



การเพิ่มการกลัวการสูญเสียในแบบจำลองมาตรการตอบสนองด้านโหลด
กรณีมาตรการประมูลกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย
Addition the Loss Aversion in Demand Response Model:
Capacity Bidding Program of Thailand

กัญญ์สุดา นิมอนุสรณ์กุล¹, จิราคม สิริศรีสกุลชัย² และ กฤษฏา แก่นมณี³

^{1, 2, 3} คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Kunsuda Nimanussornkul¹, Jirakom Sirisrisakulchai² and Kritsada Keanmanee³

^{1, 2, 3} Faculty of Economics, Chiang Mai University

(Received: May 3, 2018; Revised: September 21, 2018; Accepted: September 28, 2018)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ดัดแปลงแบบจำลองจากงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 245-246) โดยใส่พฤติกรรมการกลัวการสูญเสียและค่าปรับเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการประมูลกำลังไฟฟ้าของประเทศไทยแบบจำลองที่ดัดแปลงแล้วถูกใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันของมาตรการประมูลกำลังไฟฟ้าด้วยข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าช่วงสูงสุดของประเทศไทยในปี 2560 จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ใน 10 สถานการณ์ ผลการศึกษาพบว่า กรณีใช้มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้าโดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 2 บาท/หน่วย และมีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2 มีค่าดัชนีความสำเร็จมากที่สุด และพบว่า ดัชนีความสำเร็จจะผันแปรตามความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียวและความยืดหยุ่นข้ามเวลา โดยถ้าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียวและข้ามเวลาลดลง ดัชนีความสำเร็จจะลดลงด้วย ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, p. 249) นอกจากนี้ยังพบว่า การลดลงของการใช้ไฟฟ้าสูงสุดขึ้นอยู่กับระดับของการกลัวการสูญเสีย โดยถ้ามีการกลัวการสูญเสียเพิ่มขึ้น การลดการใช้ไฟฟ้าสูงสุดได้มากขึ้นด้วย ซึ่งให้ผลแตกต่างจากงานของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 5) เนื่องจากมาตรการที่ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 2) ใช้ไม่มีค่าปรับ

คำสำคัญ: 1) การตอบสนองด้านโหลด 2) การกลัวการสูญเสีย 3) มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า 4) ประเทศไทย

Abstract

This study modified the model from Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 245-246) by incorporating loss aversion and penalty to study the effectiveness of Capacity Bidding Program in Thailand. The modified models were used to simulate different scenarios of Capacity Bidding Program with peak load data from Provincial Electricity Authority in 2017. Economic results and strategy success indices were compared between ten simulated scenarios. We found that the Capacity Bidding Program with 3 baht/kWh incentive, 2 baht/kWh penalty, and loss aversion index equal two gave the highest value in strategy success index. In addition, the strategy success index varied with self and cross elasticities. If the self and cross elasticities decrease, the strategy success index also decreases. These results are consistent with Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, p. 249). Moreover, we found that the reduction of peak load depends on the level of loss aversion. If the loss aversion increases, the peak load reduction also increases. These results are different from those in Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 5) because the program which Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 2) used did not have penalty.

Keywords: 1) Demand Response 2) Loss Aversion 3) Capacity Bidding Program 4) Thailand

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (Assistant Professor, Department of Economics) E-mail: kunsudan@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ (Assistant Professor, Department of Economics)

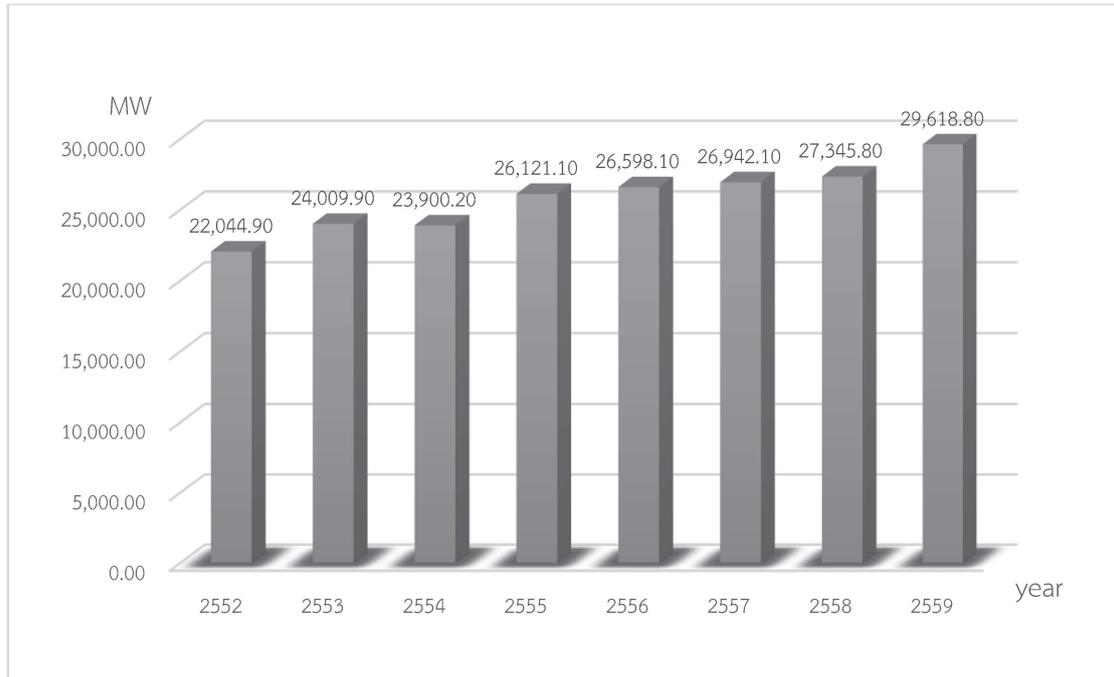
³ นักวิจัย (Researcher)



บทนำ (Introduction)

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าให้ความสำคัญเพียงพอดต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากพลังงานไฟฟ้า เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อประเทศ และระบบเศรษฐกิจของประเทศ ตลอดจนการดำเนินชีวิตของประชาชน ซึ่งความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจากข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต

แห่งประเทศไทย (กฟผ.) จะพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ยกเว้นปี 2554 ที่เกิดปัญหาน้ำท่วมขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าในปี 2552 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 22,044.9 เมกะวัตต์ ณ วันที่ 24 เมษายน 2552 ซึ่งพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 29,618.8 เมกะวัตต์ ณ วันที่ 11 พ.ค. 2559 (News Term TCIJ, 2017) ดังภาพ 1



ภาพ 1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ในช่วงปี 2552 - 2559

ที่มา: News Term TCIJ (2017)

ซึ่งการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าอาจจะต้องมีการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วย ดังงานของ Pongwiritthon, et al. (2017, pp. 79-92) ซึ่งทำการศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อชุมชนในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ กรณีตอปปูหมื่น หรือการส่งเสริมเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเองเพื่อลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ในช่วง Peak (09.00 - 22.00 น.) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปัญหาด้านการใช้พลังงาน จึงได้เกิดมาตรการตอบสนองด้านโหลด (Demand Response Program) ขึ้น ซึ่งหากแบ่งตามลักษณะกลไกการตอบสนองได้

2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มาตรการตอบสนองด้านโหลดต่อความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability-based Options) เป็นการตอบสนองด้านโหลดต่อความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าต่ำ หรือมีเหตุการณ์ฉุกเฉินซึ่งจะมีผลต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า ซึ่งอาจมีการให้ค่าตอบแทนแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการ เช่น มาตรการควบคุมโหลดโดยตรง (Direct Load Control) มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าที่สามารถงดจ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible/Curtailable Tariff) มาตรการตอบสนองแบบฉุกเฉิน (Emergency Demand Response Program) มาตรการประมูล (Demand Bidding Program) เป็นต้น และกลุ่มที่ 2 มาตรการตอบสนองด้านโหลดต่อกลไกราคา (Price-based



Options) เป็นการตอบสนองด้านโหลดตามกลไกราคา โดยมีการกำหนดค่าไฟฟ้าให้สูงในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง หรือช่วงที่มีความเสี่ยงว่าจะเกิดเหตุการณ์ผิดปกติในระบบไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลง โดยอาจย้ายไปใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาอื่นที่มีค่าไฟฟ้าต่ำกว่าแทน เช่น มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rates) มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าช่วงวิกฤต (Critical Peak Pricing) มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าส่วนลดช่วงวิกฤต (Peak Time Rebate) มาตรการอัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time Pricing) เป็นต้น (Energy Policy and Planning office, 2016)

โดยการพัฒนามาตรการตอบสนองด้านโหลดในประเทศไทย เริ่มตั้งแต่ปี 2554 ซึ่งคณะรัฐมนตรีได้รับทราบหลักเกณฑ์การกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าให้มีอัตราการตอบสนองด้านโหลด (Jirapraditkul, 2017, p. 5) โดยมีการนำมาตรการตอบสนองด้านโหลดมาใช้ครั้งแรกในเดือนเมษายน 2556 ได้รณรงค์ลดการใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศเนื่องจากวิกฤตแหล่งก๊าซธรรมชาติ (Energy Policy and Planning Office, 2016) และล่าสุดในปี 2560 ทางกรมพลังงานนครหลวงได้นำมาตรการตอบสนองด้านโหลดซึ่งคือ มาตรการความร่วมมือลดการใช้ไฟฟ้า (Emergency Demand Response Program: EDRP) มาใช้ในช่วงวันที่ 27 - 31 มีนาคม 2560 ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ บริเวณสถานีไฟฟ้าพระนครใต้ เทพารักษ์ ธนบุรีใต้ และบางพลี โดยรับสมัครผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 4 (กิจการขนาดใหญ่) โดยจ่ายค่าตอบแทนให้ 3 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า (KWh) ที่ลดปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งาน เพื่อรองรับผลกระทบจากแผนการดำเนินงานของผู้ผลิตก๊าซธรรมชาติฝั่งตะวันออกปี 2560 (Energy Policy and Planning Office, 2017)

ซึ่งมาตรการตอบสนองด้านโหลดต่อความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability-based Options) ในต่างประเทศที่นิยมใช้กับผู้ใช้ประเภทบ้านที่อยู่อาศัยคือ มาตรการ Direct Load Control เช่นที่ บริษัท PG & E ซึ่งเป็นบริษัทที่ให้บริการแก่สหรัฐอเมริกาและไฟฟ้ากับประชาชนในทางตอนเหนือและกลางของรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา และยังเป็นให้บริการในมาตรการตอบสนองด้านโหลดโดยถ้า

ลูกค้าของ PG & E ต้องการเข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดเพื่อทำการลดการใช้ไฟฟ้าและได้ค่าตอบแทนในการลดการใช้ไฟฟ้าโดยมีการแบ่งมาตรการตามกลุ่มลูกค้าว่าเป็น กลุ่มลูกค้าประเภทบ้านเรือน และกลุ่มลูกค้าประเภทธุรกิจ ซึ่งถ้าเป็นกลุ่มลูกค้าประเภทบ้านเรือน มาตรการที่ใช้ เช่น มาตรการ SmartAC คือ มาตรการที่ถ้าลูกค้าทำสัญญาเข้าร่วมมาตรการ จะได้รับเงินทันที \$50 และได้รับการติดตั้ง SmartAC Device กับเครื่องปรับอากาศให้ฟรี แต่ถ้ามีเหตุฉุกเฉินขึ้น ทาง PG & E จะส่งสัญญาณไปที่เครื่อง SmartAC Device โดยตรง โดยทำการลดประสิทธิภาพการใช้เครื่องปรับอากาศลงทันที คือ ทำให้เย็นน้อยลงนั่นเอง ส่วนกลุ่มลูกค้าประเภทธุรกิจ มาตรการที่ใช้ เช่น มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible Program) ซึ่งใช้กับกิจการขนาดใหญ่ และมาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า (Capacity Bidding Program) เป็นโปรแกรมที่ผู้รวบรวมโหลด (Load Aggregator) จะทำการจัดการและออกแบบเอง ซึ่งมี 2 ทางเลือก คือ แจ้งล่วงหน้า 1 วัน กับแจ้งในวันนั้นที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม ซึ่งผู้รวบรวมโหลดจะต้องรับผิดชอบในการรับสมัครลูกค้า การทำการตลาด การแจ้งเตือนลูกค้า การเก็บรักษาพลังงานไฟฟ้าและตอบสนองต่อบริษัท PG & E โดยผู้รวบรวมจะต้องแจ้งปริมาณความสามารถที่จะลดได้ของแต่ละเดือน ซึ่งค่าตอบแทนแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกคือ Capacity Payment ซึ่งจ่ายให้กับผู้รวบรวมโหลดแต่ละเดือนที่ทำสัญญา และส่วนที่สองคือ Energy Payment จ่ายให้เมื่อมีเหตุการณ์ให้ลดการใช้ไฟฟ้า แต่ถ้าเดือนไหนไม่ได้มีการเรียกให้ลดการใช้ไฟฟ้าแล้ว Energy Payment จะเท่ากับศูนย์ โดยจะมีค่าปรับซึ่งเปลี่ยนแปลงตามปริมาณที่ไม่สามารถลดได้ตามสัญญา โดยผู้รวบรวมโหลดจะเป็นคนกำหนดค่าตอบแทนและค่าปรับกับลูกค้าเอง (PG & E, 2018)

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงต้องการทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า (Capacity Bidding Program: CBP) โดยประยุกต์แบบจำลองจากงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 245-246) เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองที่ทำการพิจารณาทางด้านพฤติกรรมของผู้บริโภค ซึ่งมีการนำค่าความยืดหยุ่น



เข้ามาใช้ในแบบจำลองด้วย โดยแบบจำลองดังกล่าวได้เคยมีการนำมาใช้ในการศึกษามากมายงาน เช่น Aalami, Yousefi and Moghaddam (2008, pp. 1-6) ได้ใช้แบบจำลองดังกล่าวกับมาตรการตอบสนองแบบฉุกเฉิน (Emergency Demand Response Program) และมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rates) โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของวันที่ 28 สิงหาคม 2006 ซึ่งเป็นวันที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของปี 2006 ของประเทศอิหร่าน ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มค่าตอบแทนจะทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยไม่มีการคำนวณผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ มีเพียงการพิจารณาหา Peak to Valley Distances เท่านั้น ต่อมา Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 243-250) ได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้กับมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible/Curtailable Tariff) และมาตรการตลาดกำลังไฟฟ้า (Capacity Market Program) โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงของวันที่ 28 สิงหาคม 2007 ซึ่งเป็นวันที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดปี 2007 ของประเทศอิหร่าน โดยทำการคำนวณผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ ผลการศึกษาพบว่า การลดการใช้ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าตอบแทน ค่าปรับ และค่าความยืดหยุ่น โดยการศึกษาี้ยังไม่มีมีการพิจารณาถึงพฤติกรรมการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) ขณะที่ Khajavi, Arani and Monsef (2011, pp. 1-4) ทำการศึกษามาตรการอัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time Pricing) โดยเพิ่มการพิจารณาถึงการใช้ Smart Grid ร่วมในมาตรการด้วย ซึ่งข้อมูลเดียวกับงานของ Aalami, Yousefi and Moghaddam (2008, p. 4) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การมี Smart Grid จะทำให้มีการใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากกว่า ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าใช้จ่ายลดลง เนื่องจากการมี Smart Grid จะทำให้ค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยการศึกษาี้ไม่มีการคำนวณผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์และยังไม่มีมีการพิจารณาถึงพฤติกรรมการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) ส่วน Marwan, et al. (2011, pp. 1-6) ทำการเพิ่มการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electrical Vehicles) ในการช่วยลดการใช้ไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลรายชั่วโมงของวันที่ 2 พฤษภาคม 2010 ของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งทำ

การพิจารณาถึง Peak to Valley Distance เท่านั้น ผลการศึกษาพบว่า การย้ายการใช้ไฟฟ้าจากช่วง Peak ไปช่วง Off Peak มากขึ้นจะทำให้ Peak to Valley Distance เพิ่มขึ้นโดยการศึกษาี้ไม่มีการคำนวณผลทางเศรษฐกิจ ดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ และพฤติกรรมการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) ส่วน Zarei (2012, pp. 35-46) ใช้ข้อมูลเดียวกับงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, p. 246) แต่ใช้มาตรการตอบสนองแบบฉุกเฉิน (Emergency Demand Response Program) เหมือนกับงานของ Aalami, Yousefi and Moghaddam (2008, pp. 1-6) แตกต่างกันเพียงค่าความยืดหยุ่นและค่าตอบแทน ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ถ้ามีค่าตอบแทนมากขึ้นจะทำให้ลดการใช้ไฟฟ้าลดลง ทำให้ Peak to Valley Distance มากขึ้น และทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าจ่ายค่าไฟฟ้าลดลง แต่การศึกษานี้ไม่มีการคำนวณผลทางเศรษฐกิจ ดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ และพฤติกรรมการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion)

โดยการศึกษาที่ผ่านมามีเพียง Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, pp. 1-6) ที่เพิ่มการพิจารณาถึงพฤติกรรมการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) เข้ามาในงานโดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าวันที่ 18 สิงหาคม 2014 ของรัฐนิวอิงแลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้มาตรการอัตราค่าไฟฟ้าส่วนลดช่วงวิกฤต (Peak Time Rebate) ซึ่งมาตรการนี้ไม่มีค่าปรับ และมาตรการอัตราค่าไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน (Real Time Pricing) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการกลัวการสูญเสียแล้วจะทำให้มีการลดการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเดิม กล่าวคือ ผู้ใช้ไฟฟ้าให้ความสำคัญกับการลดใช้ไฟฟ้ามากกว่าการได้รับค่าตอบแทนในการลดการใช้ไฟฟ้า ซึ่งการศึกษานี้ทำการพิจารณาเฉพาะผลจากมาตรการและการเพิ่มพฤติกรรมการกลัวการสูญเสียต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดการใช้ไฟฟ้าสูงสุด โดยการศึกษาี้ไม่มีการคำนวณผลทางเศรษฐกิจ ดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์

ดังนั้น ในการศึกษาี้จึงต้องการทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า (Capacity Bidding Program: CBP) กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าช่วงสูงสุดในปี 2560 โดยประยุกต์แบบจำลองจากงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 245-246) โดยเพิ่มการพิจารณาถึงพฤติกรรม



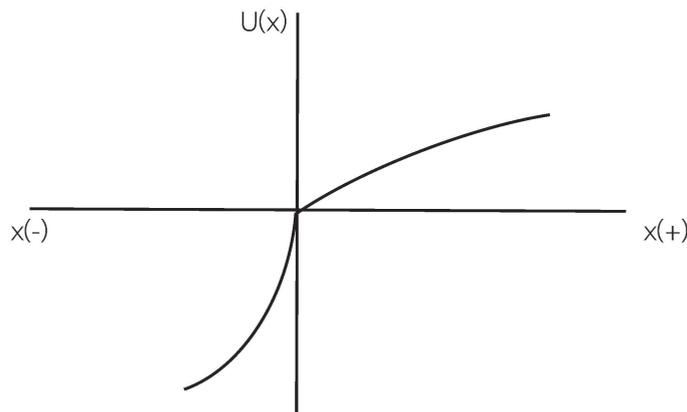
การกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) ในกรณีที่มีการคิดค่าปรับเข้าไปในแบบจำลองด้วย จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ของแต่ละสถานการณ์

การกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion)

การกลัวการสูญเสีย คือ พฤติกรรมที่คนเราให้คุณค่าของการสูญเสีย มากกว่าคุณค่าของการได้มา กล่าวคือ ถ้าเงินที่ได้มามีจำนวนเท่ากับจำนวนเงินที่สูญเสียไปแล้ว การสูญเสียเงินจะมีผลกระทบต่อจิตใจของคนเรามากกว่าการได้มาของเงินในจำนวนที่เท่ากัน (Jitmaneeroj, 2011, pp. 12-15) โดยหากสมมติว่า U คืออรรถประโยชน์ และให้ λ คือ ดัชนีการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion Index) ซึ่งค่า $\lambda > 0$ ซึ่งถ้าคนเราให้ความสำคัญในการสูญเสีย

มากกว่าการได้มาแล้ว ค่า λ จะมากกว่า 1 แล้วจะมีผลทำให้ U มีความชันมากในกรณีสูญเสีย ($x < 0$) และมีความชันน้อยในกรณีได้รับ ($x \geq 0$) ซึ่งจะมีผลทำให้อรรถประโยชน์แบ่งเป็น 2 กรณี ดังสมการที่ (1) (Kobberling and Wakker, 2005, pp. 121-122) และเส้นอรรถประโยชน์ดังภาพ 2 ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านพบว่า ค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion Index) หรือ ค่า λ มีค่าเท่ากับ 2 (Mohajeryami, Schwarz and Baboli, 2015, p. 5; Thaler, 2016, p. 67)

$$U(x) = \begin{cases} u(x) & \text{if } x \geq 0 \\ \lambda u(x) & \text{if } x < 0 \end{cases} \dots\dots(1)$$



ภาพ 2 การกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Kobberling and Wakker (2005, pp. 121-122)

แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์สำหรับมาตรการตอบสนองโหลด (Economic Model for Demand Response)

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้จะอิงตามงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 245-246) โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ความยืดหยุ่นของอุปสงค์ต่อราคา (Price Elasticity of Demand)

ความยืดหยุ่นของอุปสงค์ต่อราคา สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2)

$$E = \frac{p_0}{d_0} \cdot \frac{\partial d}{\partial p} \dots\dots(2)$$

จากสมการที่ (2) ความยืดหยุ่นของอุปสงค์ต่อราคาในช่วงเวลาที่ i เทียบกับช่วงเวลาที่ j สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3) ต่อไปนี้

$$E(i, j) = \frac{p_0(j)}{d_0(i)} \cdot \frac{\partial d(i)}{\partial p(j)} \dots\dots(3)$$



ซึ่งถ้าค่าไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาแล้วจะทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปดังต่อไปนี้

- ปริมาณการใช้ไฟฟ้าบางช่วงเวลาไม่สามารถที่จะเปลี่ยนไปใช้ช่วงเวลาอื่นได้ ดังนั้นจะทำได้แค่เพียงเปิดหรือปิดไฟเท่านั้น ดังนั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวนี้จะมีการตอบสนองเฉพาะในช่วงเวลาเดียวเท่านั้น ซึ่งจะเรียกว่า ความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) โดยจะมีค่าเป็นลบเสมอ

- ปริมาณการใช้ไฟฟ้าบางช่วงเวลาสามารถเคลื่อนย้ายจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่งได้ ซึ่งจะเรียกว่า ความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) เนื่องจากบางอุตสาหกรรมหรือบางกิจกรรมอาจจะย้ายเวลาในการทำการผลิตหรือทำกิจกรรมได้ เช่น อุตสาหกรรมผลิตเหล็ก อาจจะย้ายช่วงเวลาการผลิตจากช่วง Peak ซึ่งค่าไฟฟ้าแพง ไปทำการผลิตในช่วง Off Peak ที่มีค่าไฟฟ้าถูกกว่าแทน ซึ่งเปรียบเทียบได้เหมือนกับ การใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak และ ช่วง Off Peak เป็นสินค้าทดแทนกันนั่นเอง ดังนั้นจึงทำให้ ความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) มีค่ามากกว่า 0

ดังนั้นสามารถแบ่งความยืดหยุ่น $E(i, j)$ ออกเป็น 2 ประเภทได้ดังสมการที่ 4

$$E(i, j) = \begin{cases} E(i, j) \leq 0, & i = j \\ E(i, j) \geq 0, & i \neq j \end{cases} \dots\dots(4)$$

2. แบบจำลองช่วงเวลาเดียว (Single Period Elastic Loads Model)

สมมติว่าผู้ใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าจาก $d_0(i)$ เป็น $d(i)$ โดยพิจารณาจากเงินค่าตอบแทนและค่าปรับที่เขียนไว้ในสัญญาการเข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลด ดังสมการที่ 5

$$\Delta d(i) = d(i) - d_0(i) \dots\dots(5)$$

กำหนดให้ เงินค่าตอบแทนมีค่าเท่ากับ $A(i)$ บาทตามปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สามารถลดการใช้ได้ kWh ในชั่วโมงที่ (i) ดังนั้นเงินค่าตอบแทนที่จะได้รับ

ทั้งหมดในการเข้าร่วมมาตรการ ตอบสนองด้านโหลด ($P(\Delta d(i))$) ได้ดังสมการที่ (6)

$$P(\Delta d(i)) = A(i)[d(i) - d_0(i)] \dots\dots (6)$$

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าหากผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทำการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้ตามที่ทำสัญญาไว้ที่ปริมาณ $IC(i)$ กิโลวัตต์ จะมีค่าปรับ ณ ชั่วโมงที่ (i) เท่ากับ $pen(i)$ บาท ซึ่งเงินค่าปรับทั้งหมด ($PEN(\Delta d(i))$) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (7)

$$PEN(\Delta d(i)) = pen(i)[IC(i) - (d(i) - d_0(i))] \dots(7)$$

จากสมการที่ (7) หากมีการพิจารณาถึงพฤติกรรมการกลัวความสูญเสียเข้ามาด้วย โดยการเพิ่มดัชนีการกลัวความสูญเสีย (λ) เข้าไปในสมการที่ (7) จะได้ดังต่อไปนี้

$$PEN(\Delta d(i)) = \lambda pen(i)[IC(i) - (d(i) - d_0(i))] \dots(8)$$

เมื่อกำหนดให้ $B(d(i))$ คือรายได้ของผู้ใช้ไฟฟ้าในชั่วโมงที่ (i) จากปริมาณการใช้ไฟฟ้า $d(i)$ kW และกำหนดให้ผลประโยชน์ที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับเท่ากับ S ในชั่วโมงที่ (i) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (9)

$$S = B(d(i)) - d(i) * \rho(i) + P(\Delta d(i)) - PEN(\Delta d(i)) \dots(9)$$

จากสมการที่ (9) จะสามารถหาจุดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งคือจุดที่ผลประโยชน์สูงสุดที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะได้รับโดยทำ derivative สมการที่ (9) โดยคำนึงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้า $d(i)$ แล้วทำการแก้สมการ $\frac{\partial S}{\partial d(i)} = 0$ ได้ดังสมการที่ (10) ต่อไปนี้

$$\frac{\partial S}{\partial d(i)} = \frac{\partial B(d(i))}{\partial d(i)} - \rho(i) + \frac{\partial P}{\partial d(i)} - \frac{\partial PEN}{\partial d(i)} = 0 \dots(10)$$

เมื่อทำการจัดสมการที่ (10) ใหม่จะได้ดังสมการที่ (11) ต่อไปนี้



$$\frac{\partial B(d(i))}{\partial d(i)} = \rho(i) + A(i) + \lambda pen(i) \dots(11)$$

โดยทั่วไปฟังก์ชันรายได้ของผู้ใช้ไฟฟ้า ($B(d(i))$) จะอยู่ในรูปแบบสมการกำลังสอง (Schweppe, et al., 1989 as cited in Aalami, Moghaddam and Yousefi, 2010, p. 246)

$$B(d(i)) = B_0(i) + \rho_0(i)[d(i) - d_0(i)] \times \left\{ 1 + \frac{d(i) - d_0(i)}{2E(i) \cdot d_0(i)} \right\} \dots(12)$$

เมื่อทำ derivative สมการที่ (12) โดยคำนึงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้า $d(i)$ แล้วจะได้สมการที่ (13)

$$\frac{\partial B(d(i))}{\partial d(i)} = \rho_0(i) \left\{ 1 + \frac{d(i) - d_0(i)}{E(i)d_0(i)} \right\} \dots(13)$$

จากนั้นแทนสมการที่ (13) ในสมการที่ (11) จะสามารถเขียนได้สมการที่ (14)

$$\rho_0(i) \left\{ 1 + \frac{d(i) - d_0(i)}{E(i)d_0(i)} \right\} = \rho(i) + A(i) + \lambda pen(i) \dots(14)$$

ดังนั้นทำการปรับสมการที่ (14) จะได้สมการอุปสงค์ของผู้ใช้ไฟฟ้าจะเป็นสมการที่ (15)

$$d(i) = d_0(i) \left\{ 1 + E(i, i) \times (\rho(i) - \rho_0(i) + A(i) + \lambda pen(i)) / \rho_0(i) \right\} \dots(15)$$

จากสมการที่ (15) ถ้าอัตราค่าไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงและเงินค่าตอบแทนกับค่าปรับมีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้ว่า $d(i) = d_0(i)$ คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะไม่เปลี่ยนแปลงนั่นเอง

3. แบบจำลองหลายช่วงเวลา (Modeling of Multi Period)

เมื่อกำหนดให้ช่วงเวลาที่พิจารณาเป็น 24 ชั่วโมง และจากความยืดหยุ่นข้ามช่วงในสมการที่ (3) และเมื่อกำหนดให้อุปสงค์มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น

(Linear) จะทำให้ $\frac{\partial d(i)}{\partial \rho(j)}$ มีค่าคงที่ สำหรับชั่วโมงที่ i และชั่วโมงที่ $j = 1, 2, \dots, 24$ ดังนั้นสมการอุปสงค์จะสามารถเขียนได้สมการที่ (16)

$$d(i) = d_0(i) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{24} E(i, j) \times \frac{d_0(i)}{\rho_0(j)} \cdot [\rho(j) - \rho_0(j)], \dots(16)$$

$i = 1, 2, \dots, 24$

หากรวมเงินค่าตอบแทนจากมาตรการตอบสนองด้านโหลด และค่าปรับเข้าไปในสมการที่ (16) แล้วจะได้สมการอุปสงค์สำหรับหลายช่วงเวลา ดังสมการที่ (17)

$$d(i) = d_0(i) \left\{ 1 + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{24} E(i, j) \times \frac{[\rho(j) - \rho_0(j) + A(j) + \lambda pen(j)]}{\rho_0(j)} \right\} \dots(17)$$

4. แบบจำลองอุปสงค์สำหรับมาตรการตอบสนองด้านโหลด (Demand Model for Demand Response)

โดยเมื่อรวมสมการที่ (15) และ (17) เข้าด้วยกัน จะได้สมการอุปสงค์การใช้ไฟฟ้าสำหรับมาตรการตอบสนองด้านโหลด ดังสมการที่ (18) ต่อไปนี้

$$d(i) = d_0(i) \left\{ 1 + \frac{E(i, i)}{\rho_0(i)} \times (\rho(i) - \rho_0(i) + A(i) + \lambda pen(i)) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{24} \frac{E(i, j)}{\rho_0(j)} \times [\rho(j) - \rho_0(j) + A(j) + \lambda pen(j)] \right\} \dots(18)$$

ซึ่งสมการอุปสงค์การใช้ไฟฟ้างสมการที่ (18) สามารถใช้คำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดที่จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ผลประโยชน์สูงสุด

การเลือกกลยุทธ์ (Strategy Selection)

การเลือกกลยุทธ์โดยใช้ดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ (Strategy Success Index: SSI) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (19) ต่อไปนี้



$$SI = \sum_{i=1}^{24} St(i) \times S(i) \quad \dots\dots(19)$$

โดยที่

St(i) คือ มูลค่าของความสามารถของกลยุทธ์ ณ เวลาที่ i

S(i) คือ ผลตอบแทนที่ผู้บริโภคได้รับ

จากนั้นนำค่า SI แทนในสมการที่ (20) ต่อไปนี้

$$SSI = \frac{\sum_{i=1}^n SI(i)}{\sum_{i=1}^n SI_{max}(i)} \times 100 \quad \dots\dots(20)$$

โดยที่

SSI คือ ดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ (Strategy Success Index: SSI)

SI_{max} คือ SI ที่มากที่สุดจากกลยุทธ์ทั้งหมดที่ทำ

n คือ จำนวนวันที่เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลด ซึ่งในการศึกษานี้ จำนวนวันที่เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลด คือ 1 วัน

ตัวอย่างเช่น

SSI ของการลดลงของโหลดสูงสุด (Peak Reduction) ของกลยุทธ์กรณีที่ 1

$$= 100 \times (\text{การลดลงของโหลดสูงสุดของกลยุทธ์กรณีที่ 1} \times \text{ผลตอบแทนของผู้บริโภคได้รับการ$$

ตาราง 1 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	
		Peak	Off Peak
บ้านที่อยู่อาศัยและกิจการขนาดเล็ก	12 – 24 กิโลโวลต์	5.1135	2.6037
	ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	5.7982	2.6369
กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	ตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	4.1283	2.6107
	22 – 33 กิโลโวลต์	4.2097	2.6295
	ต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	4.3555	2.6627
เฉลี่ย		4.6229	2.6287

ที่มา: Provincial Electricity Authority, 2015

หมายเหตุ: Peak คือ ช่วงเวลา 9.00 – 22.00 น. ในวันธรรมดา และวันพืชมงคล วันหยุดชดเชย

Off Peak คือ ช่วงเวลา 22.00 -9.00 น. ในวันธรรมดา และวันเสาร์-อาทิตย์ วันแรงงาน และวันหยุดราชการ

เข้าร่วมมาตรการของกลยุทธ์กรณีที่ 1)/(การลดลงของโหลดสูงสุดของกลยุทธ์กรณีที่มากที่สุดx ผลตอบแทนของผู้บริโภคได้รับการเข้าร่วมมาตรการของกลยุทธ์กรณีที่มากที่สุด)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (Data)

ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของปี 2560 โดยทำการเก็บข้อมูลจากการศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าในภาพรวมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (ยกเว้นไฟชั่วคราวและอื่น ๆ) โดยนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดรายเดือนของปี 2560 แล้วนำมาหาค่าสูงสุดของแต่ละช่วงเวลาเพื่อเป็นตัวแทนของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทย

วิธีการศึกษา (Methods)

1. การกำหนดข้อสมมติของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 อัตราค่าไฟฟ้า เนื่องจากอัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาได้แบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและแบ่งตามระดับแรงดันไฟฟ้าดังตาราง 1 ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของทุกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและทุกระดับแรงดัน เป็นตัวแทนค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Peak และ ช่วง Off Peak



1.2 ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ในการศึกษาครั้งนี้ สมมติให้ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak เหมือนกับค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ตามงานของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 4) เนื่องจากช่วง

Peak คือช่วงปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากของประเทศ ส่วนช่วง Off Peak เป็นช่วงปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยของประเทศถึงแม้ว่าช่วงเวลา Peak และ Off Peak ของประเทศไทย และประเทศอิหร่านก็ตาม อีกทั้งจากงานศึกษาที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาหรือทำการคำนวณค่าความยืดหยุ่นดังกล่าวในประเทศไทย ดังนั้นค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียวและค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา ในช่วง Peak and Off Peak

	Peak	Off Peak
Peak	-0.1	0.01
Off Peak	0.01	-0.1

ที่มา: Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 4)

จากตาราง 2 ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) ของทั้งช่วง Peak และ Off Peak เท่ากับ -0.1 หมายความว่า ถ้าค่าไฟฟ้าในช่วง Peak หรือ Off Peak เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟาลดการใช้ไฟฟ้าลงร้อยละ 0.1 ส่วนค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ของทั้งช่วง Peak และ Off Peak เท่ากับ 0.01 หมายความว่า ถ้าค่าไฟฟ้าในช่วง Peak หรือ Off Peak เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วง Off Peak หรือ Peak ร้อยละ 0.01

1.3 ค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion Index) ในการศึกษาสมมติว่า ค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion Index) หรือค่า λ เท่ากับ 2 ตามการศึกษาที่ผ่านมา (Mohajeryami, Schwarz and Baboli, 2015, p. 5; Thaler, 2016, p. 67) ซึ่งหมายความว่า การสูญเสียจะทำให้เกิดความเจ็บปวดมากกว่าความสุขของการได้รับถึง 2 เท่า

1.4 ปริมาณที่ผู้เข้าร่วมมาตรการทำสัญญาในการศึกษานี้สมมติให้ผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดทำสัญญาว่าจะลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 10% ของการใช้ ซึ่งถ้าลดได้ไม่ถึง 10% ตามสัญญา ปริมาณที่ลดไม่ได้จะถูกเสียค่าปรับตามแต่ละสถานการณ์

1.5 สถานการณ์ในการศึกษา การศึกษานี้สมมติให้มีการเรียกให้ลดการใช้ไฟฟ้า 1 ชั่วโมง คือเวลา 21.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพียงวันเดียว โดยทำการจำลองสถานการณ์เป็น 10 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มีรายละเอียดดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 (Initial) คือ กรณีเริ่มต้นก่อนใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด

สถานการณ์ที่ 2 (3-0) คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยไม่มีค่าปรับ ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลดในปี 2560

สถานการณ์ที่ 3 (3-1($\lambda=0$)) คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 0

สถานการณ์ที่ 4 (3-1($\lambda=2$)) คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2



สถานการณ์ที่ 5 ($3-2(\lambda=0)$) คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 2 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 0

สถานการณ์ที่ 6 ($3-2(\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 2 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 2

สถานการณ์ที่ 7 ($2-1(\lambda=0)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 2 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 0

สถานการณ์ที่ 8 ($2-1(\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 2 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 2

สถานการณ์ที่ 9 ($3-1E=1/2 (\lambda=0)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 0 และให้ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง On Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งจากตาราง 2

สถานการณ์ที่ 10 ($3-1E=1/2 (\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย โดยมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 2 และให้ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง On Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งจากตาราง 2

2. ทำการจำลองสถานการณ์ทั้ง 10 สถานการณ์ตามสมการที่ (18) และจากข้อสมมติต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

3. ทำการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจของแต่ละสถานการณ์ โดยทำการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ ค่าตอบแทน ค่าปรับ รายได้ของการไฟฟ้า และผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดของแต่ละสถานการณ์

4. ทำการเปรียบเทียบการลดโหลดการใช้ของแต่ละสถานการณ์ โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ร้อยละของการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) การบริโภคพลังงานในวันที่เข้าร่วมมาตรการ (Energy Consumption) ร้อยละของการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) Load Factor ซึ่งคำนวณจาก $100 \times (\text{Energy Consumption} / 24 \text{ ชั่วโมง} / \text{Peak})$ และ Peak to Valley Distance ซึ่งคำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak) – ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำสุดในวันนั้น ของแต่ละสถานการณ์

5. ทำเปรียบเทียบดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ของแต่ละสถานการณ์ โดยทำการคำนวณดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ (SSI) ตามสมการที่ (20) โดยคำนวณดัชนีความสำเร็จของร้อยละการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) ดัชนีความสำเร็จของร้อยละการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) ดัชนีความสำเร็จของ Load Factor และดัชนีความสำเร็จของ Peak to Valley Distance แล้วทำการเรียงลำดับสถานการณ์ที่มีค่าดัชนีความสำเร็จมากไปน้อย

ผลการศึกษา (Results)

เนื่องจากการศึกษานี้ต้องการทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า (Capacity Bidding Program: CBP) โดยเพิ่มการพิจารณาถึงพฤติกรรมการกักการสูญเสีย (Loss Aversion) กรณีมีการคิดค่าปรับเข้าไปในแบบจำลองด้วย โดยทำการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจและดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ของแต่ละสถานการณ์ ซึ่งผลการศึกษา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจของแต่ละสถานการณ์

ผลการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจของแต่ละสถานการณ์ดังตาราง 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า สถานการณ์ที่ 2 และสถานการณ์ที่ 7 จะทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการมีค่าไฟฟ้าเท่ากัน สถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 8 จะทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการมีค่าไฟฟ้าเท่ากัน สถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 5 จะทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการมีค่าไฟฟ้าเท่ากัน จากผลประโยชน์



ของผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลด พบว่ากรณีสถานการณ์ที่ 6 ผู้เข้าร่วมมาตรการจะได้รับผลประโยชน์มากที่สุด ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย และมีค่าปรับ 2 บาทต่อหน่วย แต่เนื่องจากมีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียเท่ากับ 2 ทำให้ผู้เข้าร่วมกลั้วการเสียค่าปรับมากจึงพยายามลดการใช้ไฟฟ้าลงมากที่สุดมาคือ สถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 5 ตามลำดับ โดยสถานการณ์ที่ 4 คือสถานการณ์ที่มีค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย และมีค่าปรับ 1 บาทต่อหน่วย แต่เนื่องจากมีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียเท่ากับ 2 และสถานการณ์ที่ 5 คือสถานการณ์ที่มีค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย และมีค่าปรับ 2 บาทต่อหน่วย แต่เนื่องจากมีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียเท่ากับ 0

หากทำการเปรียบเทียบกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นคือกรณีสถานการณ์ที่ 3 กับสถานการณ์ที่ 9 และกรณีสถานการณ์ที่ 4 กับสถานการณ์ที่ 10 จะพบว่าเมื่อค่าความยืดหยุ่นทั้งค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ลดลงครั้งหนึ่งแล้วจะมีผลทำให้

ผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดมีค่าไฟฟ้ามากกว่า และได้รับผลประโยชน์ในการเข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดน้อยกว่า กรณีค่าความยืดหยุ่นเดิม เนื่องจากการมีค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) ลดลงแสดงว่าผู้เข้าร่วมมาตรการมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าหรือมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาไฟฟ้า ค่าตอบแทนและค่าปรับน้อยกว่าเดิม และการมีค่าความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ลดลง แสดงว่า ผู้เข้าร่วมมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมหรือย้ายการใช้ไฟฟ้าไปช่วงเวลาอื่นได้น้อยกว่าเดิม

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียกับกรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสีย แล้วจะพบว่า เมื่อมีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียแล้วจะทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการมีการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากกว่า และได้ค่าตอบแทนสูงกว่า มีค่าปรับน้อยกว่า และผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมมาตรการมากกว่า เนื่องจากผู้เข้าร่วมมาตรการกลั้วการสูญเสียค่าปรับจึงพยายามลดการใช้ไฟฟ้ามากกว่านั่นเอง

ตาราง 3 การเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจของแต่ละสถานการณ์

สถานการณ์ที่	ค่าไฟฟ้าของผู้เข้าร่วมมาตรการ (ล้านบาท)	ค่าตอบแทน (ล้านบาท)	ค่าปรับ (ล้านบาท)	รายรับการไฟฟ้า (ล้านบาท)	ผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมมาตรการ (ล้านบาท)
1(initial)	7,398.81	0.00	0.00	7,398.81	0.00
2(3-0)	7,097.08	13.11	0.00	7,083.97	314.84
3(3-1($\lambda=0$))	6,996.50	17.48	2.12	6,981.14	417.67
4(3-1($\lambda=2$))	6,895.92	21.84	0.66	6,874.74	524.07
5(3-2($\lambda=0$))	6,895.92	21.84	1.33	6,875.40	523.41
6(3-2($\lambda=2$))	6,694.76	30.58	0.00	6,664.18	734.63
7(2-1($\lambda=0$))	7,097.08	8.74	3.58	7,091.92	306.90
8(2-1($\lambda=2$))	6,996.50	11.65	2.12	6,986.97	411.84
9(3-1E=1/2 ($\lambda=0$))	7,197.66	8.74	5.03	7,193.95	204.86
10(3-1E=1/2 ($\lambda=2$))	7,147.37	10.92	4.30	7,140.75	258.06

หมายเหตุ: ค่าไฟฟ้าในที่นี้คิดเฉพาะค่า energy เท่านั้น กล่าวคือ ราคา x ปริมาณ



2. ผลการเปรียบเทียบการลดโหลดการใช้ของแต่ละสถานการณ์

เมื่อทำการเปรียบเทียบการลดโหลดการใช้ของแต่ละสถานการณ์ได้ในตาราง 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสถานการณ์ที่ 6 จะมีร้อยละการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) มากที่สุด ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย และมีค่าปรับ 2 บาทต่อหน่วย แต่เนื่องจากมีค่าดัชนีการกักการสูญเสียเท่ากับ 2 รองลงมาคือสถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 5 ซึ่งทั้งสองสถานการณ์มีร้อยละของการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) เท่ากัน เนื่องจากสถานการณ์ที่ 4 และสถานการณ์ที่ 5 มีค่าตอบแทนเท่ากัน แต่สถานการณ์ที่ 4 มีค่าปรับน้อยกว่าสถานการณ์ที่ 5 เท่ากับ 2 เท่า แต่สถานการณ์ที่ 4 มีค่าดัชนีการกักการสูญเสียมากกว่าสถานการณ์ที่ 5 เท่ากับ 2 เท่า จึงมีผลทำให้ทั้งสองสถานการณ์มีร้อยละของการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) เท่ากัน

หากทำการเปรียบเทียบกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นคือกรณีสถานการณ์ที่ 3 กับสถานการณ์

ที่ 9 และกรณีสถานการณ์ที่ 4 กับสถานการณ์ที่ 10 จะพบว่า เมื่อค่าความยืดหยุ่นทั้งค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งแล้วจะมีผลทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดมีร้อยละของการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) ร้อยละของการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) และ Load Factor น้อยกว่ากรณีเดิม แต่มี Peak to Valley Distance มากกว่าเดิม

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่าดัชนีการกักการสูญเสียกับกรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกักการสูญเสีย แล้วจะพบว่า ในกรณีที่มีค่าดัชนีการกักการสูญเสียแล้วจะมีผลทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดมีร้อยละของการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) ร้อยละของการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) และ Load Factor น้อยกว่ากรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกักการสูญเสีย แต่มี Peak to Valley Distance น้อยกว่า

ตาราง 4 การเปรียบเทียบการลดโหลดของแต่ละสถานการณ์

Scenario	Peak (MW)	Peak Reduction (%)	Energy Consumption (MWh)	Energy Reduction (%)	Load Factor (%)	Peak to Valley Distance (MW)
1(Initial)	79,453.52	0.00	1,700,781.14	0.00	89.19	19,768.72
2(3-0)	75,084.62	5.50	1,647,371.53	3.14	91.42	15,071.63
3(3-1($\lambda=0$))	73,628.32	7.33	1,629,568.33	4.19	92.22	13,505.93
4(3-1($\lambda=2$))	72,172.02	9.16	1,611,765.13	5.23	93.05	11,940.24
5(3-2($\lambda=0$))	72,172.02	9.16	1,611,765.13	5.23	93.05	11,940.24
6(3-2($\lambda=2$))	69,259.42	12.83	1,576,158.73	7.33	94.82	11,420.05
7(2-1($\lambda=0$))	75,084.62	5.50	1,647,371.53	3.14	91.42	15,071.63
8(2-1($\lambda=2$))	73,628.32	7.33	1,629,568.33	4.19	92.22	13,505.93
9(3-1E=1/2($\lambda=0$))	76,540.92	3.67	1,665,174.74	2.09	90.65	16,637.32
10(3-1E=1/2($\lambda=2$)) ($\lambda=2$)	75,812.77	4.58	1,656,273.13	2.62	91.03	15,854.48



3. ผลการเปรียบเทียบดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ของแต่ละสถานการณ์

เมื่อทำการคำนวณดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ (Strategy Success Index: SSI) แล้วทำการเรียงลำดับของสถานการณ์ทั้ง 10 สถานการณ์แล้ว ได้ผลการศึกษาดังในตาราง 5 ซึ่งจะพบว่า สถานการณ์ที่ 6 มีค่าดัชนีความสำเร็จมากที่สุดทั้งกรณีร้อยละการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) กรณีร้อยละของการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) ดัชนีความสำเร็จของ Load Factor และดัชนีความสำเร็จของ Peak to Valley Distance รองลงมาคือสถานการณ์ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

หากทำการเปรียบเทียบกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นคือกรณีสถานการณ์ที่ 3 กับสถานการณ์ที่ 9 และกรณีสถานการณ์ที่ 4 กับสถานการณ์ที่ 10 จะพบว่าเมื่อค่าความยืดหยุ่นทั้งค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งแล้วจะมีผลทำให้ดัชนีความสำเร็จน้อยกว่ากรณีค่าความยืดหยุ่นเดิม

หากทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียกับกรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย แล้วจะพบว่า ในกรณีที่มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียแล้วจะมีผลทำให้ดัชนีความสำเร็จมากกว่ากรณีไม่มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย

ตาราง 5 การเรียงลำดับสถานการณ์ตามดัชนีวัดความสำเร็จ (Strategy Success Index: SSI)

Scenario	Strategy							
	Peak Reduction (%)		Energy Reduction (%)		Load Factor (%)		Peak to Valley	
	SSI (%)	Priority	SSI (%)	Priority	SSI (%)	Priority	SSI (%)	Priority
1(initial)	0.0	10	0.0	10	0.0	10	0.0	10
2(3-0)	18.4	6	18.4	6	41.3	6	56.6	6
3(3-1($\lambda=0$))	32.5	4	32.5	4	55.3	4	67.2	4
4(3-1($\lambda=2$))	51.0	2	51.0	2	70.0	2	74.6	2
5(3-2($\lambda=0$))	50.9	3	50.9	3	69.9	3	74.5	3
6(3-2($\lambda=2$))	100.0	1	100.0	1	100.0	1	100.0	1
7(2-1($\lambda=0$))	17.9	7	17.9	7	40.3	7	55.1	7
8(2-1($\lambda=2$))	32.0	5	32.0	5	54.5	5	66.3	5
9(3-1E=1/2 ($\lambda=0$))	8.0	9	8.0	9	26.7	9	40.6	9
10(3-1E=1/2 ($\lambda=2$))	12.5	8	12.5	8	33.7	8	48.8	8

สรุปและอภิปรายผล (Conclusion and Discussion)

การศึกษานี้ต้องการทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้มาตรการประมูลกำลังไฟฟ้า (Capacity Bidding Program: CBP) กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าช่วงสูงสุดในปี 2560 โดยประยุกต์แบบจำลองจากงานของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010,

pp. 245-246) โดยเพิ่มการพิจารณาถึงพฤติกรรม การกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion) ตามงานของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, pp. 1-6) และเพิ่มการพิจารณาถึงกรณีมีการคิดค่าปรับเข้าไปในแบบจำลองด้วย ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแบบจำลองได้ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของทุกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า



และทุกระดับแรงดันเป็นตัวแทนค่าพลังงานไฟฟ้า ในช่วง Peak และ ช่วง Off Peak โดยสมมติให้ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak เหมือนกับค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ตามงานของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 4) ส่วนค่าดัชนีการกลัวการสูญเสีย (Loss Aversion Index) หรือค่า λ เท่ากับ 2 ตามการศึกษาที่ผ่านมา (Mohajeryami, Schwarz and Baboli, 2015, p. 5; Thaler, 2016, p. 67) ซึ่งหมายความว่า การสูญเสียจะทำให้เกิดความเจ็บปวดมากกว่าความสุขของการได้รับถึง 2 เท่า และสมมติให้ผู้เข้าร่วมมาตรการตอบสนองด้านโหลดทำสัญญาว่าจะลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 10% ของการใช้ไฟฟ้า และมาตรการตอบสนองด้านโหลดมีการเรียกให้ลดการใช้ไฟฟ้า 1 ชั่วโมง คือเวลา 21.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพียงวันเดียว

โดยทำการจำลองสถานการณ์เป็น 10 สถานการณ์ สถานการณ์ที่ 1 (Initial) คือกรณีเริ่มต้นก่อนใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด สถานการณ์ที่ 2 ($3-0$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยไม่มีค่าปรับ ซึ่งเป็นกรณีที่การไฟฟ้าใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลดในปี 2560 สถานการณ์ที่ 3 ($3-1(\lambda=0)$) และสถานการณ์ที่ 4 ($3-1(\lambda=2)$) คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย เหมือนกันแต่ในสถานการณ์ที่ 3 ($3-1(\lambda=0)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 0 ส่วนในสถานการณ์ที่ 4 ($3-1(\lambda=2)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2 สถานการณ์ที่ 5 ($3-2(\lambda=0)$) และสถานการณ์ที่ 6 ($3-2(\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 2 บาท/หน่วย แต่ในสถานการณ์ที่ 5 ($3-2(\lambda=0)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 0 ส่วนในสถานการณ์ที่ 6 ($3-2(\lambda=2)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2 สถานการณ์ที่ 7 ($2-1(\lambda=0)$) และสถานการณ์ที่ 8

($2-1(\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 2 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย แต่ในสถานการณ์ที่ 7 ($2-1(\lambda=0)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 0 ส่วนในสถานการณ์ที่ 8 ($2-1(\lambda=2)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2 สถานการณ์ที่ 9 ($3-1E=1/2(\lambda=0)$) และสถานการณ์ที่ 10 ($3-1E=1/2(\lambda=2)$) คือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทนเท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย และให้ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง On Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งจากตาราง 2 แต่ในสถานการณ์ที่ 9 ($3-1E=1/2(\lambda=0)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 0 ส่วนสถานการณ์ที่ 10 ($3-1E=1/2(\lambda=2)$) มีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2

จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐกิจของแต่ละสถานการณ์ และทำเปรียบเทียบดัชนีความสำเร็จของกลยุทธ์ของแต่ละสถานการณ์ โดยคำนวณดัชนีความสำเร็จของร้อยละการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) ดัชนีความสำเร็จของร้อยละการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) ดัชนีความสำเร็จของ Load Factor และดัชนีความสำเร็จของ Peak to Valley Distance แล้วทำการเรียงลำดับสถานการณ์ที่มีค่าดัชนีความสำเร็จมากไปน้อย

ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สถานการณ์ที่ 6 ($3-2(\lambda=2)$) ซึ่งคือกรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 2 บาท/หน่วย และมีค่าดัชนีการกลัวการสูญเสียเท่ากับ 2 มีค่าดัชนีความสำเร็จมากที่สุดทั้งกรณีร้อยละการลดลงของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction) กรณีร้อยละของการลดลงของการบริโภคพลังงาน (Energy Reduction) ดัชนีความสำเร็จของ Load Factor และดัชนีความสำเร็จของ Peak to Valley Distance รองลงมาคือสถานการณ์ที่ 4 คือ กรณีใช้มาตรการตอบสนองด้านโหลด (CBP) โดยให้ค่าตอบแทน เท่ากับ 3 บาท/หน่วย โดยมีค่าปรับเท่ากับ 1 บาท/หน่วย



และมีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียเท่ากับ 2 และ สถานการณ์ที่ 5 ($3-2(\lambda=0)$) ซึ่งเหมือนสถานการณ์ที่ 6 เพียงแต่มีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสียเท่ากับ 0 ตามลำดับ

หากทำการเปรียบเทียบกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นคือกรณีสถานการณ์ที่ 3 กับสถานการณ์ที่ 9 และกรณีสถานการณ์ที่ 4 กับ สถานการณ์ที่ 10 จะพบว่าเมื่อค่าความยืดหยุ่นทั้ง ค่าความยืดหยุ่นช่วงเวลาเดียว (Self Elasticity) และ ความยืดหยุ่นข้ามเวลา (Cross Elasticity) ในช่วง Peak และ Off Peak ลดลงครึ่งหนึ่งแล้วจะมีผลทำให้ ดัชนีความสำเร็จน้อยกว่ากรณีค่าความยืดหยุ่นเดิม และหากทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่มีค่าดัชนี การกลั้วการสูญเสียกับกรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกลั้ว การสูญเสีย แล้วจะพบว่า ในกรณีที่มีค่าดัชนีการกลั้ว การสูญเสียแล้วจะมีผลทำให้ดัชนีความสำเร็จมากกว่า กรณีที่ไม่มีค่าดัชนีการกลั้วการสูญเสีย

ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมาแล้ว พบว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าตอบแทนและ ค่าปรับในสถานการณ์ที่ไม่มีกรณีการกลั้วการสูญเสียจะ สอดคล้องกับการศึกษาของ Aalami, Yousefi and Moghaddam (2008, pp. 4-6); Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, pp. 248-250); Zarei (2012, pp. 42-44) กล่าวคือ หากมีค่าตอบแทนมากขึ้น จะทำให้ Peak to Valley Distance ลดลง และ ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นในสถานการณ์ ที่ไม่มีกรณีการกลั้วการสูญเสียจะสอดคล้องกับผลการศึกษา ของ Aalami, Moghaddam and Yousefi (2010, p. 249) กล่าวคือ หากมีความยืดหยุ่นมากขึ้นจะทำให้ มีการลดการใช้ไฟฟ้าลงมากขึ้น ขณะที่ผลของการกลั้ว การสูญเสีย แตกต่างจากงานของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015, p. 5) เนื่องจาก การศึกษานี้ใส่ดัชนีการกลั้วการสูญเสียที่ค่าปรับ กล่าวคือผู้ใช้ไฟฟ้าจะกลั้วการเสียค่าปรับมากกว่า การได้รับค่าตอบแทน ดังนั้นเมื่อมีการพิจารณา การกลั้วการสูญเสียแล้วผู้ใช้ไฟฟ้าจะลดการใช้ไฟฟ้า ลงมากขึ้นกว่ากรณีไม่มีกรณีการกลั้วการสูญเสีย แต่งาน ของ Mohajeryami, Schwarz and Baboli (2015,

pp. 1-6) ใส่ดัชนีการกลั้วการสูญเสียที่ค่าตอบแทน เนื่องจากมาตรการอัตราค่าไฟฟ้าส่วนลดช่วงวิกฤต (Peak Time Rebate) ไม่มีค่าปรับ ซึ่งในงานดังกล่าว การกลั้วการสูญเสียคือ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะกลั้วการลดการใช้ ไฟฟ้ามากกว่าการได้รับค่าตอบแทน ซึ่งเมื่อมีการเพิ่ม การพิจารณาการกลั้วการสูญเสียแล้วทำให้มีการลด การใช้ไฟฟ้าน้อยกว่ากรณีไม่มีกรณีการกลั้วการสูญเสีย

จากผลการศึกษาจะพบว่า ความสำเร็จในการ ดำเนินมาตรการตอบสนองด้านโหลด จะขึ้นอยู่กับ ค่าตอบแทน ค่าปรับ ค่าความยืดหยุ่นทั้งความยืดหยุ่น ช่วงเวลาเดียวกันและความยืดหยุ่นข้ามช่วงเวลา และ ยังขึ้นอยู่กับกรณีการกลั้วการสูญเสียด้วย โดยถ้าหาก มาตรการตอบสนองด้านโหลดมีการจ่ายค่าตอบแทน มากขึ้น มีการเสียค่าปรับมากขึ้น จะทำให้ผู้เข้าร่วม มาตรการทำการลดการใช้ไฟฟ้ามากขึ้น แต่อย่างไร ก็ตามในการนำไปใช้แล้วก็ต้องทำการพิจารณา ทางด้านต้นทุนในการดำเนินมาตรการประกอบด้วย นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่า มาตรการตอบสนอง ด้านโหลดยังขึ้นอยู่กับมีค่าความยืดหยุ่นด้วย โดยถ้ามี ค่าความยืดหยุ่นมากขึ้นจะทำให้มีการตอบสนองด้าน โหลดมากขึ้นด้วย แต่ค่าความยืดหยุ่นจะแตกต่างกันไป ตามกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าและประเภทธุรกิจ เนื่องจาก มีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกัน ดังนั้นการ ตอบสนองด้านโหลดจึงจะแตกต่างกันไปด้วย และ ผลการศึกษาพบว่า ถ้าหากผู้เข้าร่วมมาตรการ ตอบสนองด้านโหลดมีการกลั้วการสูญเสียแล้ว จะทำให้ผู้เข้าร่วมมาตรการทำการลดการใช้ไฟฟ้า มากขึ้นด้วย โดยในการศึกษานี้ทำการเพิ่มดัชนีการ กลั้วการสูญเสียเข้าไปในค่าปรับ ซึ่งถ้ามีค่าปรับและ การกลั้วการสูญเสียแล้วจะทำให้มีการลดการใช้ไฟฟ้า มากขึ้น ดังนั้นถ้าหากทางการไฟฟ้าใช้มาตรการ ตอบสนองด้านโหลดอาจทำการพิจารณาถึงค่าความ ยืดหยุ่นและการคิดค่าปรับด้วย แต่อย่างไรก็ตาม จะต้องพิจารณาถึงการกลั้วการสูญเสียในการเข้าร่วม มาตรการด้วย เนื่องจากผู้กำลังตัดสินใจจะเข้า มาตรการอาจจะกลัวที่จะเสียค่าปรับมากกว่า ค่าตอบแทนที่จะได้รับก็อาจจะไม่เข้าร่วมมาตรการ ก็ได้



บรรณานุกรม (Bibliography)

- Aalami, H. A., Moghaddam, M. P. and Yousefi, G. R. (2010). Demand response modeling considering interruptible/curtailable loads and capacity market programs. **Applied Energy**, 87(1), 243-250.
- Aalami, H. A., Yousefi, G. R. and Moghaddam, M. P. (lecturer). (April 21-24, 2008). Demand response model considering EDRP and TOU programs. In **Transmission and Distribution Conference and Exposition** (pp. 1-6). Chicago: IEEE/PES.
- Energy Policy and Planning office. (March 3, 2016). **Demand response**. Retrieved February 7, 2018, from <http://www.eppo.go.th/index.php/th/electricity/define-electricity/demand-response>
- Energy Policy and Planning office. (February 24, 2017). **Emergency demand response program: EDRP**. Retrieved January 20, 2018, from <http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/climatechange/thailand/eqmpln/item/11983>
- Jirapraditkul, V. (Lecturer). (September 6, 2017). Energy 4.0 the chance of Thai industries. In **Energy Symposium 2017** (pp. 1-20). Bangkok: Centara Grand at Central Plaza Ladprao.
- Jitmaneroj, B. (2011). Behavioural finance. **Thailand Economic and Business Review**, 7(3), 12-15.
- Khajavi, P., Arani, A. B. and Monsef, H. (Lecturer). (May 8-11, 2011). Identification of appropriate buses for implementation of smart grid in order to improve system efficiency. In **10th International Conference on Environment and Electrical Engineering** (pp. 1-4). Rome: SGM Conference center.
- Kobberling, V. and Wakker, P. P. (2005). An index of loss aversion. **Journal of Economic Theory**, 122(1), 119-131.
- Marwan, M., Ledwich, G., Ghosh, A. and Kamel, F. (Lecturer). (Nov 13-16, 2011). Integrating electrical vehicles to demand side response scheme in Queensland Australia. In **2011 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies** (pp. 1-6). Perth: The Pan Pacific Hotel.
- Mohajeryami, S., Schwarz, P. and Baboli, P. T. (Lecturer). (Oct 4-6, 2015). Including the behavioral aspects of customers in demand response model: Real time pricing versus peak time rebate. In **North American Power Symposium (NAPS)** (pp. 1-6). Charlotte: The University of North Carolina.
- News Term TCIJ. (March 5, 2017). **Open the plan of Ministry of Energy use 'demand response' to reduce the electricity peak in 2017**. Retrieved January 24, 2018, from <https://www.tcijthai.com/news/2017/3/scoop/6810>
- PG & E. (February 21, 2013). **Capacity bidding program**. Retrieved February 26, 2018, from https://www.pge.com/en_US/business/save-energy-money/energy-management-programs/third-party-programs/capacity-bidding.page
- Pongwirittthon, R., Chongesiriroj, S., Pakvipas, P. and Kantawongwan, B. (2017). Information system development for community management on hydroelectric energy: Doi Pu Muen. **Journal of Business, Economics and Communications**, 12(2), 79-92.
- Provincial Electricity Authority. (July 31, 2017). **Electricity tariffs**. Retrieved January 1, 2018, from <https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/Rate2015Update.pdf>



- Thaler, R. H. (2016). **Behavioral economics: New economics look at people far more than economic animals.** (Tulayasathien, S. and Kusolvititkul, P., Trans.). Bangkok: openworlds. (Original work published 2015).
- Zarei, A. (2012). Evaluation of emergency demand response programs based on power model in power systems. **International Journal of Academic Research in Applied Science**, 1(4), 35-46.