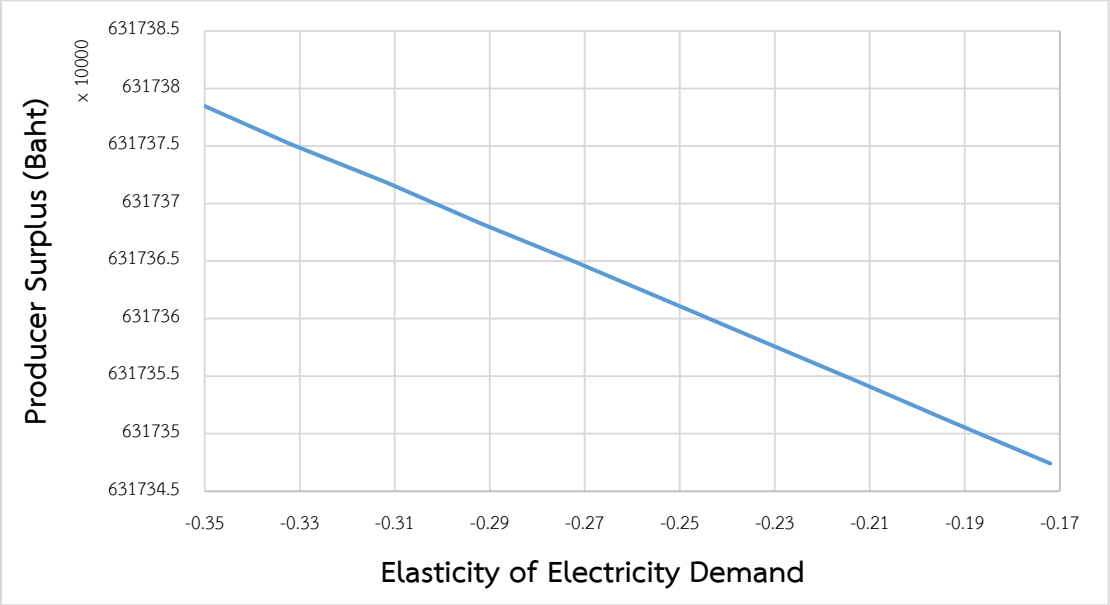
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

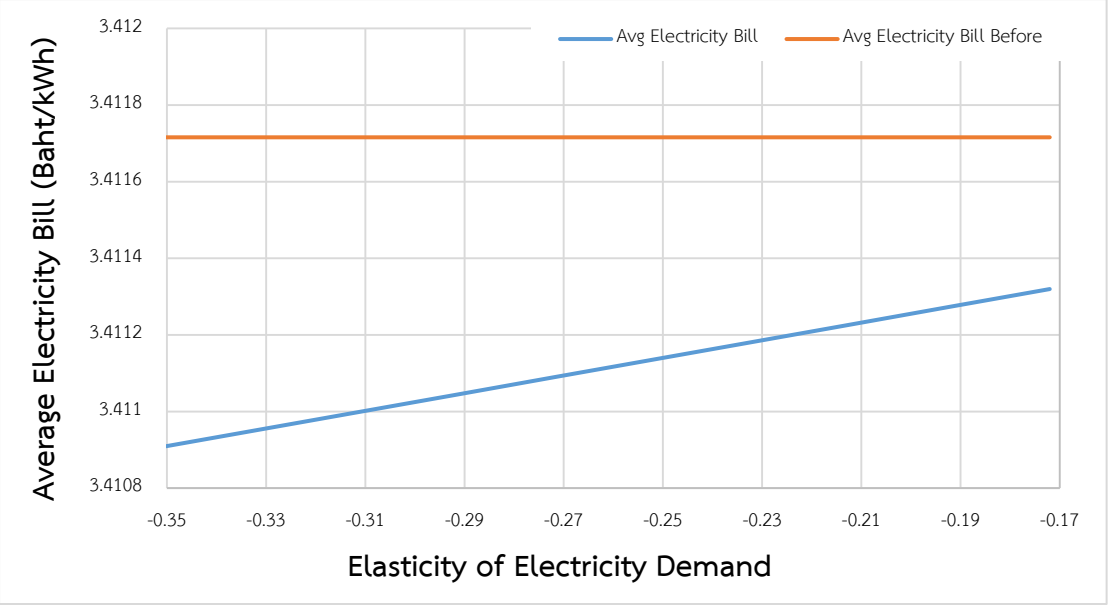
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 7.53 - รูปที่ 7.55 ตามลำดับ



รูปที่ 7.53 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.54 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



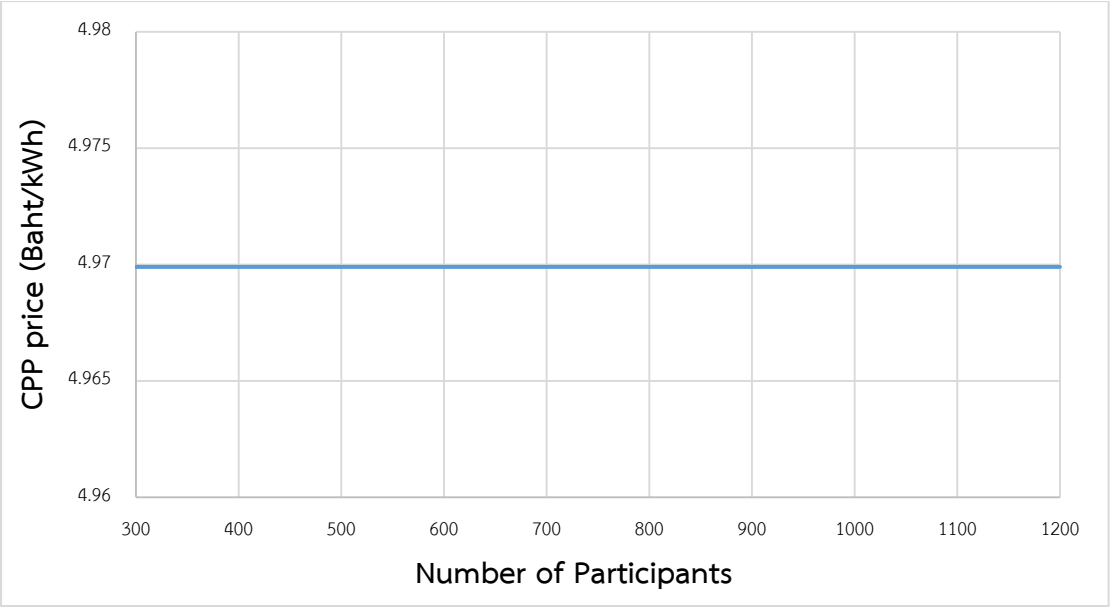
รูปที่ 7.55 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.53 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

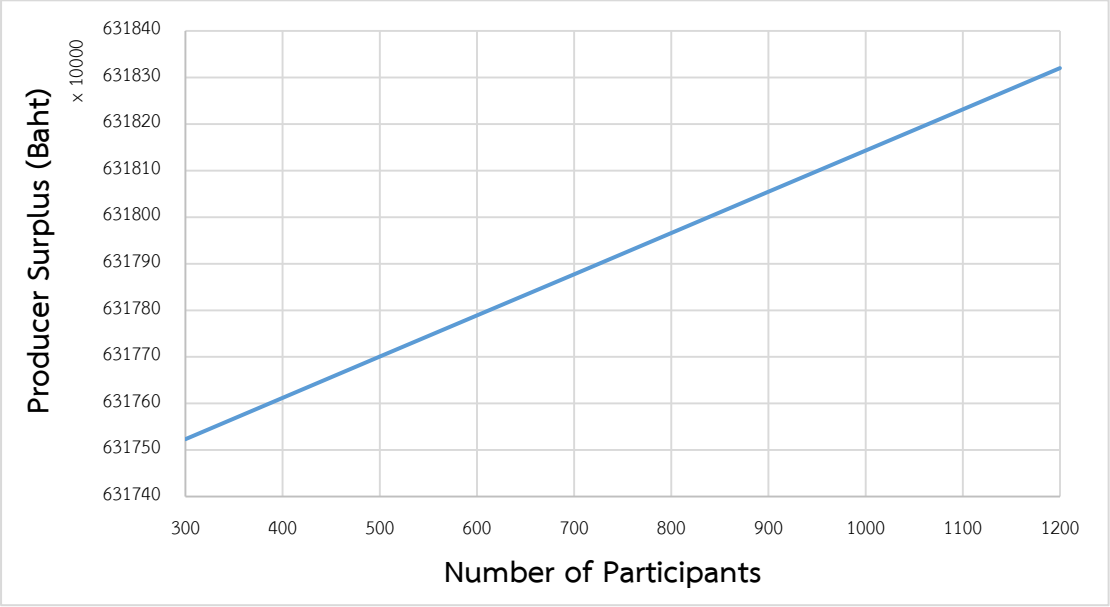
และจากรูปที่ 7.54 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องมาจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจากช่วงเวลา CPP ไปยังช่วงเวลา Off-Peak จะมีปริมาณสูงเมื่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นประกอบกับเกณฑ์ในการเลือกวันในการเรียกใช้มาตรการ CPP ที่คำนึงถึงผลของการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจะทำให้การเลื่อนการใช้ไฟฟ้ามีผลประโยชน์ต่อผู้ผลิตไฟฟ้าดังนั้นแล้วผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้ผลกำไรเพิ่มขึ้นหากความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่มากขึ้น

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

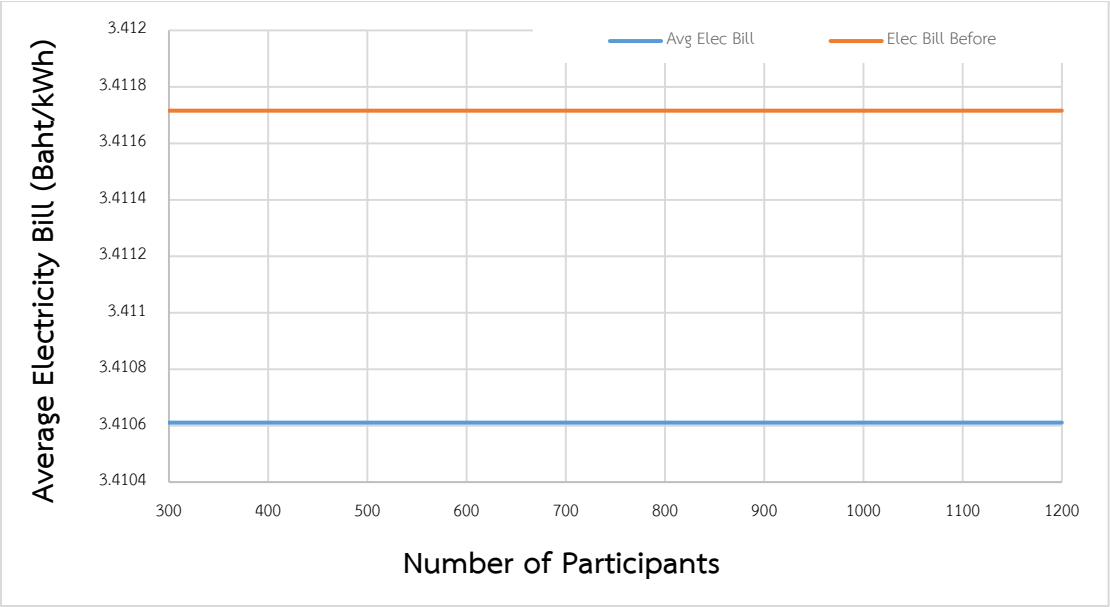
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.56 - รูปที่ 7.58 ตามลำดับ



รูปที่ 7.56 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.57 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.58 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

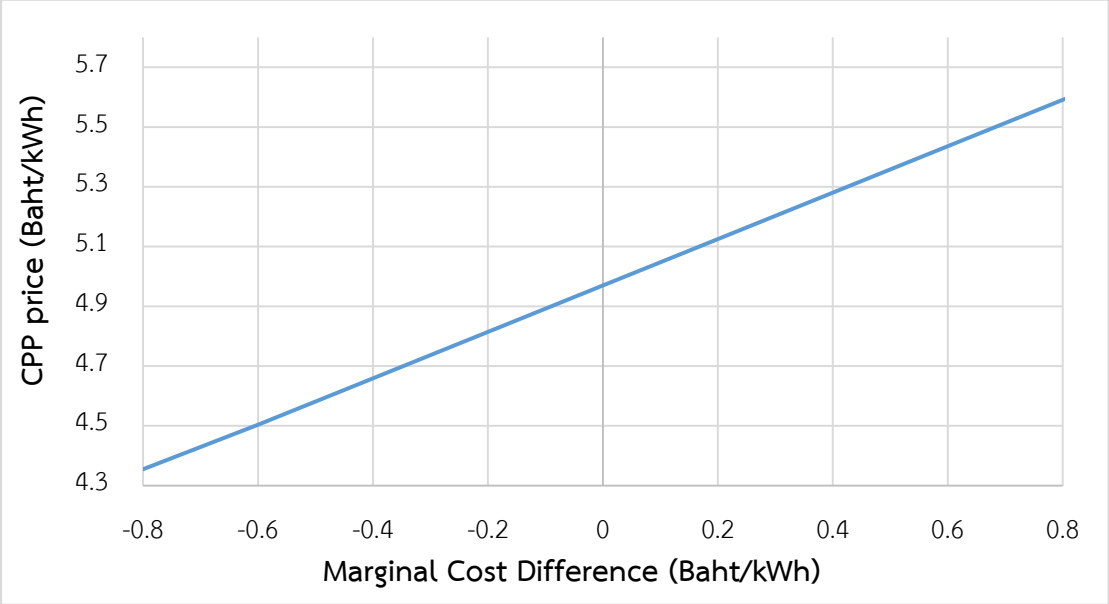
จากรูปที่ 7.56 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพียงเล็กน้อย จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้กำไรจากการจำหน่ายไฟฟ้าและลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย หากมีผู้เข้าร่วมมาตรการเพิ่มขึ้นโดยที่กำไรดังกล่าวของผู้ผลิตไฟฟ้าที่ได้จากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายคงที่จะทำให้ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น

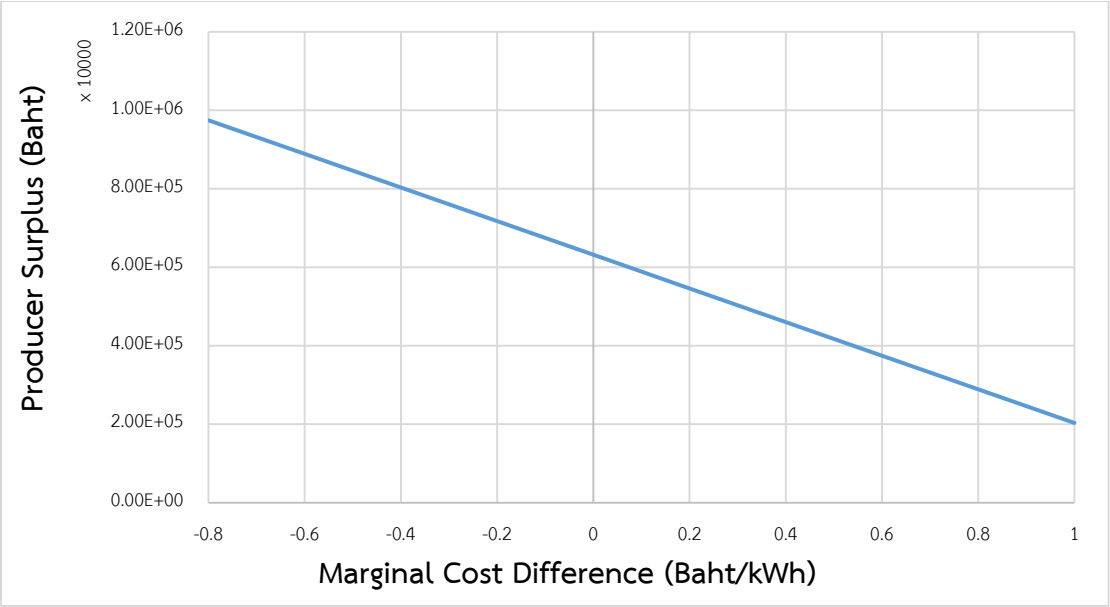
อย่างไรก็ตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะมีค่าคงที่เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลดการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

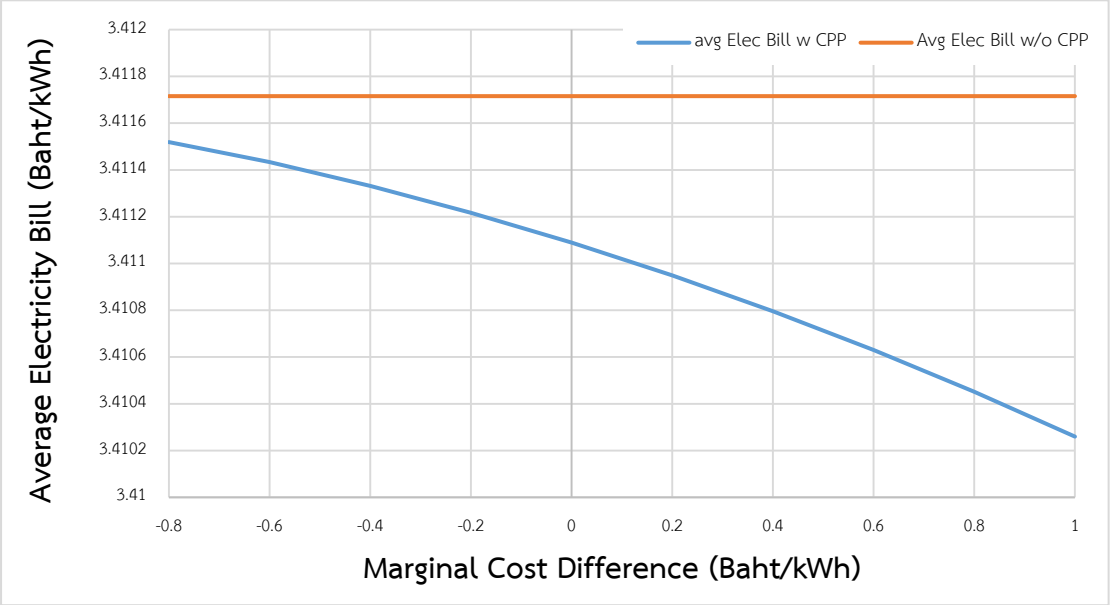
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.59 - รูปที่ 7.61 ตามลำดับ



รูปที่ 7.59 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.60 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.61 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

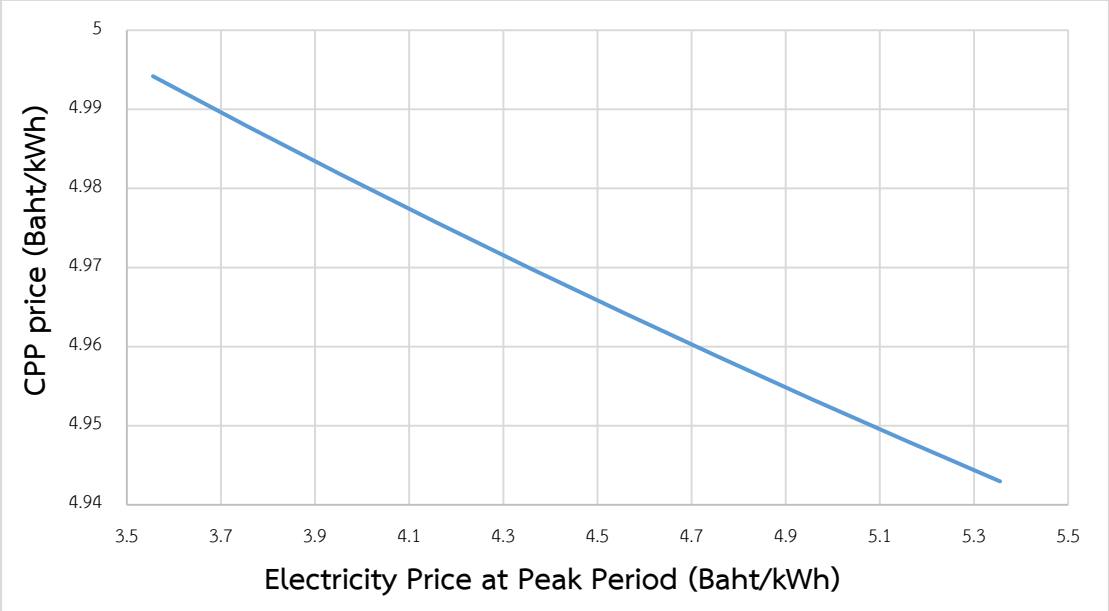
จากรูปที่ 7.59 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นจากแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP โดย

คำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้านั้นจะเรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วง CPP มีค่าสูงกว่าช่วง Off-Peak ดังนั้นในกรณีที่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วง CPP เพิ่มขึ้น ส่วนต่างของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายในช่วง CPP และช่วง Off-Peak จะมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วง CPP สูงขึ้นเล็กน้อยเพื่อส่งเสริมให้มีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

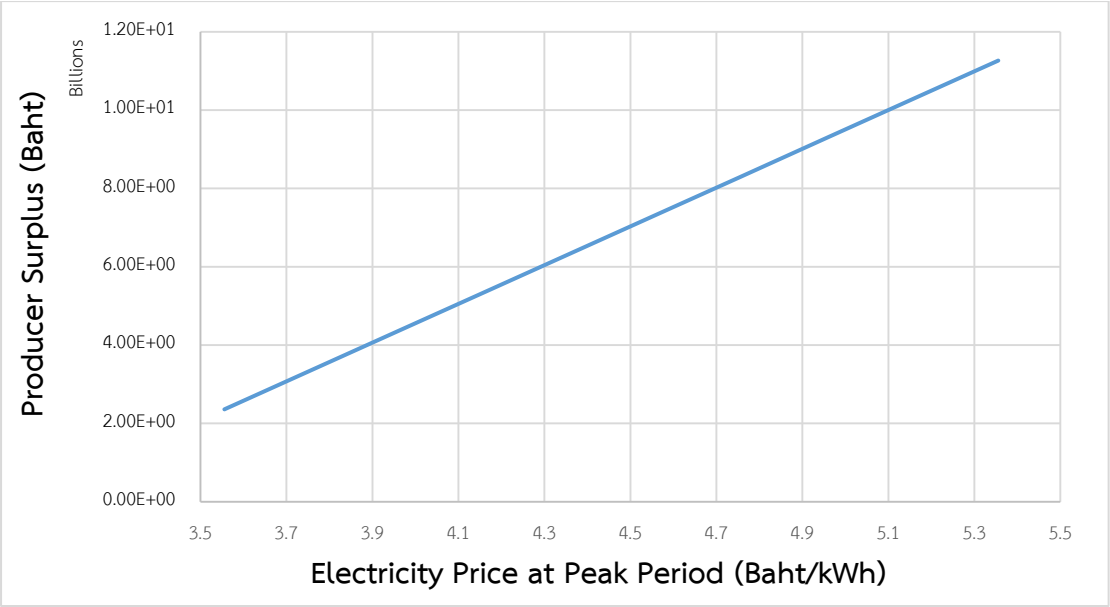
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ มีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.61 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากการที่อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

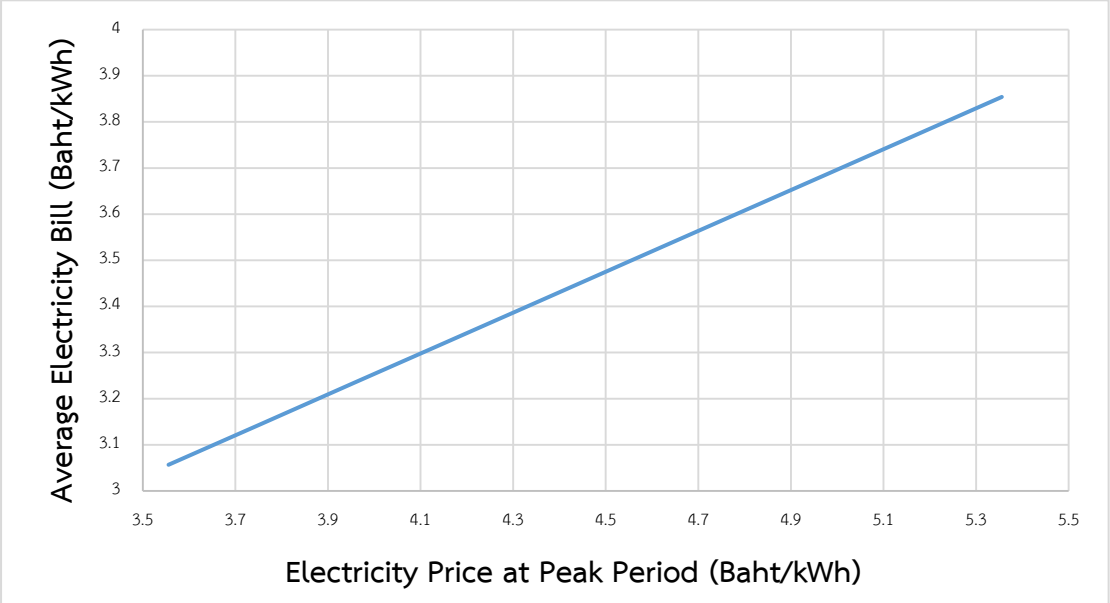
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.62 - รูปที่ 7.64ตามลำดับ



รูปที่ 7.62 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.63 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1



รูปที่ 7.64 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 1

จากรูปที่ 7.62 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น

7.4.2 ผลลัพธ์การกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสม เมื่อผู้เข้าร่วมมาตรการคือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ในหัวข้อนี้ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP คือผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเท่านั้น โดยผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 จะใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2.3 และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 จะใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4.2.2 และกำหนดให้อัตราการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า α มีค่าเป็น 0.8 โดยได้แบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น 3 หัวข้อย่อยตามแบบจำลองการกำหนดปัญหาในการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ดังนี้

1) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด

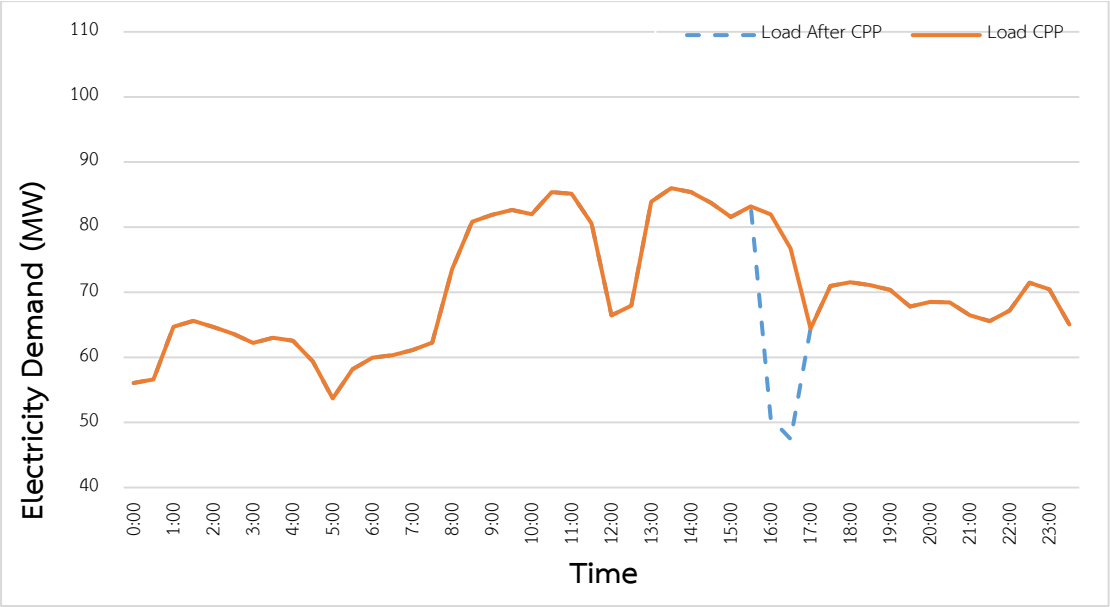
1.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาและอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.9

ตารางที่ 7.9 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU

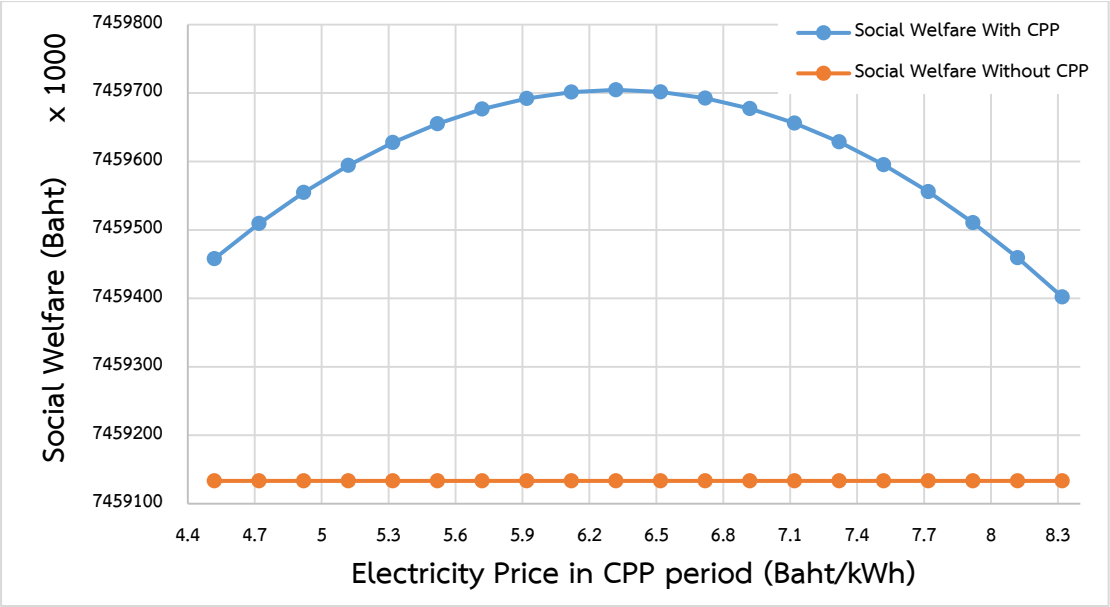
ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
3	CPP	6.3195	4.3307	2.6379
	TOU	-	4.3555	2.6627
4	CPP	6.3090	4.1837	2.6035
	TOU	-	4.2097	2.6295

ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.65



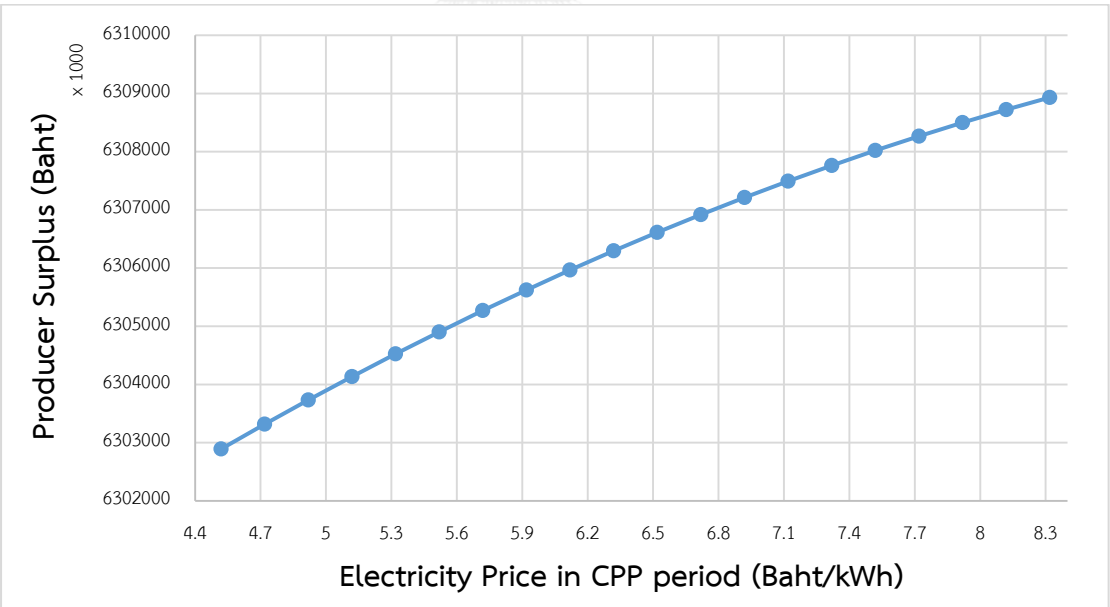
รูปที่ 7.65 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 6.3195 บาทต่อหน่วย และ 6.3090 บาทต่อหน่วยซึ่งได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงใน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 6.3195 บาทต่อหน่วย และ 6.3090 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้นมากกว่าเมื่อไม่เรียกใช้มาตรการ CPP

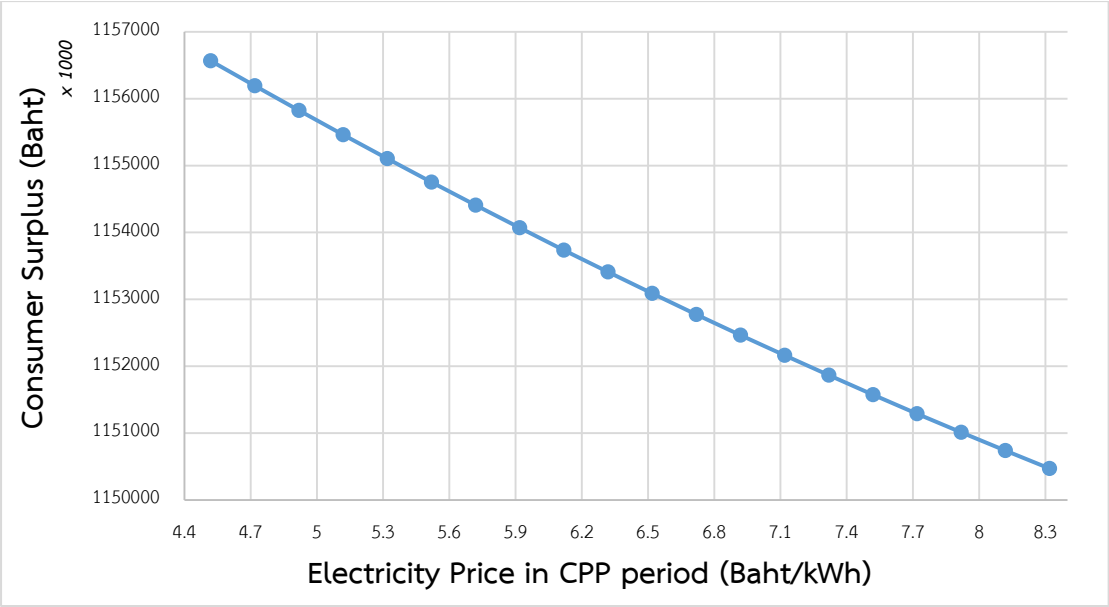


รูปที่ 7.66 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.67 และรูปที่ 7.68



รูปที่ 7.67 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.68 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

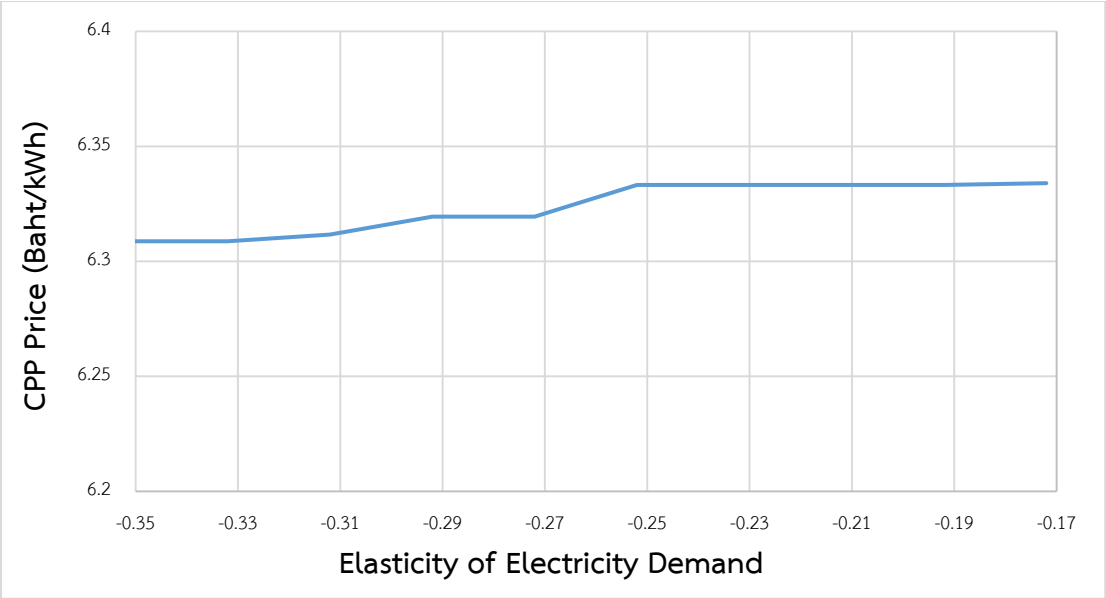
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^{9} บาท และ 6.7899×10^{8} บาท ตามลำดับ และส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3224×10^{9} บาท และ 6.7646×10^{8} บาท ตามลำดับ

1.2) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

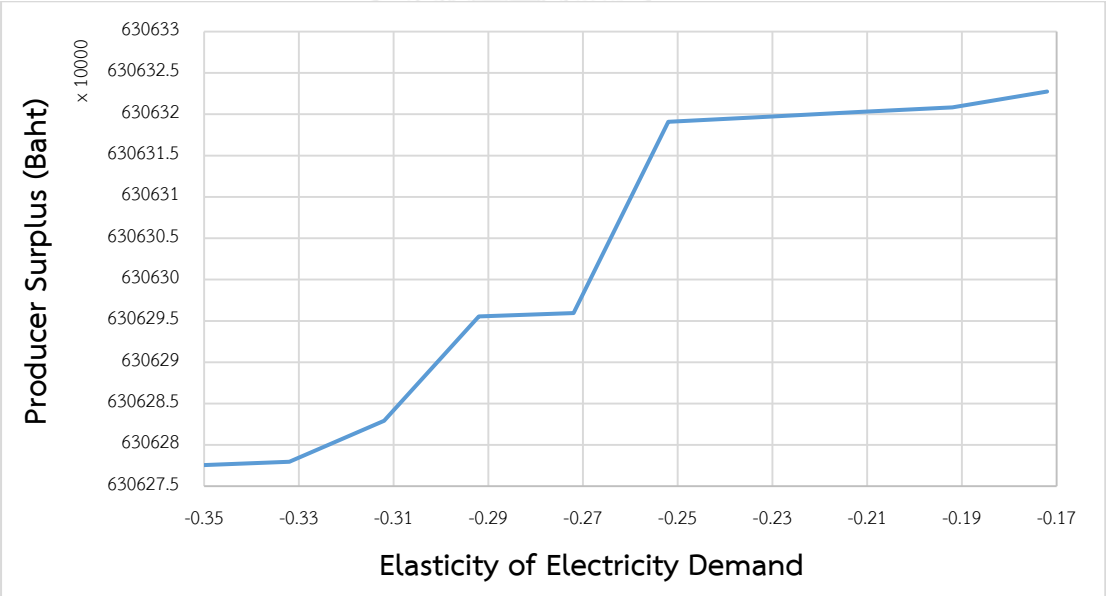
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

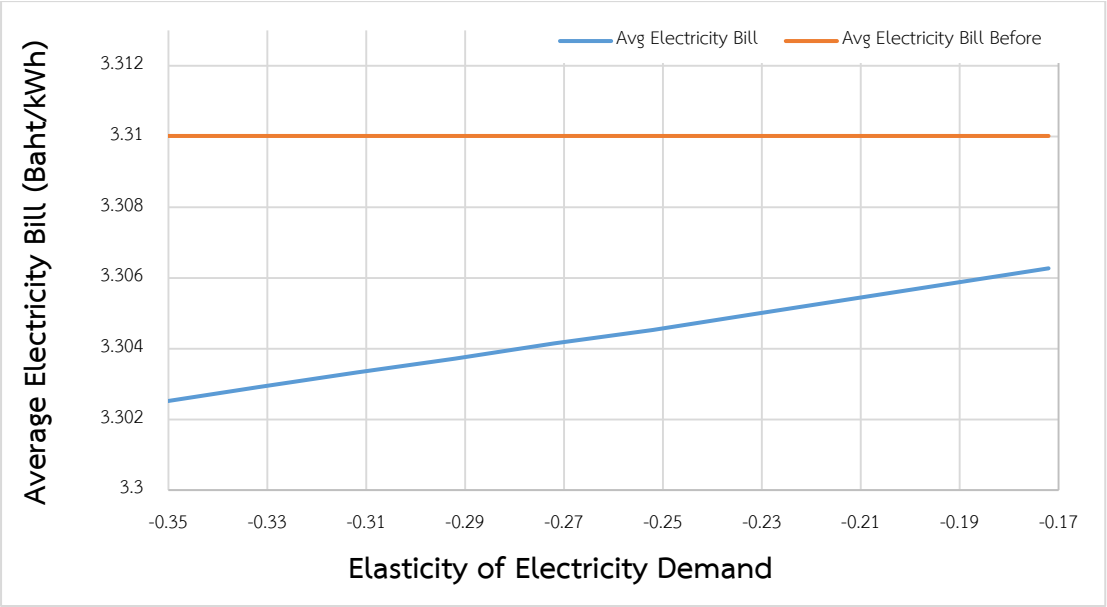
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 7.69 - รูปที่ 7.71 ตามลำดับ



รูปที่ 7.69 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.70 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



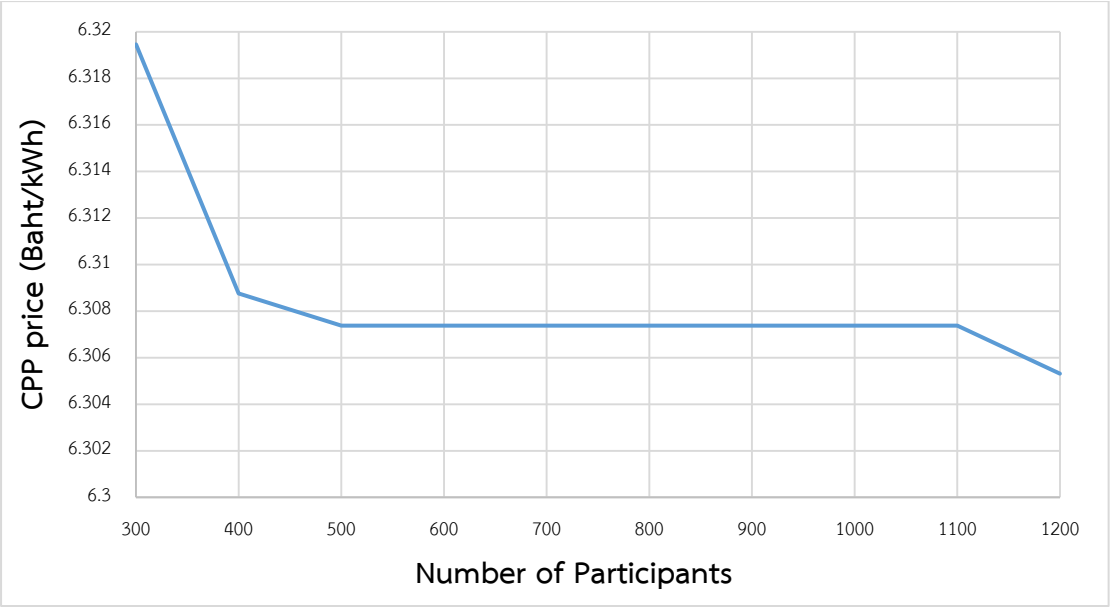
รูปที่ 7.71 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.69 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าเพิ่มขึ้นหากความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในกรณีนี้เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ดังนั้นการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นขั้นบันไดได้ ดังนั้นความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติได้

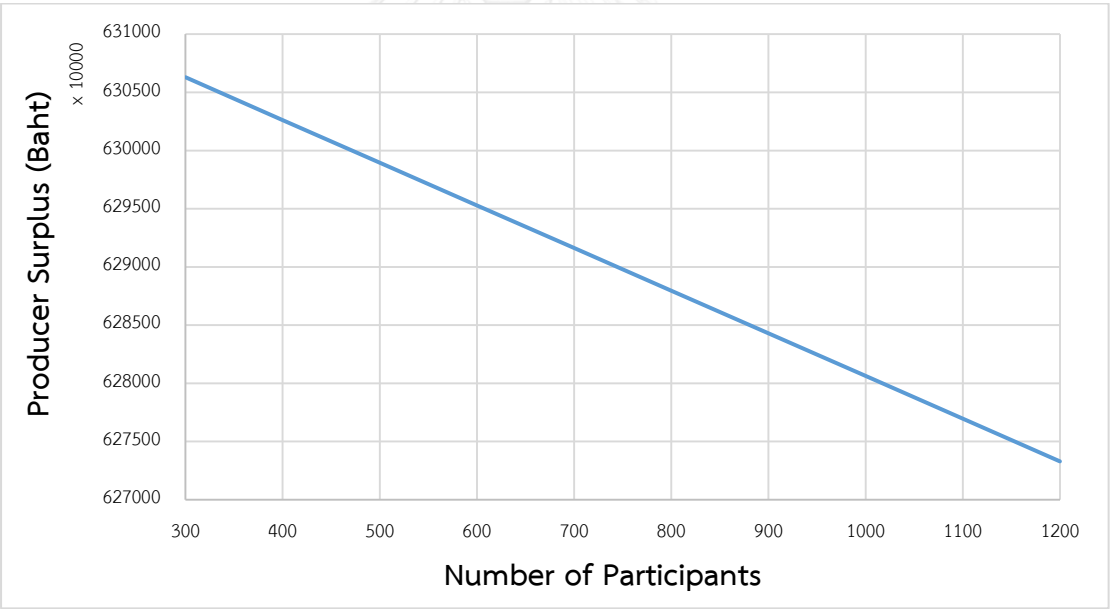
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าน้อยลง และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

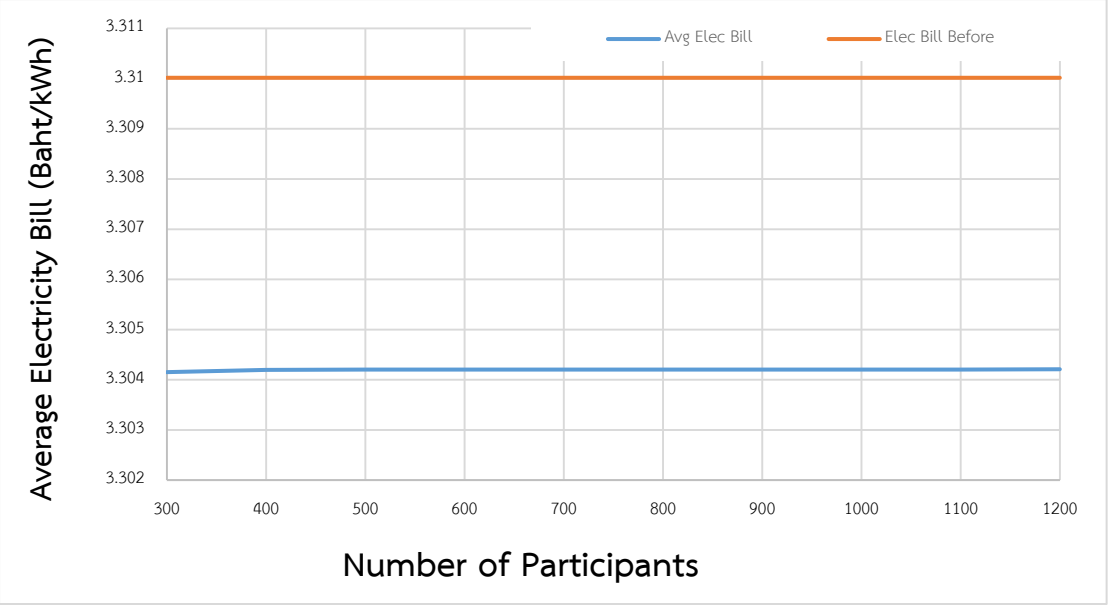
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.72 - รูปที่ 7.74 ตามลำดับ



รูปที่ 7.72 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.73 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



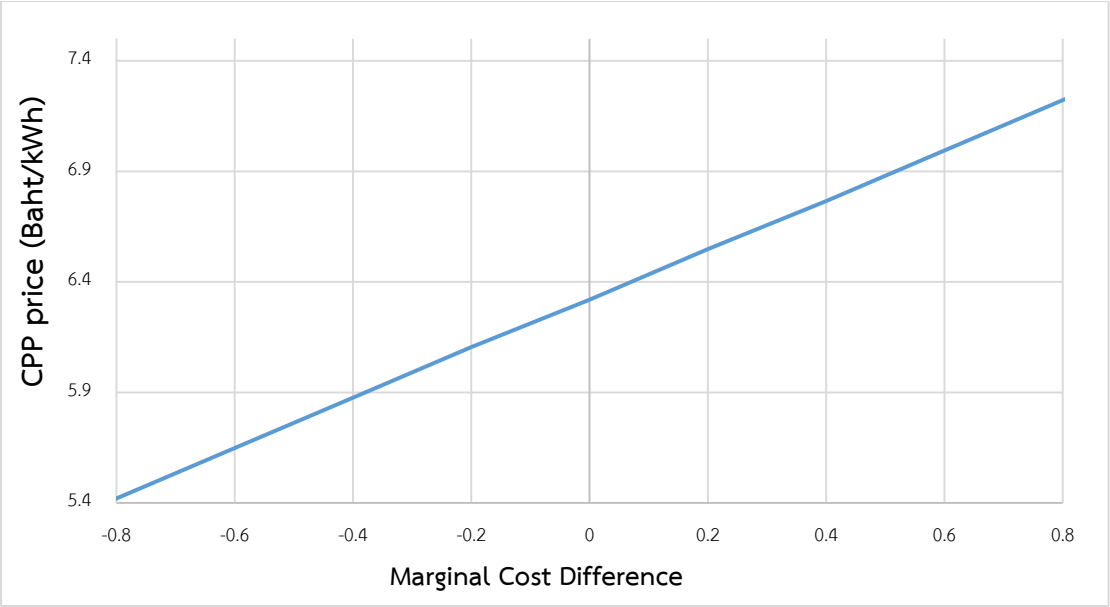
รูปที่ 7.74 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดกรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.72 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าลดลง เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในกรณีนี้เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ดังนั้นการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นขั้นบันไดได้ ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติได้

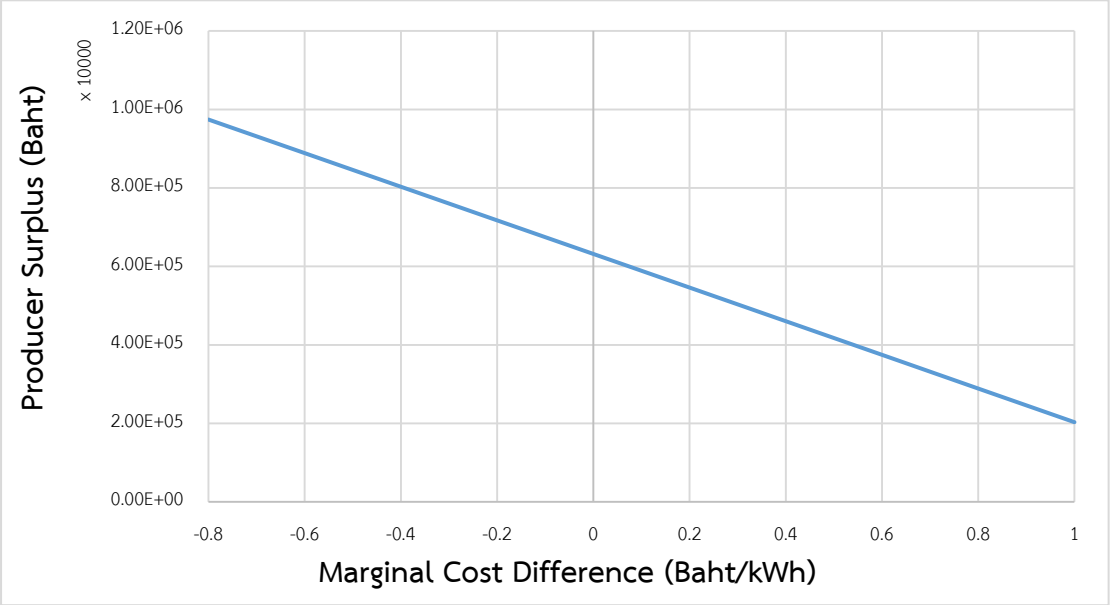
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้น แต่ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะคงที่เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลดการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

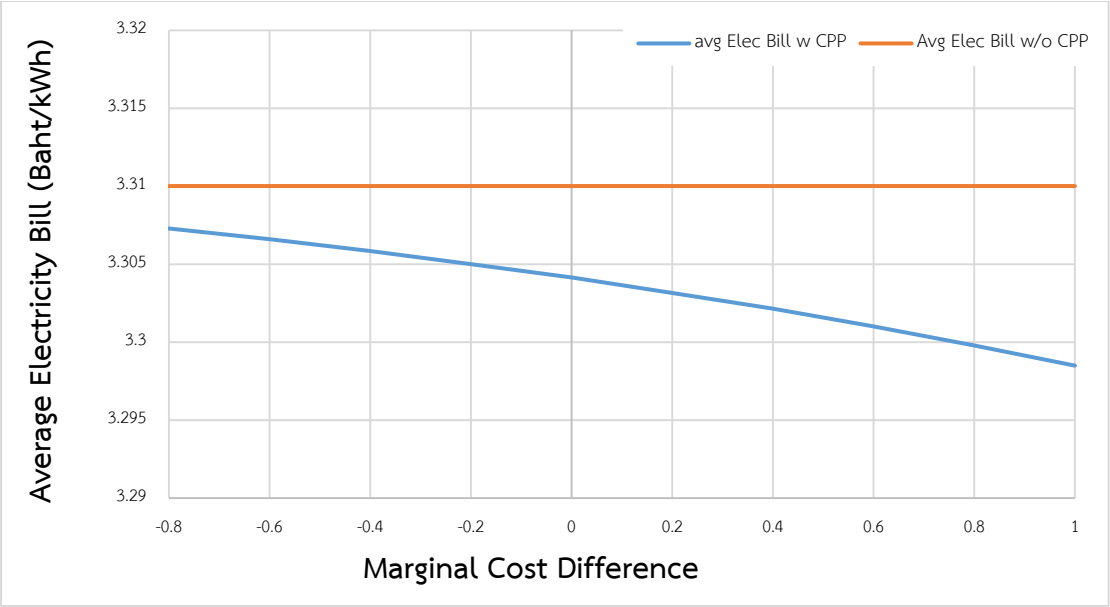
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.75 - รูปที่ 7.77 ตามลำดับ



รูปที่ 7.75 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.76 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



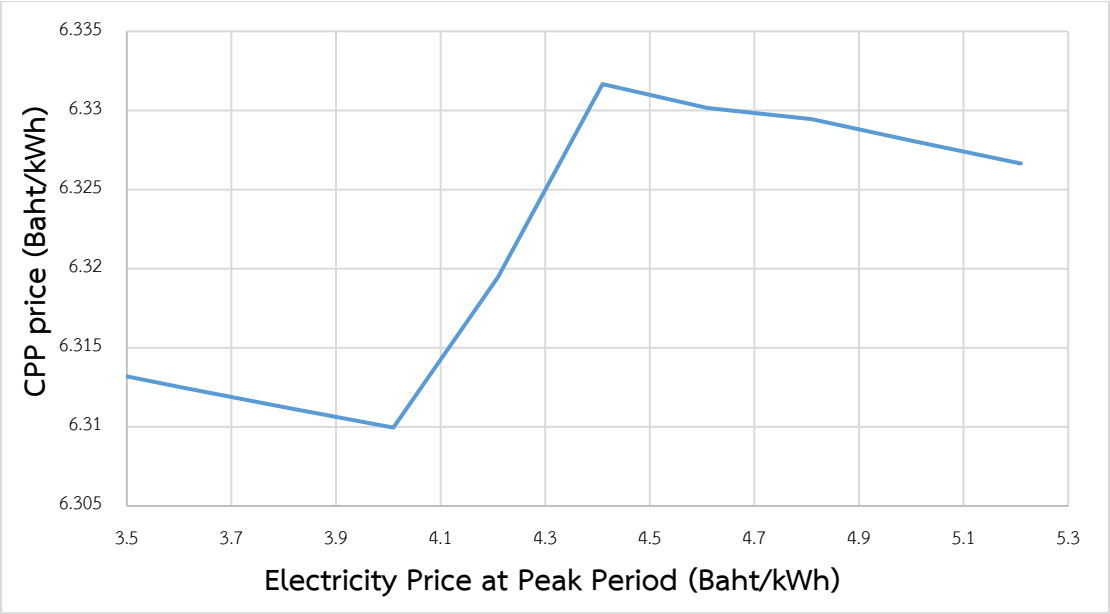
รูปที่ 7.77 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.75 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติด้วยการทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุด อัตราค่าไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับจุดตัดของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายและเส้นอุปทาน

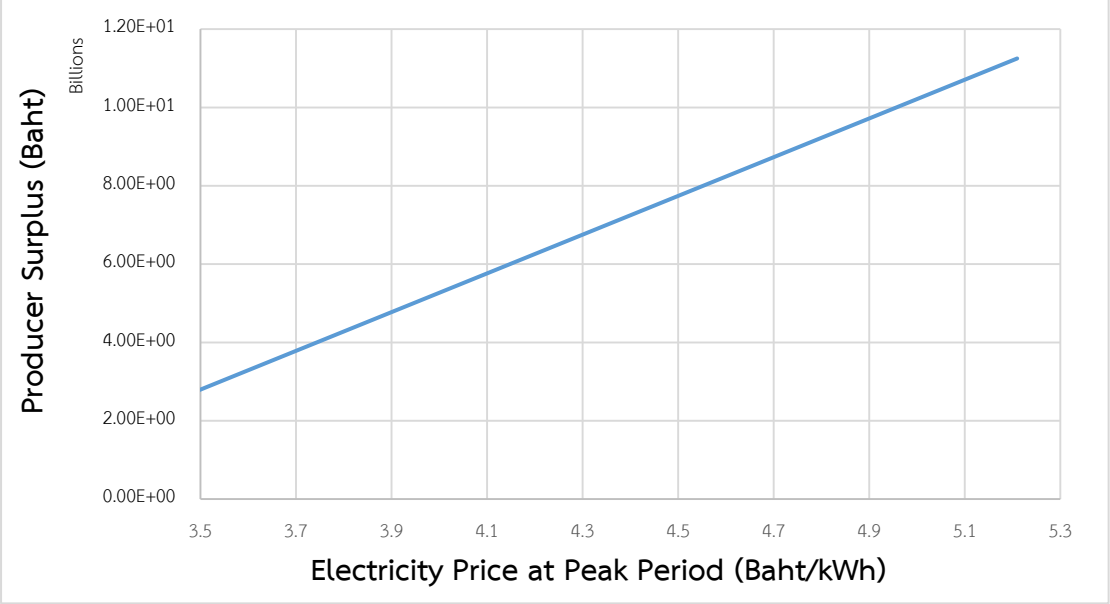
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากต้นทุนมีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.76 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

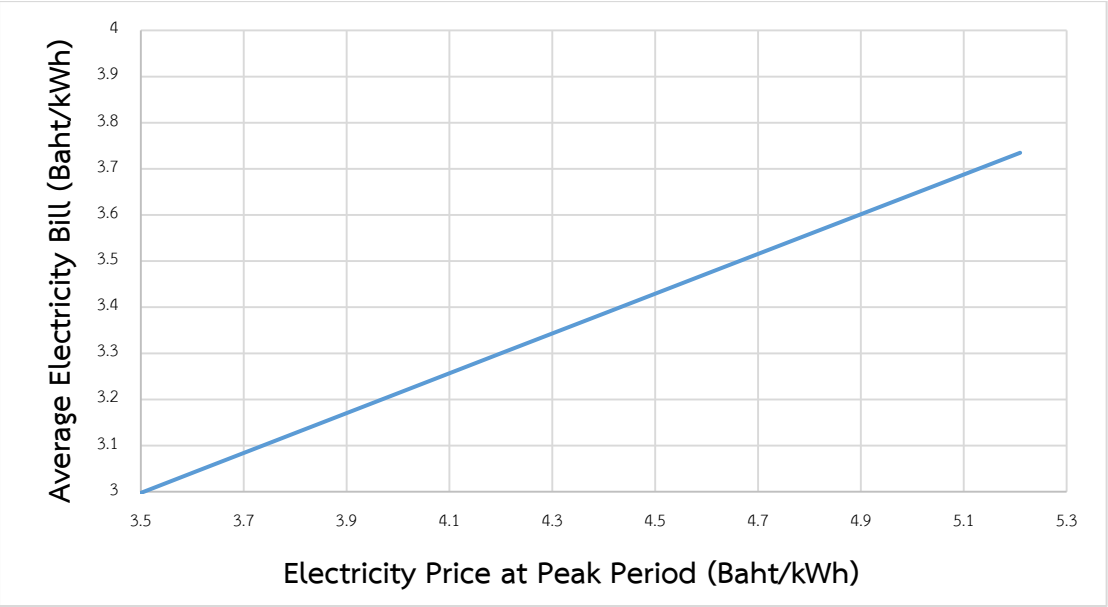
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.78 - รูปที่ 7.80 ตามลำดับ



รูปที่ 7.78 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.79 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.80 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.78 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น

2) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด

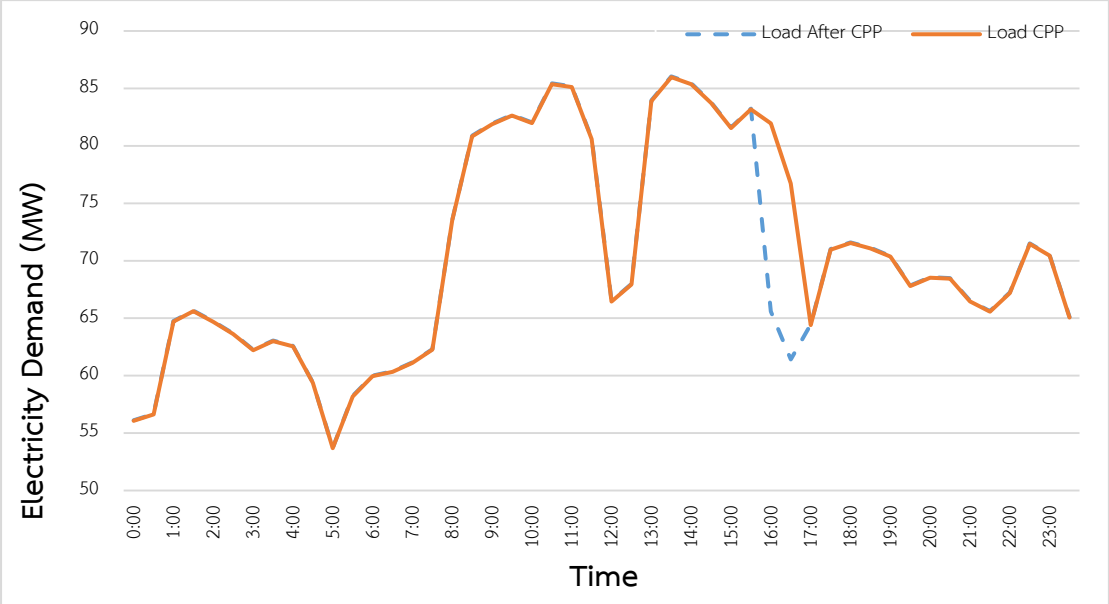
2.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาและอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.10 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
3	CPP	4.6518	4.3475	2.6547
	TOU	-	4.3555	2.6627
4	CPP	4.5596	4.2023	2.6219
	TOU	-	4.2097	2.6295

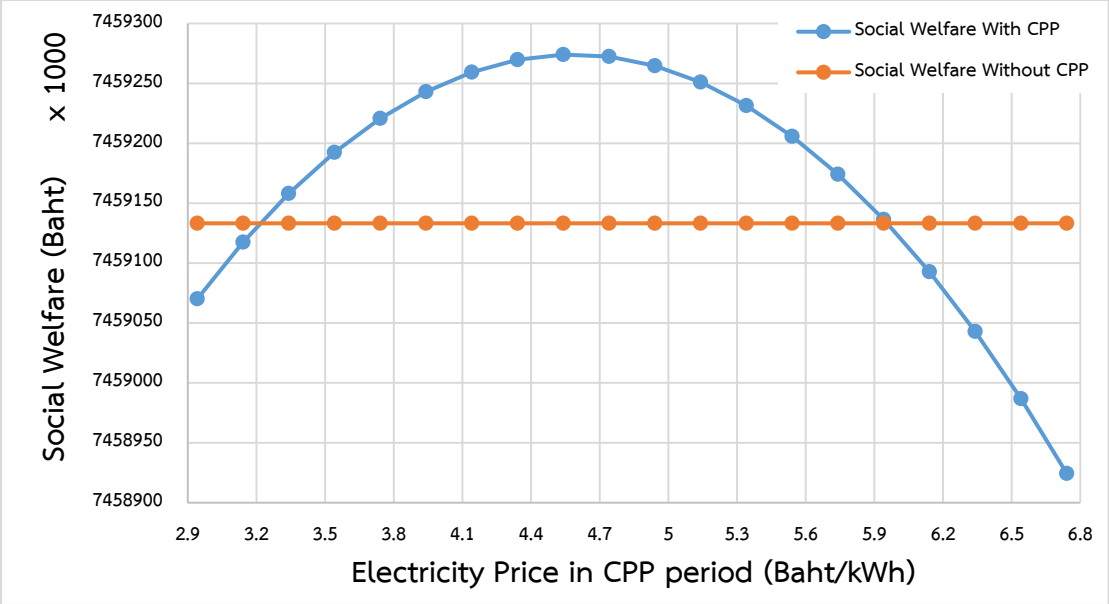
ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.81 ซึ่งในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น เนื่องมาจากอัตราส่วนลดที่คำนวณได้



รูปที่ 7.81 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.6518 บาทต่อหน่วย และ 4.5596 บาทต่อหน่วยซึ่งได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.82 ซึ่งจะเห็นได้ว่า

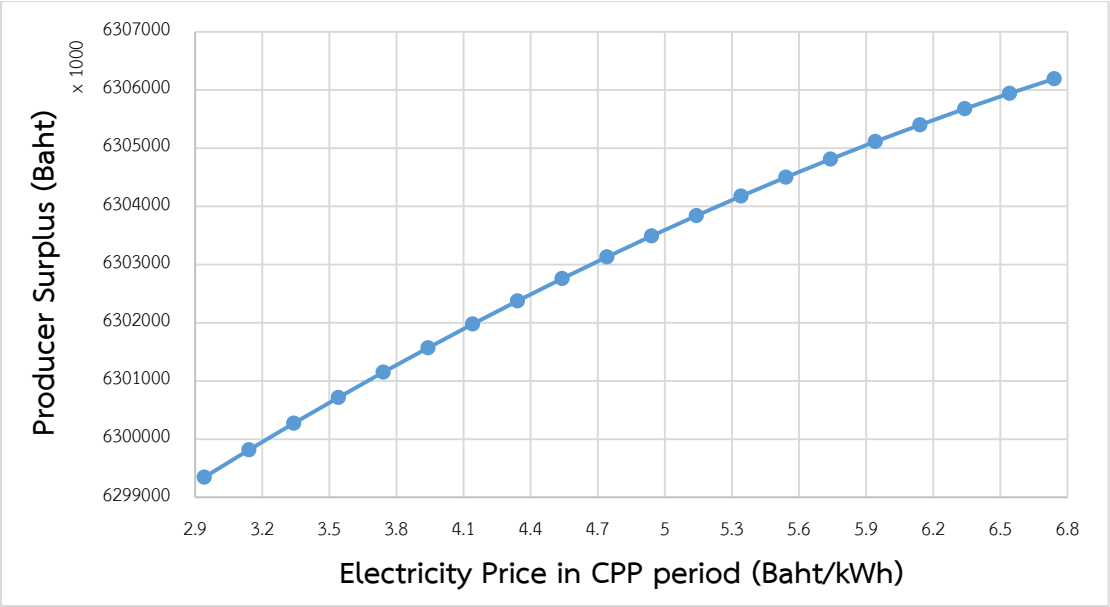
สวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.6518 บาทต่อหน่วย และ 4.5596 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้นมากกว่าเมื่อไม่เรียกใช้มาตรการ CPP



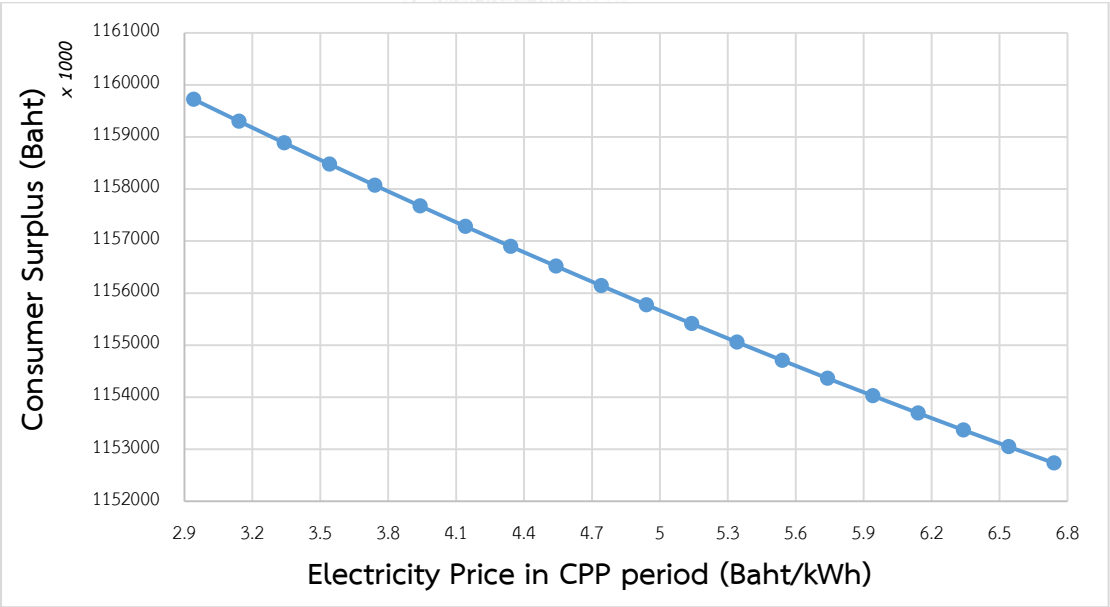
รูปที่ 7.82 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.83 และรูปที่ 7.84

Chulalongkorn University



รูปที่ 7.83 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.84 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^{9} บาท และ 6.7899×10^{8} บาท ตามลำดับ และส่วนเกิน

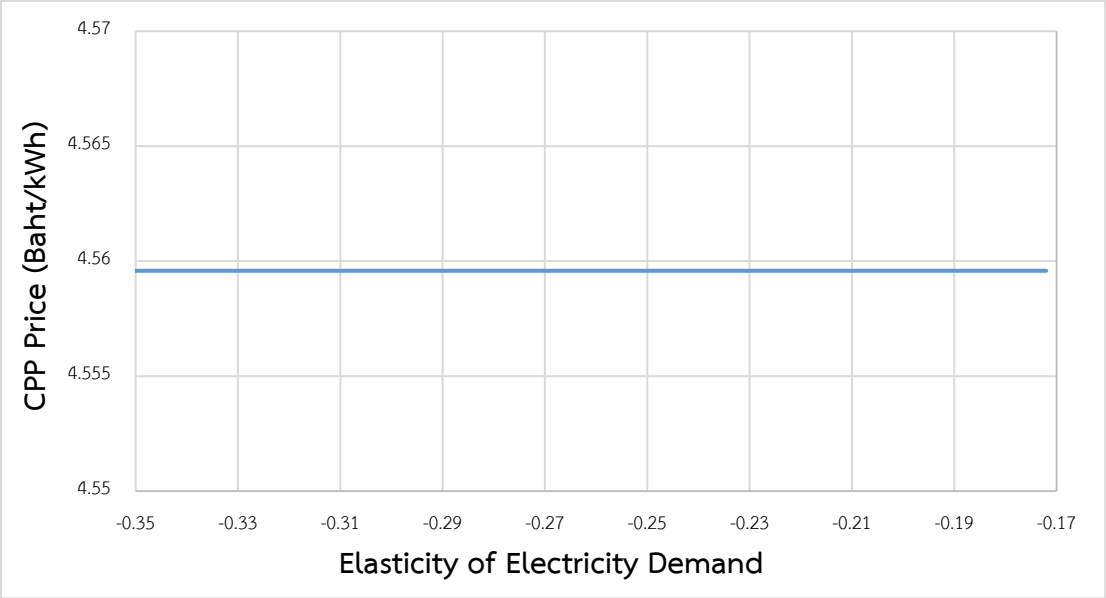
ผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3189×10^{9} บาท และ 6.7878×10^{8} บาท ตามลำดับ

2.2) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

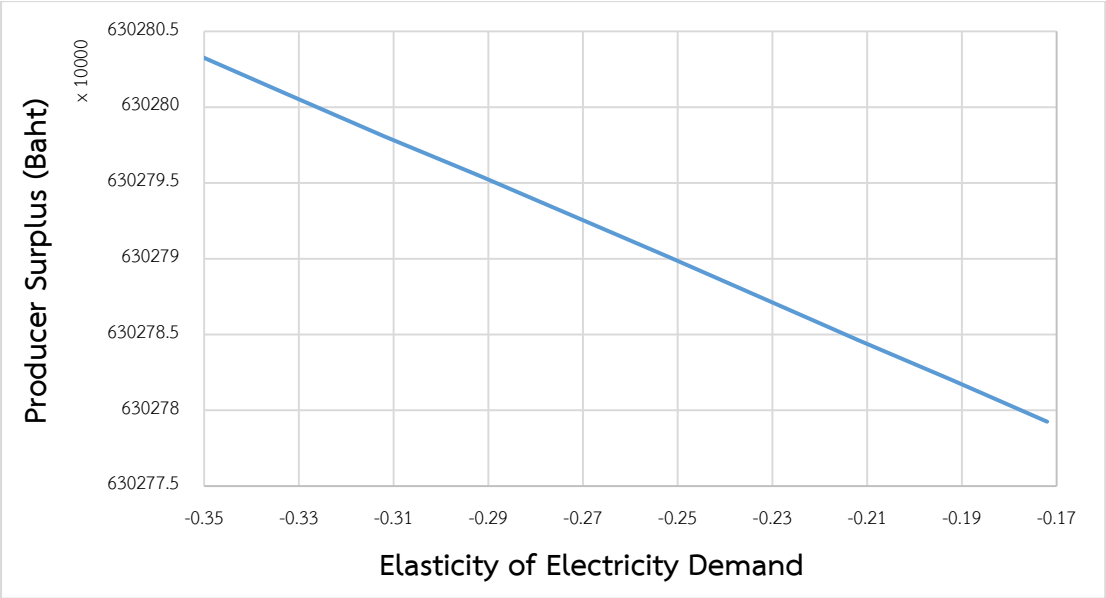
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

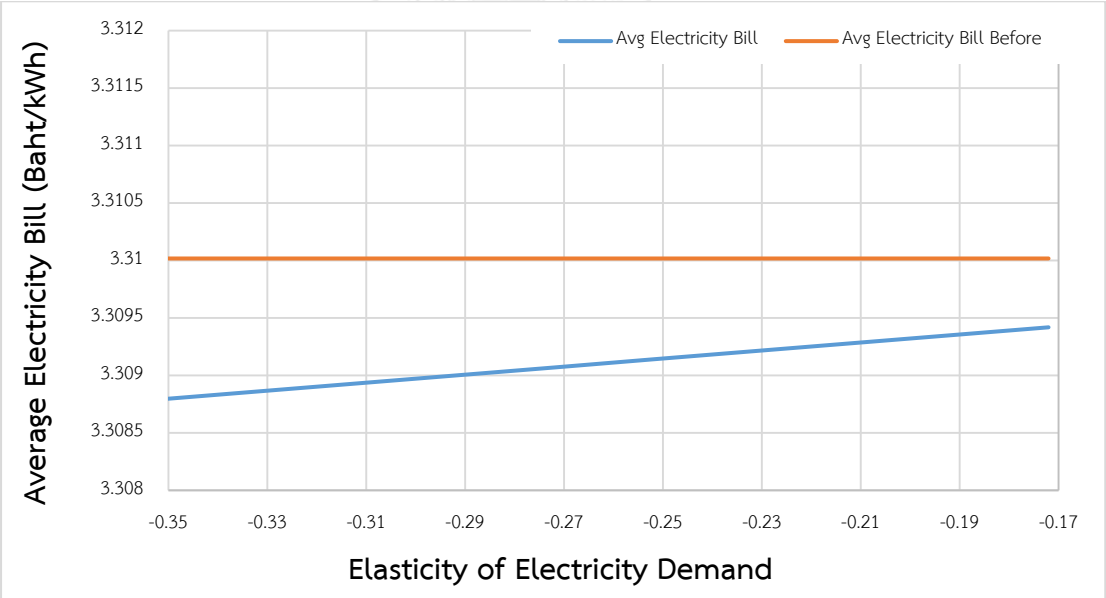
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 7.85 - รูปที่ 7.87 ตามลำดับ



รูปที่ 7.85 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.86 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



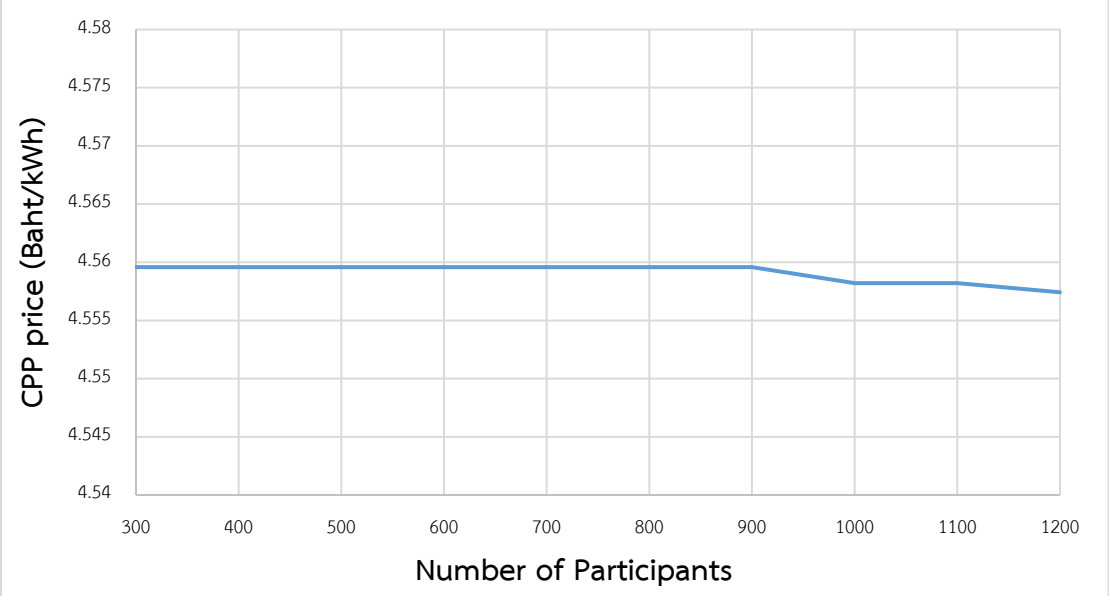
รูปที่ 7.87 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.85 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ เนื่องมาจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้ามีลักษณะเป็นขั้นบันได ดังนั้นแม้ว่าความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

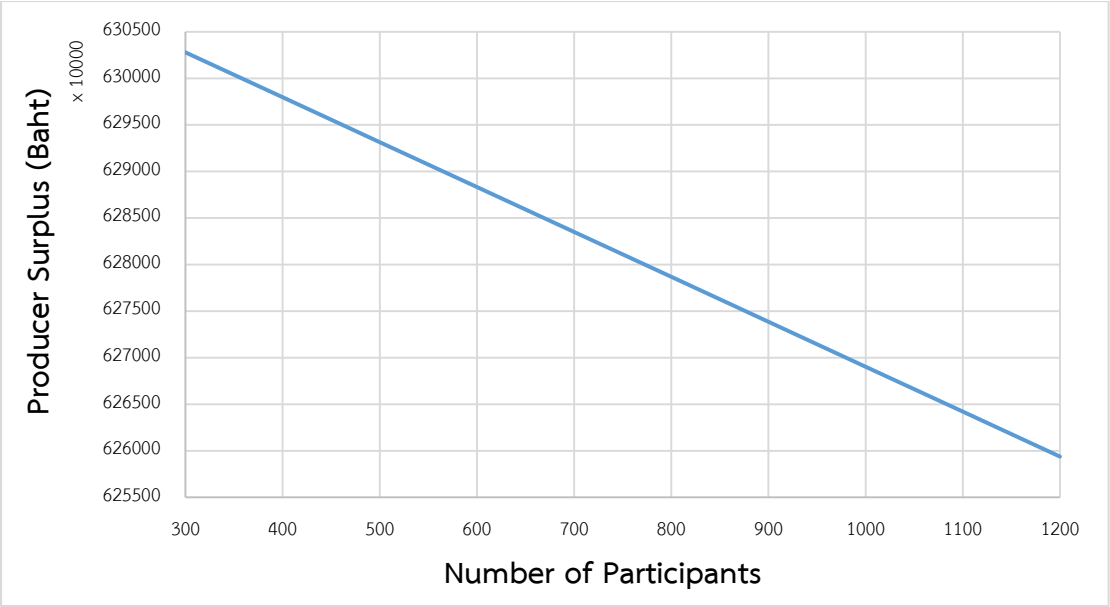
และจากรูปที่ 7.86 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการอัตราส่วนลดจะส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak มีค่าสูงขึ้นดังนั้นหากความยืดหยุ่นของผู้ใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นจะส่งผลให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นและทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าได้ผลกำไรเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องมาจากการลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่มากขึ้น

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

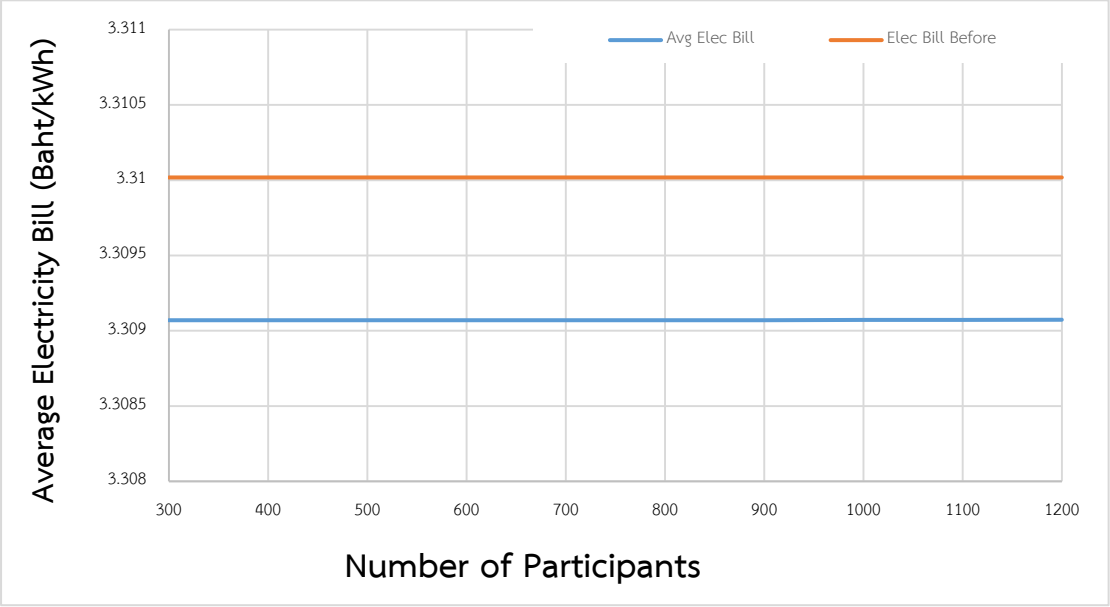
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงใน - ตามลำดับ



รูปที่ 7.88 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.89 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.90 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

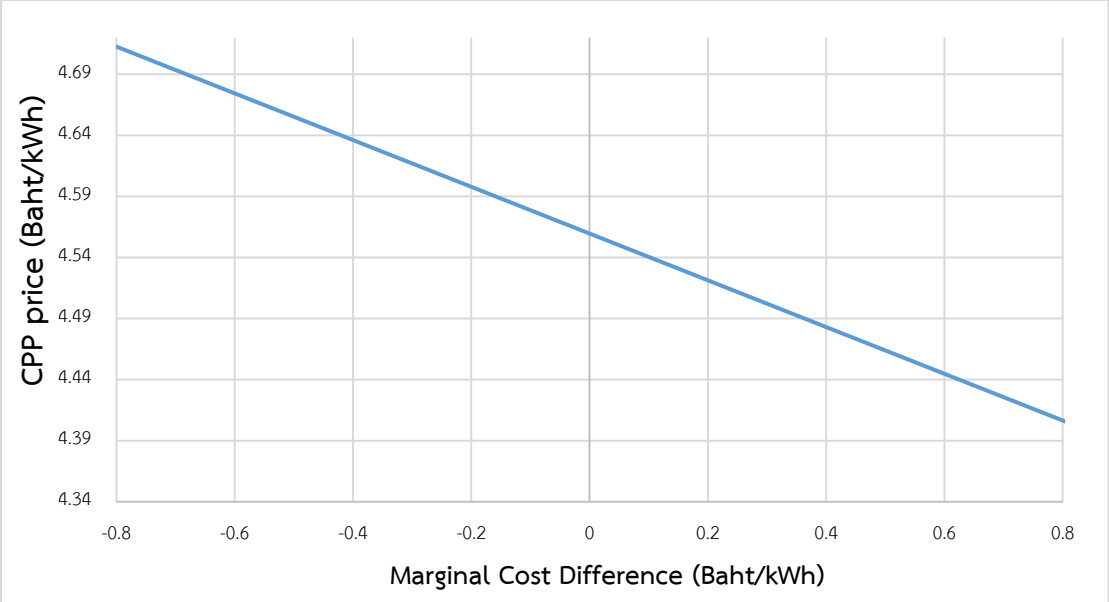
จากรูปที่ 7.88 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าลดลงเป็นปริมาณเล็กน้อยเมื่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณมากขึ้น เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในกรณีนี้เป็น

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ดังนั้นการตอบสนองของผู้ใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายของระบบไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นขั้นบันไดได้ จำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการจะส่งผลต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติได้

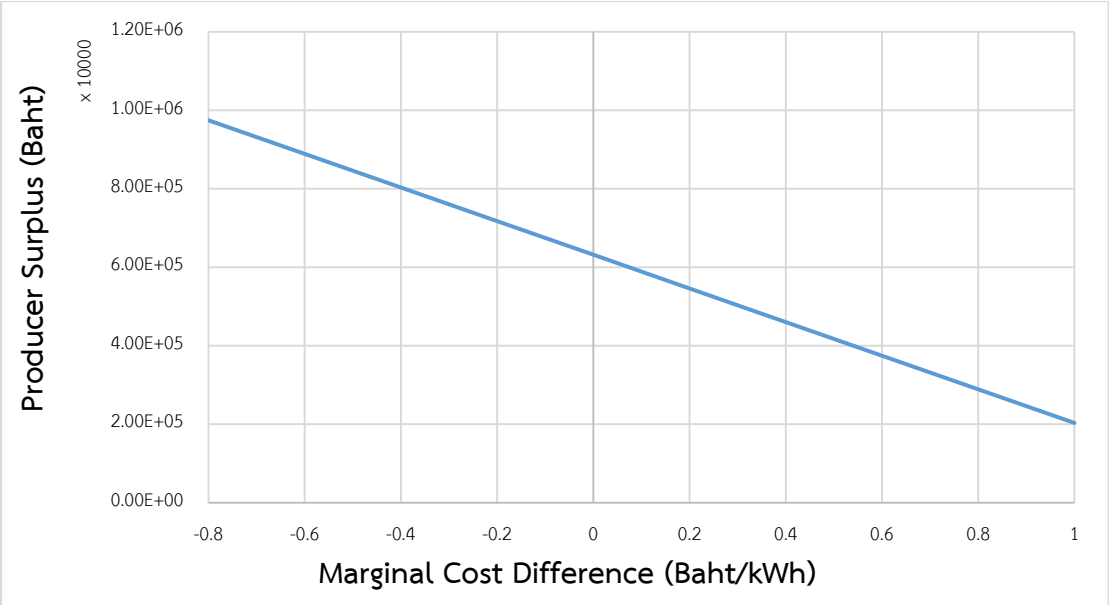
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เพิ่มขึ้น แต่ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะคงที่เนื่องมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลดการใช้ไฟฟ้าเท่าเดิมในช่วงอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤตินั่นเอง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

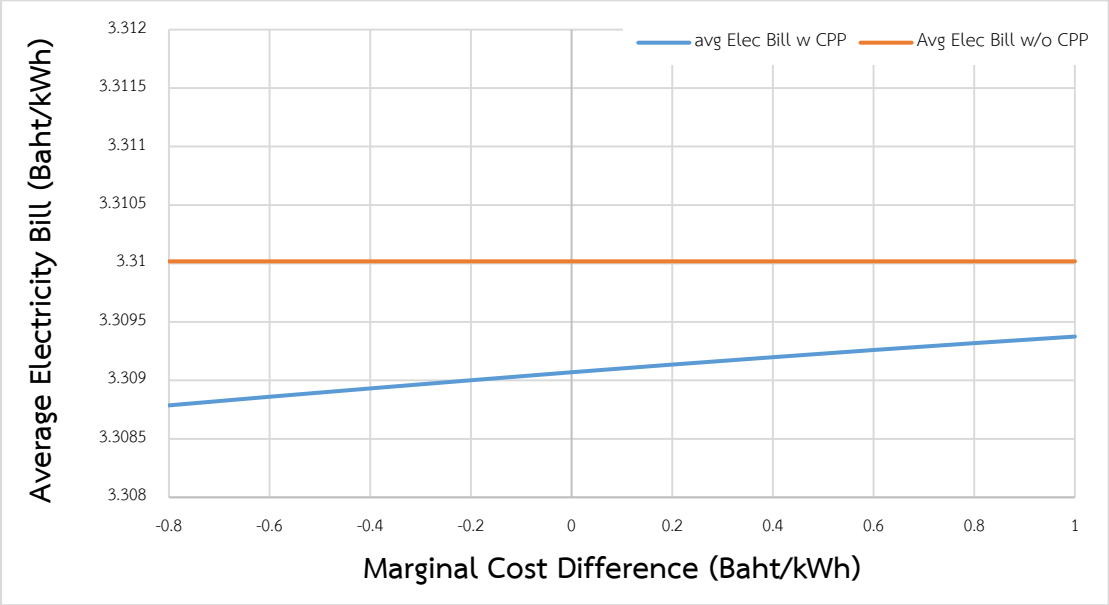
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.91 - รูปที่ 7.93รูปที่ *7.77* ตามลำดับ



รูปที่ 7.91 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.92 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.93 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

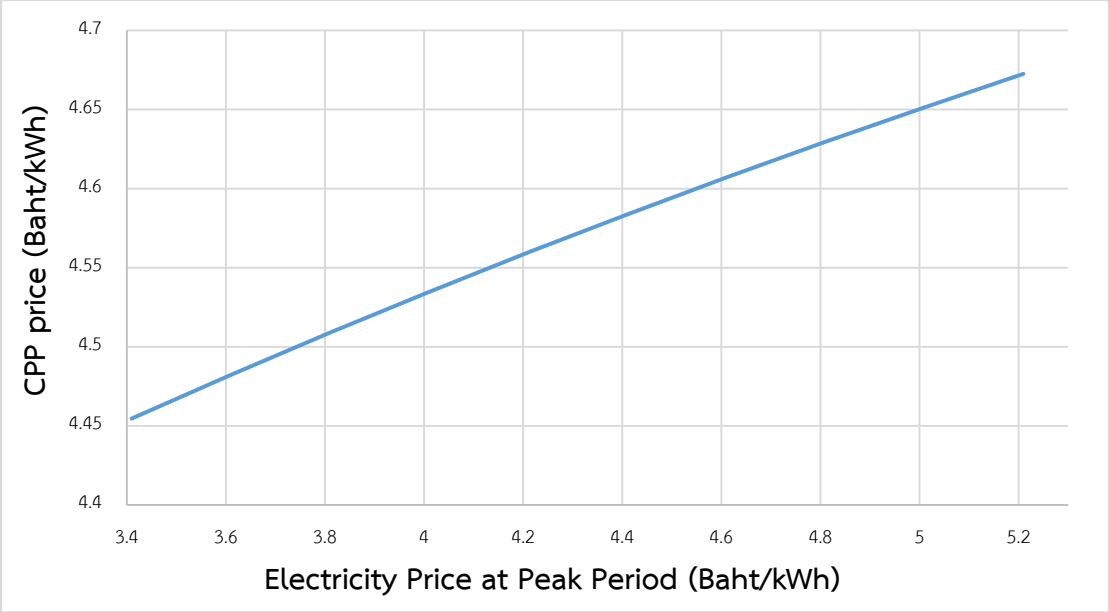
จากรูปที่ 7.91 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น จะส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าลดลงเนื่องจากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายจะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลา Peak

และ Off-Peak เช่นเดียวกัน ดังนั้นอัตราส่วนลดในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak จำเป็นต้องปรับตัวลดลงเพื่อลดการขาดทุนในช่วงเวลา Peak และ Off-Peak ดังกล่าว ส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจำเป็นต้องลดลงเช่นเดียวกัน

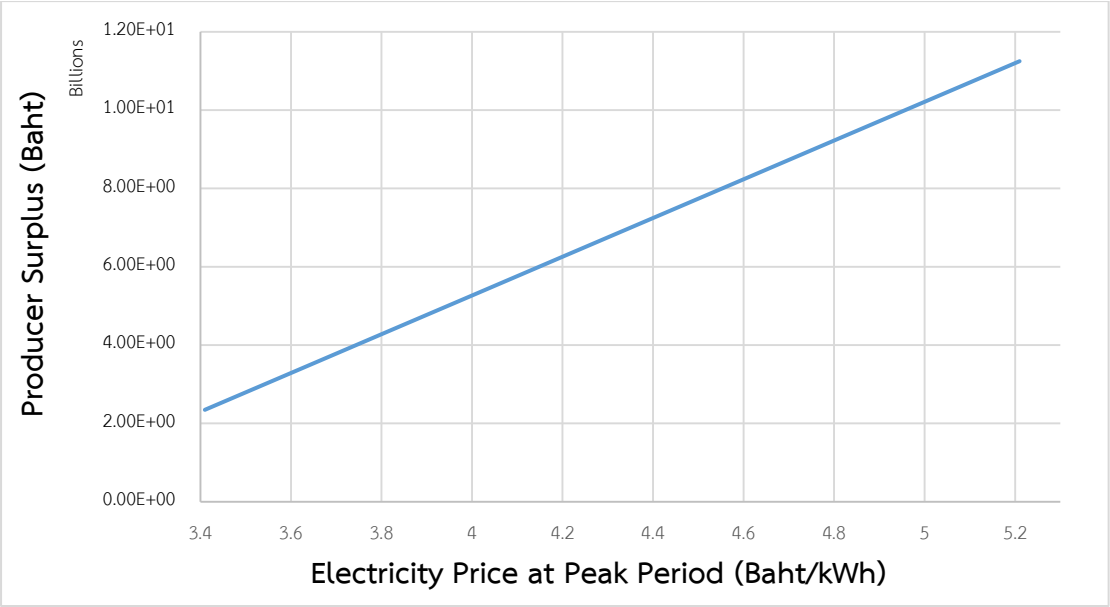
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากต้นทุนมีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.93 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้ และอัตราส่วนลดปรับลดลงด้วยเหตุผลดังที่ได้อธิบายก่อนหน้า

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

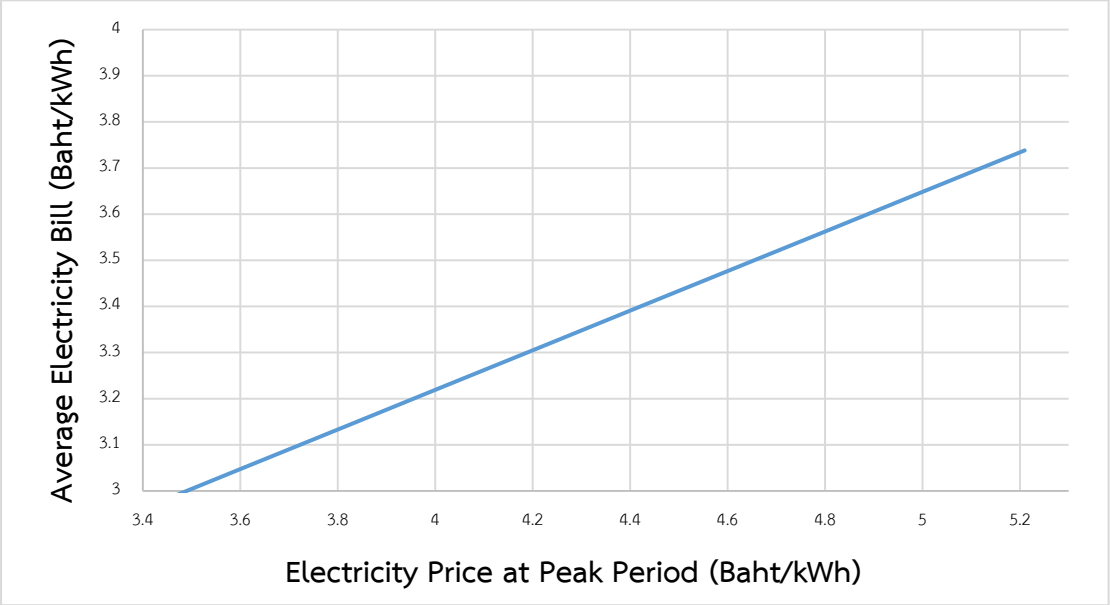
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.94 - รูปที่ 7.96 ตามลำดับ



รูปที่ 7.94 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.95 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2



รูปที่ 7.96 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.94 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

3) แบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า

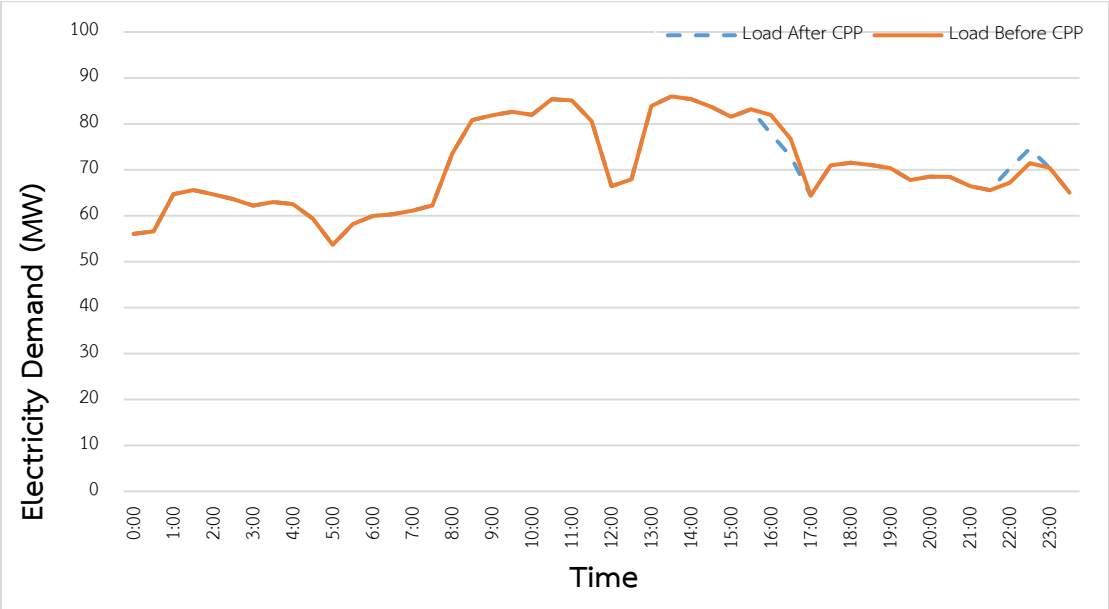
3.1) ผลลัพธ์อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมที่สุด

ผลการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาและอัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Peak และ Off-Peak ที่หักลบด้วยอัตราส่วนลดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.11 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณและอัตราค่าไฟฟ้า TOU

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
3	CPP	4.9809	4.3519	2.6591
	TOU	-	4.3555	2.6627
4	CPP	4.9699	4.2061	2.6259
	TOU	-	4.2097	2.6295

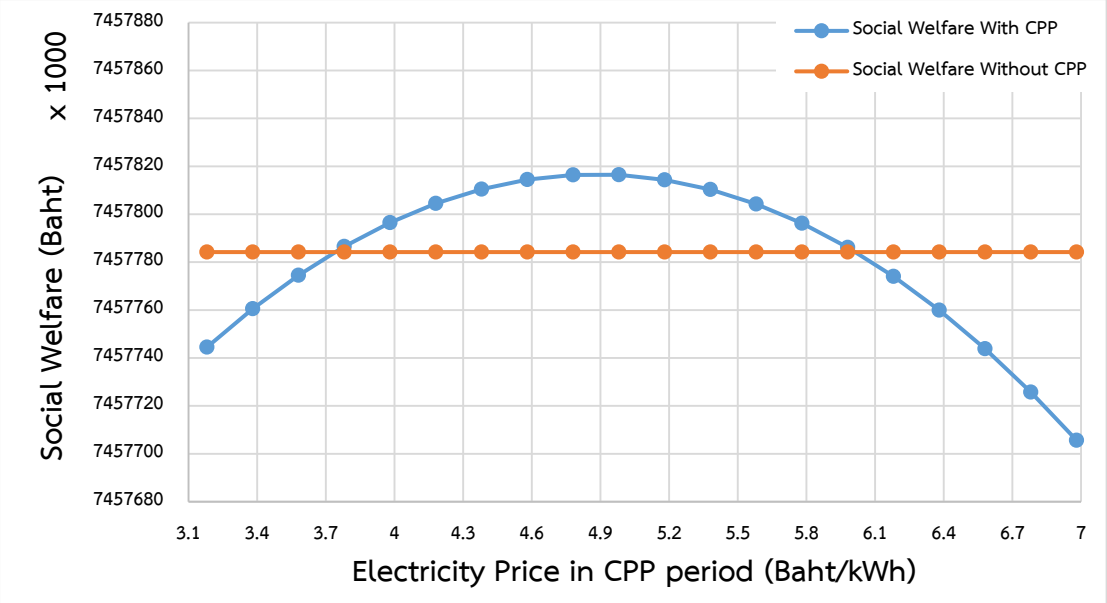
ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการในวันที่มีการเรียกใช้มาตรการ CPP สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.97 ซึ่งจะพบว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 22:00 – 23:00 มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นจากการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา CPP



รูปที่ 7.97 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการทั้ง 300 รายในวันที่เรียกใช้มาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

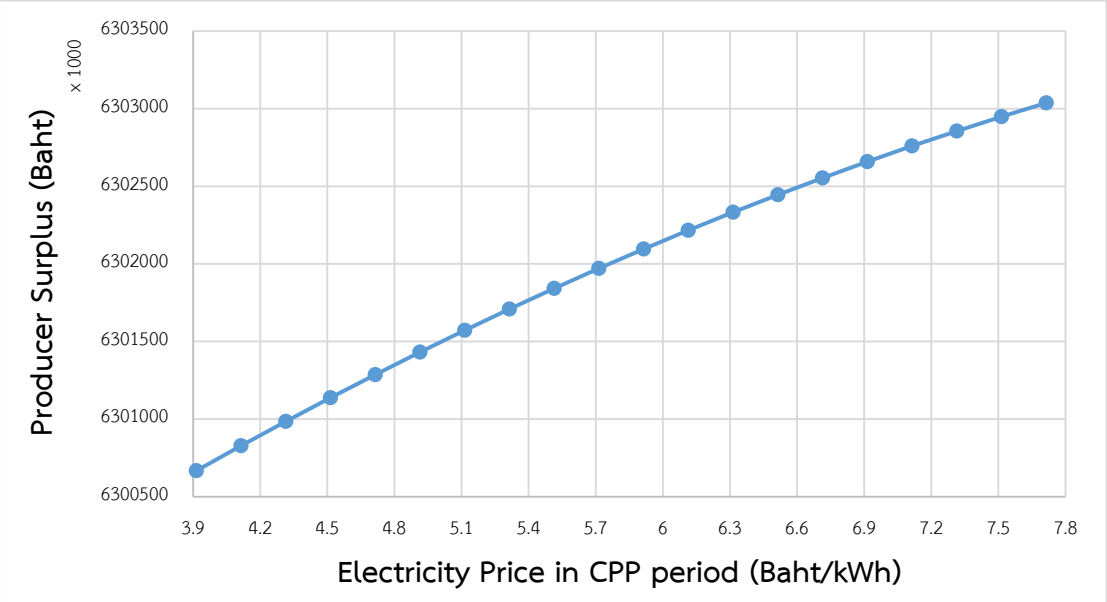
โดยสวัสดิการสังคมของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.9809 บาทต่อหน่วย และ 4.9699 บาทต่อหน่วยซึ่งได้จากการคำนวณด้วยวิธี Quadratic Programming ด้วยโปรแกรม MATLAB จะทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุดเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 7.98 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวัสดิการสังคมจะมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ 4.9809 บาทต่อหน่วย และ 4.9699 บาทต่อหน่วย และการเรียกใช้มาตรการ CPP จะส่งผลให้สวัสดิการสังคมมีค่าสูงขึ้นมากกว่าเมื่อไม่เรียกใช้มาตรการ CPP

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

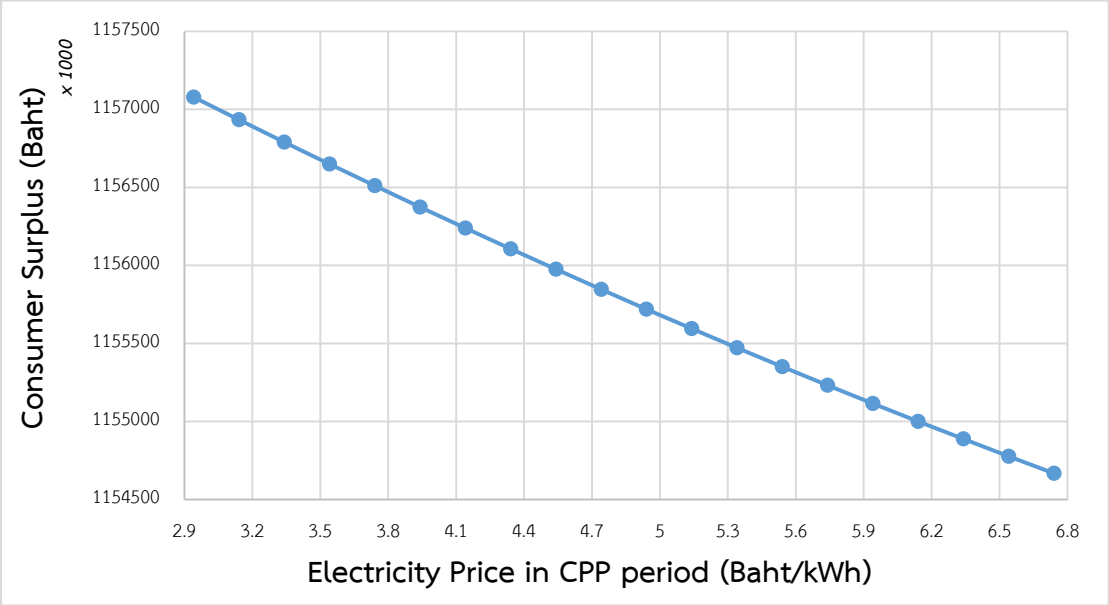


รูปที่ 7.98 สวัสดิการสังคมเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7.99 และรูปที่ 7.100



รูปที่ 7.99 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.100 ส่วนเกินผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับค่าของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

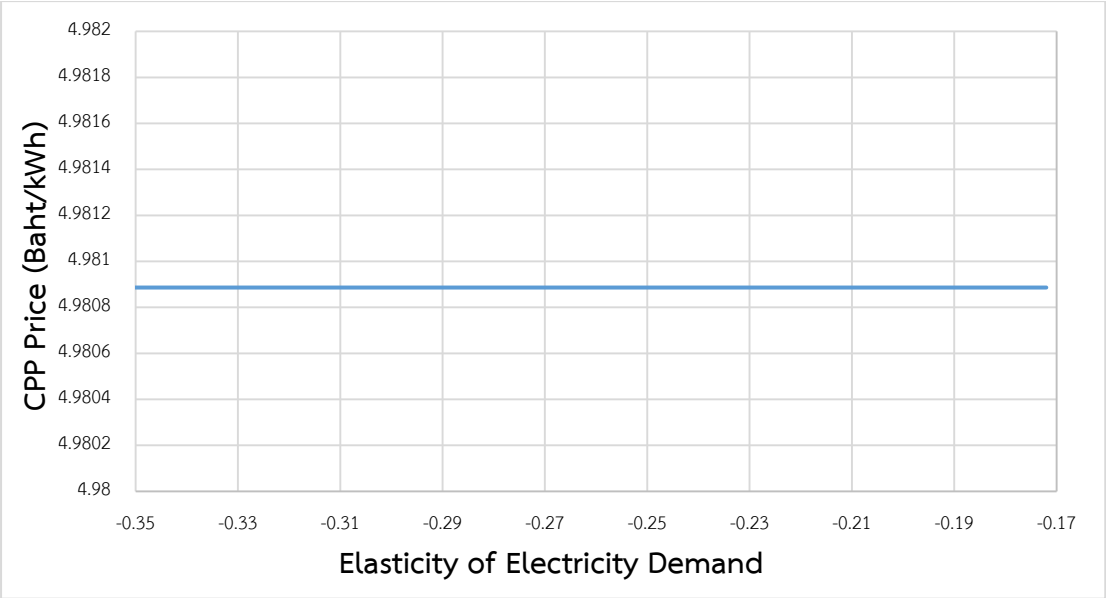
สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3173×10^9 บาท และ 6.7899×10^8 บาท ตามลำดับ และส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนในช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังมีการเรียกใช้มาตรการ CPP คือ 6.3186×10^9 บาท และ 6.7881×10^8 บาท ตามลำดับ

3.2) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

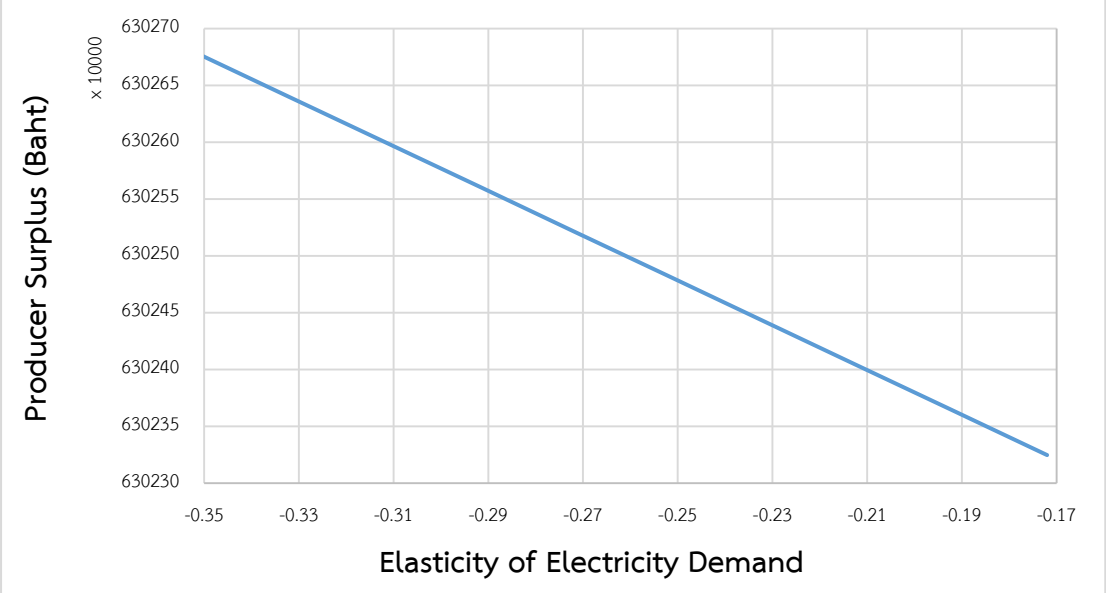
ในหัวข้อย่อยนี้จะวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสวัสดิการสังคมและอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้า

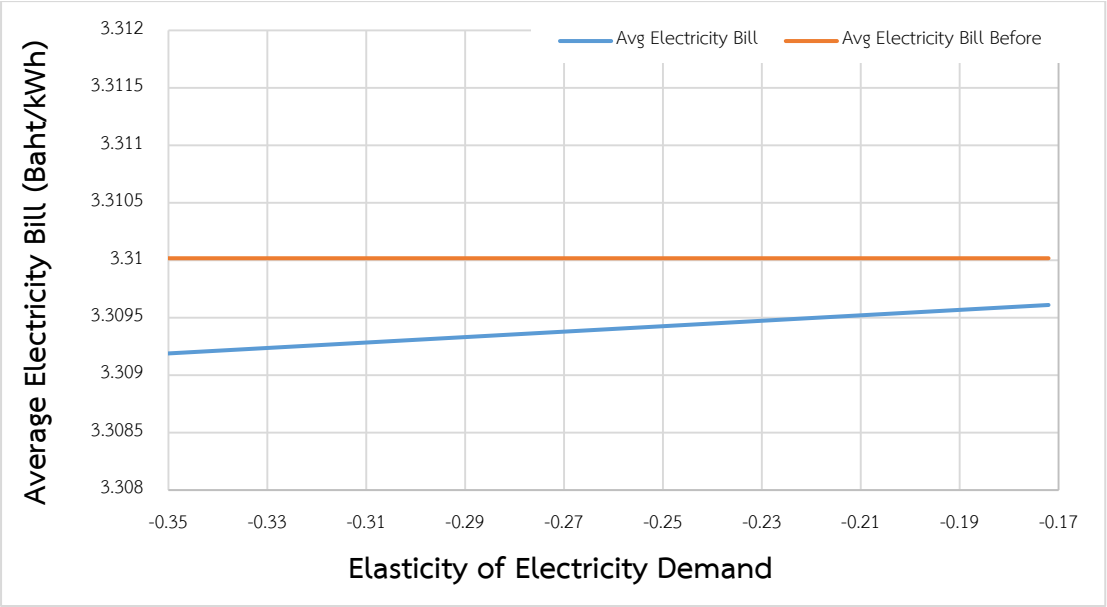
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 7.101 - รูปที่ 7.103 ตามลำดับ



รูปที่ 7.101 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.102 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

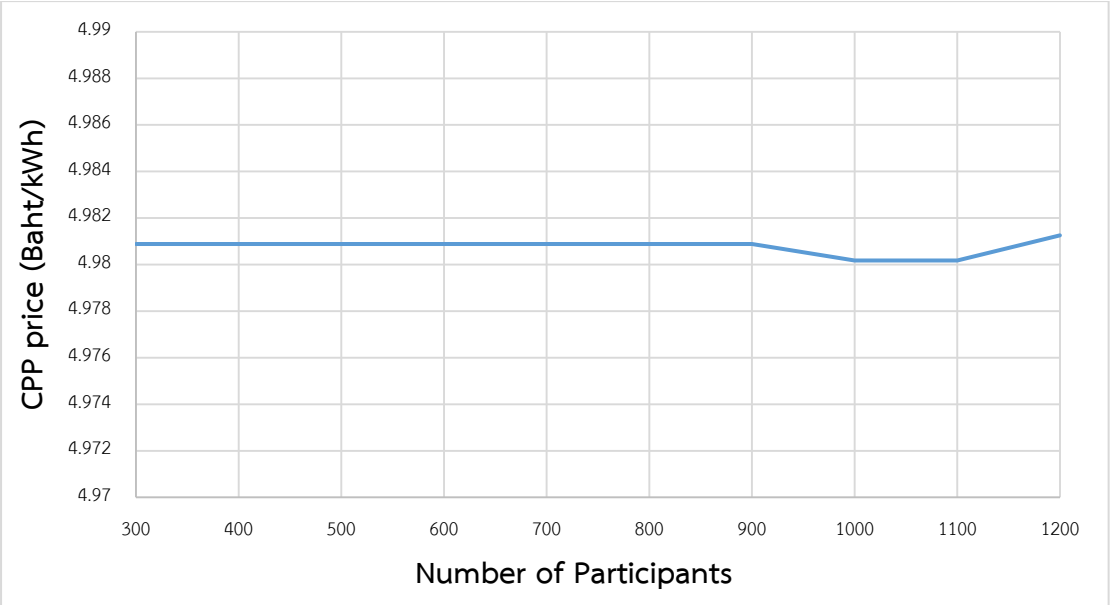


รูปที่ 7.103 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

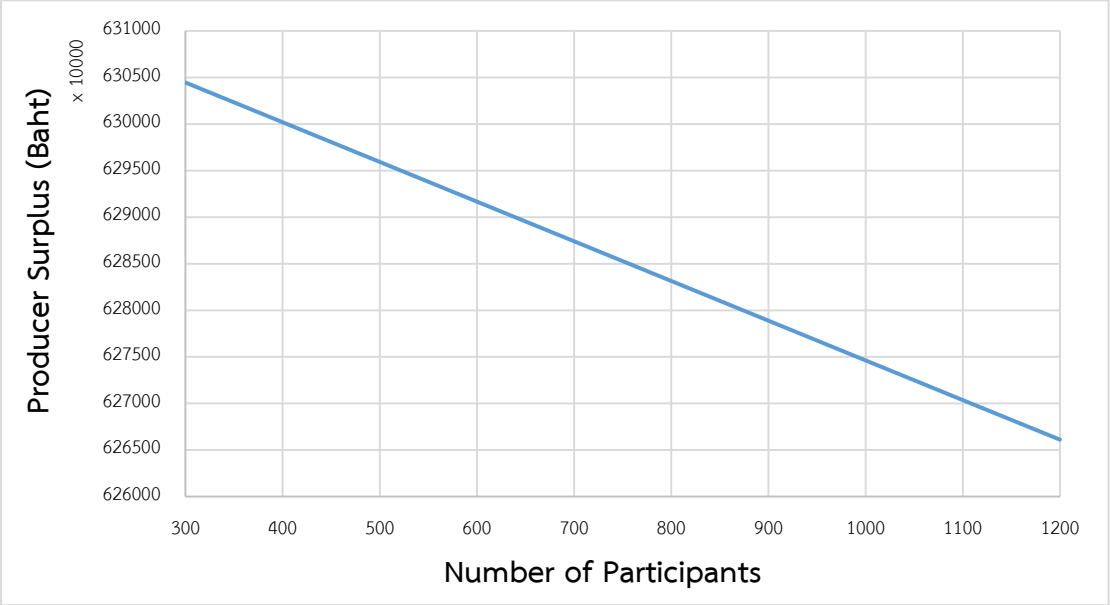
จากรูปที่ 7.101 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณมีค่าคงที่ สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น และค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดลงเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้นเนื่องมาจากการตอบสนองต่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เพิ่มขึ้น

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า

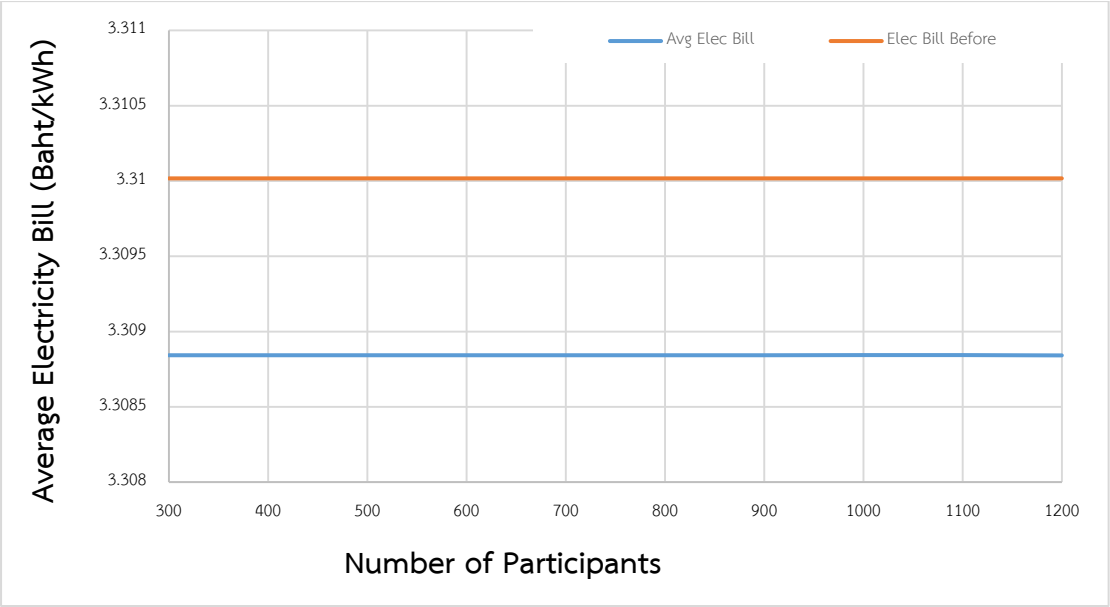
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.104 - รูปที่ 7.106 ตามลำดับ



รูปที่ 7.104 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.105 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

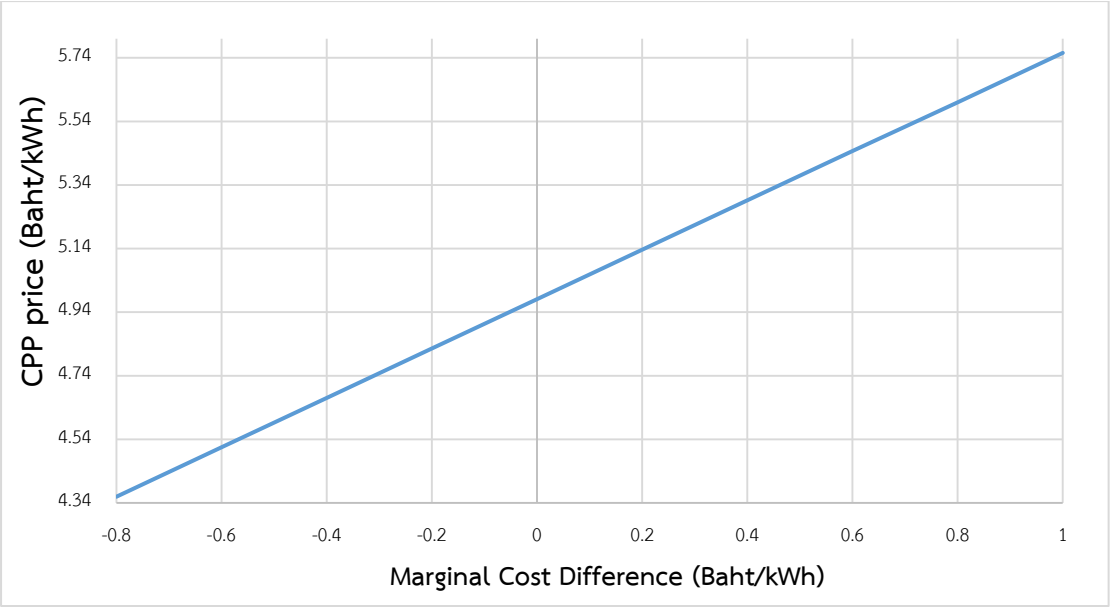


รูปที่ 7.106 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 2

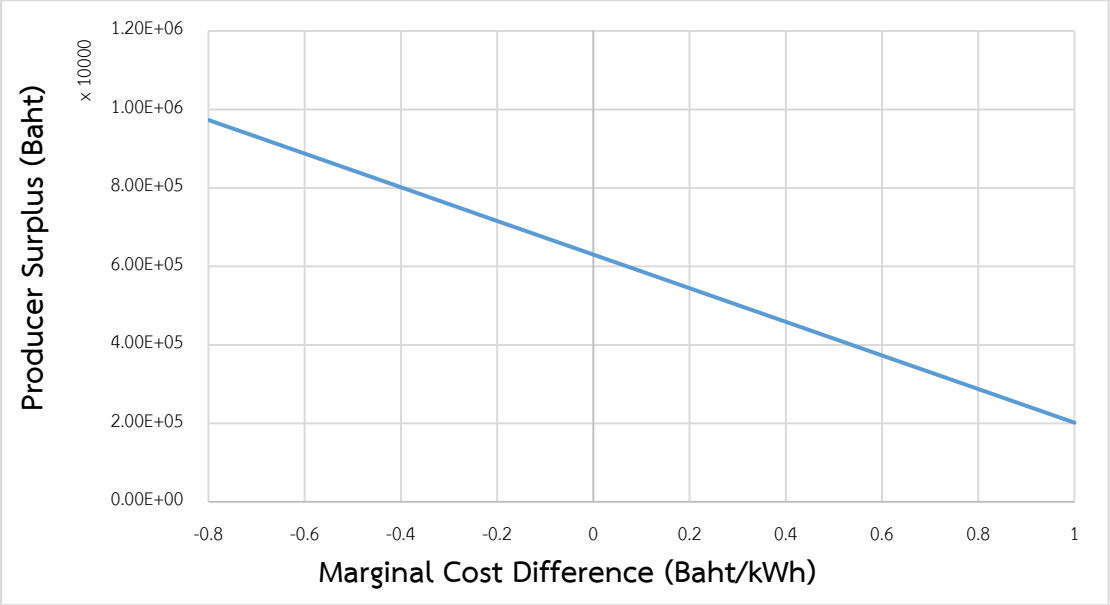
จากรูปที่ 7.104 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้จากการคำนวณ และส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้ามีค่าลดลงเมื่อมีผู้เข้าร่วมมาตรการสูงขึ้น ในขณะที่ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP มีค่าคงที่เมื่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการสูงขึ้น

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย

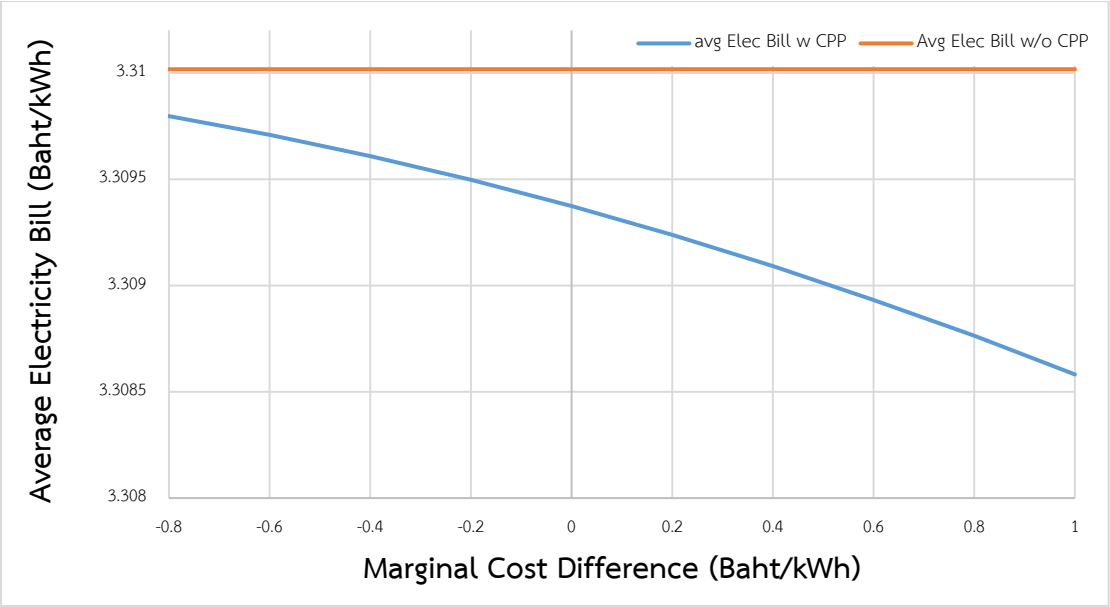
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่คำนวณได้ต่อจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP ดังแสดงในรูปที่ 7.107 - รูปที่ 7.109 ตามลำดับ



รูปที่ 7.107 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.108 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

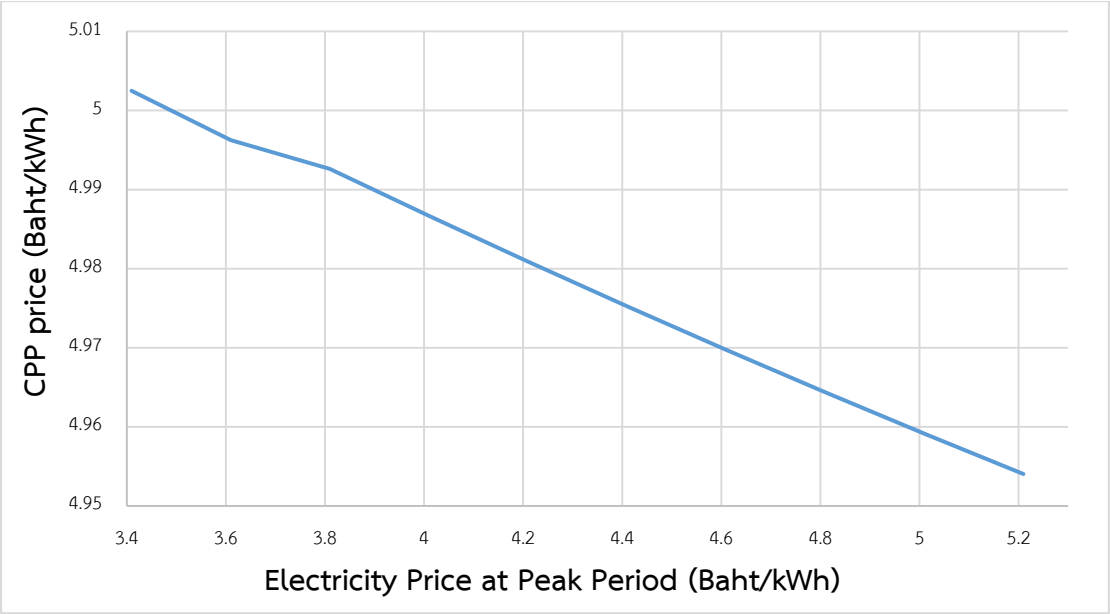


รูปที่ 7.109 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

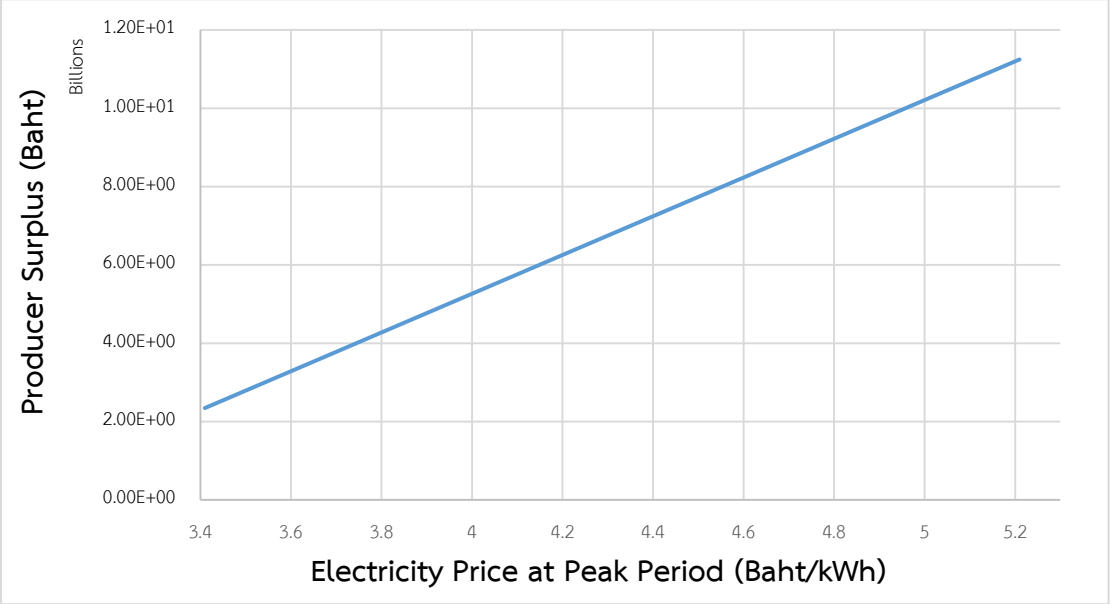
จากรูปที่ 7.107 จะพบว่าถ้าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเมื่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น สำหรับส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากต้นทุนมีค่าสูงขึ้น และจากรูปที่ 7.109 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะมีค่าลดลงหากต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายมีค่าสูงขึ้นเนื่องมาจากอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนลดมีค่าสูงขึ้นและทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าลดลง

- การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติต่ออัตราค่าไฟฟ้าปกติ

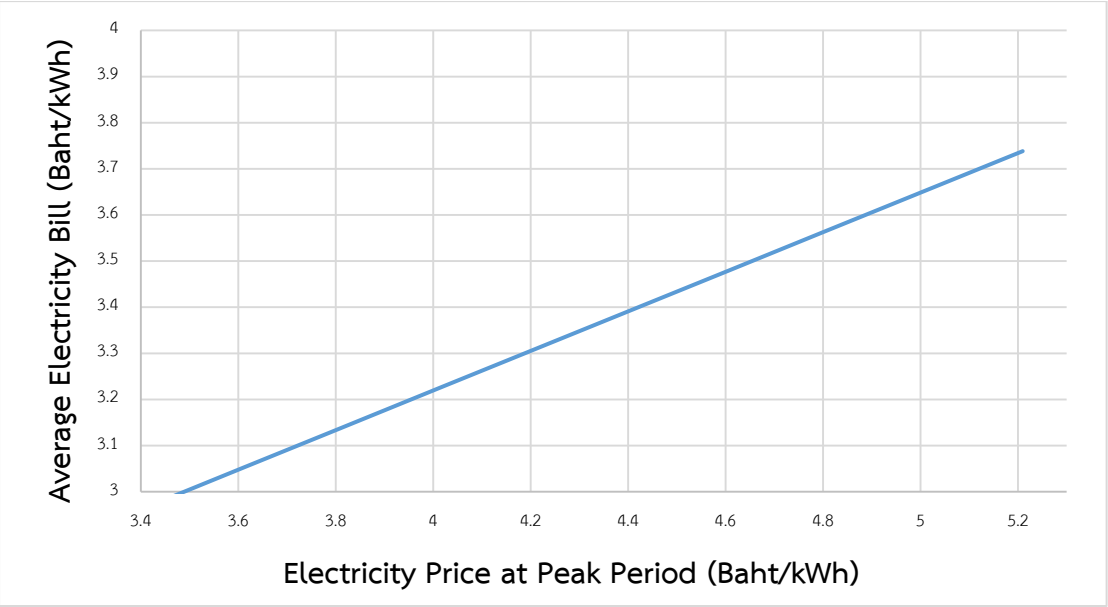
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้ารายเดือนเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมมาตรการ CPP เทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าปกติในช่วง Peak ดังแสดงในรูปที่ 7.110 - รูปที่ 7.112 ตามลำดับ



รูปที่ 7.110 อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.111 ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2



รูปที่ 7.112 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าเทียบกับตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak ที่ค่าต่างๆ เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้า CPP ที่เหมาะสมที่สุดโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า กรณีที่ 2

จากรูปที่ 7.110 จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติจะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak มีค่าสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
สรุป และ ข้อเสนอแนะ

เป้าหมายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติในปี พ.ศ. 2560 ด้วยการทำให้สวัสดิการสังคมสูงสุด เพื่อให้ผลประโยชน์แก่ทุกฝ่ายอย่างเท่าเทียมกัน เนื่องจากผู้ผลิตไฟฟ้าและผู้จำหน่ายไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นรัฐวิสาหกิจซึ่งไม่ใช่องค์กรแสวงหาผลกำไร และมีสำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเป็นผู้กำกับดูแลค่าไฟฟ้าในประเทศไทย

โดยระบบทดสอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2560 และใช้ข้อมูลต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ข้อมูลมาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้าจากคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน

ข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าจะใช้ข้อมูลจากความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยจากการศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ. 2558

ผลลัพธ์การค้นหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองของการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8.1 ผลลัพธ์การค้นหาอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 เมื่อทำการคำนวณด้วยแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองของการกำหนดปัญหาการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ

กรณีศึกษา	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	แบบจำลองการคำนวณ	อัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติ (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak (บาท/หน่วย)	อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off-Peak (บาท/หน่วย)
กรณีที่ 1	**ประเภทที่ 3**	แบบจำลองการคำนวณปกติ	6.3236	4.3294	2.6366
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	4.6518	4.3475	2.6547
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	4.9699	4.3519	2.6591
กรณีที่ 2	**ประเภทที่ 3**	แบบจำลองการคำนวณปกติ	6.3195	4.3307	2.6379
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	4.6518	4.3475	2.6547
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	4.9809	4.3519	2.6591
กรณีที่ 2	**ประเภทที่ 4**	แบบจำลองการคำนวณปกติ	6.309	4.1837	2.6035
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	4.5596	4.2023	2.6219
		แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	4.9699	4.2061	2.6259

และสามารถสรุปส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนช่วง 2 เดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมมาตรการ CPP สามารถสรุปได้ดังได้ดังตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ผลลัพธ์ส่วนเกินผู้ผลิตของผู้ผลิตไฟฟ้า และค่าไฟฟ้ารายเดือนช่วง 2 เดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังเข้าร่วมมาตรการ CPP

กรณีศึกษา	แบบจำลองการคำนวณ	ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าหลังดำเนินการ CPP (10^9 บาท)	ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าก่อนดำเนินการ CPP (10^9 บาท)	ค่าไฟฟ้ารายเดือนช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการหลังเข้าร่วมมาตรการ CPP (10^9 บาท)	ค่าไฟฟ้ารายเดือนช่วง 2 เดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการเมื่อไม่เข้าร่วมมาตรการ CPP (10^9 บาท)
กรณีที่ 1	แบบจำลองการคำนวณปกติ	6.3177	6.3173	0.057007	0.057221
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	6.3174	6.3173	0.057202	0.057221
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	6.3174	6.3173	0.057208	0.057221
กรณีที่ 2	แบบจำลองการคำนวณปกติ	6.3224	6.3173	0.67646	0.67899
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	6.3189	6.3173	0.67878	0.67899
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	6.3186	6.3173	0.67881	0.67899

อย่างไรก็ตามการที่ผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าน้อยลงหมายความว่าการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียผลกำไรจากการขายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำเป็นต้องจ่ายผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสีย

โดยผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียสามารถคำนวณได้จากความแตกต่างของค่าไฟฟ้ารายเดือนของผู้เข้าร่วมมาตรการก่อนและหลังเข้าร่วมมาตรการ CPP และผลกำไรหรือส่วนเกินผู้ผลิตที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้รับสามารถคำนวณได้จากผลต่างของส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าก่อนและหลังดำเนินการมาตรการ CPP และลบออกด้วยผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสีย ซึ่งสามารถคำนวณผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียและส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้ดังตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 ผลลัพธ์การคำนวณผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียและส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

กรณีศึกษา	แบบจำลองการคำนวณ	ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้าหลังจ่ายผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสีย (10^3 บาท)	ผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสีย (10^3 บาท)
กรณีที่ 1	แบบจำลองการคำนวณปกติ	186	214
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	81	19
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	87	13
กรณีที่ 2	แบบจำลองการคำนวณปกติ	2,570	2,530
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราส่วนลด	1,390	210
	แบบจำลองการคำนวณโดยคำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า	1,120	180

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 8.3 จะพบว่าผลลัพธ์การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสร้างผลประโยชน์ให้แก่สังคมโดยรวมได้ เนื่องมาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะได้ผลประโยชน์จากการลดต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้ายที่เหลือหลังการจ่ายผลกำไรที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายสูญเสียได้ การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายจะได้ผลกำไรที่สูญเสียคืนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถลดค่าไฟฟ้ารายเดือนลงได้

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้ จะพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติเรียงจากมากไปน้อยมีดังนี้

1) สมมติฐานของแบบจำลองการตอบสนองของความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนลดหรือการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า จะพบว่าอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติที่คำนวณได้มีความเปลี่ยนแปลงประมาณ ร้อยละ 20 – 30

2) ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหน่วยสุดท้าย เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อจุดตัดระหว่างเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทาน และจะส่งผลต่อเส้นอุปทาน ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และส่วนเกินผู้บริโภคในทุกๆ ช่วงเวลา
3) ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้ารวมของผู้เข้าร่วมมาตรการ โดยจะส่งผลต่อจุดตัดระหว่างเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทาน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้ารวมคือ ความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการแต่ละรายและจำนวนผู้เข้าร่วมมาตรการ
4) ความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการแต่ละราย โดยความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าจะส่งผลต่อจุดตัดระหว่างเส้นอุปสงค์และเส้นอุปทานเช่นเดียวกัน
5) อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak โดยการเปลี่ยนแปลงของอัตราค่าไฟฟ้าช่วง Peak จะส่งผลต่อเส้นอุปทาน ส่วนเกินผู้ผลิตไฟฟ้า และส่วนเกินผู้บริโภคในทุกๆ ช่วงเวลา Peak ของทุกวันทำงาน

ข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

1) แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้คือ แบบจำลองพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่คำนึงถึงการเลื่อนการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากหากผู้ใช้ไฟฟ้ามีการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าจะทำให้สวัสดิการสังคมลดลงมาก และอาจลดลงจนสวัสดิการสังคมต่ำกว่าก่อนมีการเรียกใช้มาตรการ CPP ได้หากกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤติคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่เหมาะสมที่สุด หากผู้ใช้ไฟฟ้ามีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าตามแบบจำลองที่ 1 สวัสดิการสังคมจะไม่มีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตามสวัสดิการสังคมยังคงมีค่าสูงขึ้นกว่าเมื่อไม่เรียกใช้มาตรการ CPP
2) พฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทอาจมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า และรูปแบบทางธุรกิจของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พิจารณาให้พฤติกรรมการเลื่อนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายเหมือนกันเพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น
3) ความยืดหยุ่นของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ค่าเท่ากับ -0.272 ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น อย่างไรก็ตามความยืดหยุ่นในการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า จะแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาและประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า

รายการอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2558). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579.

[2] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2558). โครงการพัฒนา Demand Response สำหรับประเทศไทย ระยะที่ 2

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). โครงการวิจัยนำร่องการดำเนินงานด้านการจัดการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในภาคประชาชน.

[4] Office of Electricity Delivery & Energy Reliability. Time Based Rate Programs. Available from https://www.smartgrid.gov/recovery_act/time_based_rate_programs.html Retrieved 2016 Nov 16

[5] U.S. Department of Energy. (2006). Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them (pp. 6).

[6] Park, S. C. J., Y.G.; Yoon, Y.T. (2015). Designing a Profit-Maximizing Critical Peak Pricing Scheme Considering the Payback Phenomenon. *Energies 2015, 8*, 11363-11379.

[7] Schweppe FC, T. R., Caraminis M Bohn RE. (1988). Spot Pricing Electricity.

[8] PJM Market & Operations. Real-Time Energy Market Data. Available from http://www.pjm.com/markets-and-operations/energy/real-time/monthlylmp.aspx Retrieved 2016 Nov 16.

[9] IEADSM. (2005). Demand Response Products Example of application of Demand Response initiatives in participant countries USA: State-wide Pricing Pilot Programme in California.

[10] H. A. Aalami, M. P. M., and G. R. Yousefi. (2015). Evaluation of nonlinear models for time-based rates demand response programs. *Int. J. Elect. Power Energy Syst, 65*, 282-290.

[11] Federal Energy Regulatory Commission. Reports on Demand Response & Advanced Metering. Available from https://www.ferc.gov/industries/electric/indus-act/demand-response/dem-res-adv-metering.asp Retrieved 2016 Nov 16

[12] Ahmad Faruqui and Sanem Sergici. (2009). HOUSESHOLD RESPONSE TO DYNAMIC PRICING OF ELECTRICITY - A SURVEY OF THE EXPERIMENTAL EVIDENCE.

[13] Nexant. (2014). 2013 California Statewide Critical Peak Pricing Evaluation.

[14] Commission, E. R. พลังงานและทางเลือกการใช้เชื้อเพลิงของประเทศไทย. Available from http://www2.eppo.go.th/doc/doc-AlterFuel.html Retrieved 2016 Nov 16

[15] คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2558). การปรับโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าปี 2558.

[16] BP Statistical Review of World Energy. (2016). BP Statistical Review of World Energy June 2016.

[17] NREL. (2016). COST AND PERFORMANCE DATA FOR POWER GENERATION TECHNOLOGIES.

[18] Park, S. C. J., Y.G.; Yoon, Y.T. (2015). Designing a critical peak pricing scheme for the profit maximization objective considering price responsiveness of customers. *Energy, 83*, 521-531.

[19] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2558). การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า. Available from http://peaoc.pea.co.th/loadprofile/ Retrieved 2016 Jun 20

[20] NERA Economic Consulting. (2012). Macroeconomic Impacts of LNG Exports from the United States.

[21] การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. (2552). ประกาศบริษัทปตท. จำกัด (มหาชน) ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2552 เรื่องอัตราค่าบริการส่งก๊าซธรรมชาติ.

[22] กระทรวงพลังงาน. (2558). แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ พ.ศ. 2558 - 2579.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย กรเทวินทร์ บุญช่วย เกิดวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2558

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University