วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 29 ฉบับที่ 4 ต.ค.–ธ.ค. 2562
The Journal of KMUTNB., Vol. 29, No. 4, Oct.–Dec. 2019

บทความวิจัย

การจัดการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มตัวอย่างศึกษาสำหรับโรงสีข้าว โรงแรม และโรงน้ำแข็ง

นพรัตน์ เกตุขาว* และ วิชญ์พล ฟักแก้ว
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 5446 6666 ต่อ 3375 อีเมล: nopparat.ka@up.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.09.003
รับเมื่อ 31 มกราคม 2562 แก้ไขเมื่อ 13 พฤษภาคม 2562 ตอบรับเมื่อ 24 มิถุนายน 2562 เผยแพร่ออนไลน์ 6 กันยายน 2562
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการจัดการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟฟ้าของกิจการขนาดกลาง โดยการนำข้อมูลโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคปี พ.ศ. 2558 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับแรงดันไฟฟ้า 22–33 กิโลโวลต์มาวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังได้นำข้อมูลค่าไฟฟ้าของกลุ่มกิจการขนาดกลางในเขตภาคเหนือจำนวน 36 แห่ง ประกอบด้วยโรงแรม 12 แห่ง โรงน้ำแข็ง 12 แห่ง และโรงสีข้าว 12 แห่ง มาศึกษาศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าตามแนวทางการจัดการใช้ไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า พบว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) ต่ำกว่า 0.4 หรือมีค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่า 0.09 จะมีค่าไฟฟ้าเมื่อคิดจากอัตรา TOU ถูกกว่าอัตราปกติเสมอ และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอัตรา TOU สามารถลดค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยได้สูงสุดประมาณ 25 สตางค์ เมื่อสามารถลดสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 20% ส่วนค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าพลังไฟฟ้าจะแปรผันกับค่าสัดส่วนพลังไฟฟ้า (P_{Peak}/P) และค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} ที่เหมาะสมนั้นไม่ควรจะต่ำกว่า 0.6 จากผลการศึกษาข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 36 แห่ง พบว่ากิจการที่ใช้ไฟฟ้าอัตราปกติเดิม จะมีศักยภาพสูงในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้เป็นอัตรา TOU และกลุ่มกิจการตัวอย่างที่นำมาศึกษาทั้งสามกลุ่ม มีศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า

คำสำคัญ: การจัดการใช้ไฟฟ้า การลดค่าไฟฟ้า อัตราค่าไฟฟ้า ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า

การอ้างอิงบทความ: นพรัตน์ เกตุขาว และ วิชญ์พล ฟักแก้ว, "การจัดการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มตัวอย่างศึกษาสำหรับโรงสีข้าว โรงแรม และโรงน้ำแข็ง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 29, ฉบับที่ 4, หน้า 542–551, ต.ค.–ธ.ค. 2562.

Research Article

Power Consumption Management of Sample Enterprises in Rice Mill Factories, Hotels and Ice Factories

Nopparat Katkhaw* and Wichaphon Fakkaew
Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, University of Phayao, Phayao, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 5446 6666 Ext. 3375, E–mail: nopparat.ka@up.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2019.09.003
Received 31 January 2019; Revised 13 May; Accepted 24 June 2019; Published online: 6 September 2019
© 2019 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This research aims to study a potential of electricity cost saving by power consumption management of the medium enterprises according to the grid at the voltage level of 22-33 kV. The study was conducted on the basis of the 2016 tariff rate. To demonstrate the potential bill savings, the electricity bills of 36 medium enterprises, including 12 hotels, 12 ice factories, and 12 rice mill factories, in the north of Thailand were analyzed to provide guidelines for managing utility bills and energy costs From the study of the electricity tariff, the results show that any medium enterprises with the electricity energy ratio (kWh_P/kWh_{Total}) lower than 0.4 or the load factor lower than 0.09 will have the electricity bill under TOU rate lower than that under Two-part-tariff. In order to reduce the energy cost up to a maximum of 0.25 baht/unit, the electric energy ratio (kWh_P/kWh_{Total}) must be decreased by 20%. The appropriate load factor for controlling the demand charge is directly proportional to power ratio (P_{Peak}/P). Then, the appropriate load factor of P_{Peak} should be over 0.6. According to the analysis of those electricity bill samples, the enterprises that use a two-part-tariff show a significant potential to reduce the electricity cost by changing the electricity rate to TOU rate. Furthermore, all sample enterprises show the potential to reduce the electricity cost by increasing load factor.

Keywords: Power Consumption Management, Electricity Bill Saving, Electricity Tariff, Load Factor

Please cite this article as: N. Katkhaw, and W. Fakkaew, "Power consumption management of sample enterprises in rice mill factories, hotels and ice factories," *The Journal of KMUTNB*, vol. 29, no. 4, pp. 542–551, Oct.–Dec. 2019 (in Thai).

1. บทนำ

ค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นต้นทุนสำคัญในการประกอบธุรกิจในปัจจุบัน การคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นจะแบ่งคิดตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 8 ประเภท โดยกิจการขนาดกลางนั้นจัดอยู่ในประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง หรือประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง โดยสามารถศึกษาวิธีการคิดค่าไฟฟ้าเพิ่มเติมทั้งหมดได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] การจัดการใช้ไฟฟ้านั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การเพิ่มค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า ลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา On-Peak (อัตรา TOU) และการเลือกประเภทอัตราค่าไฟฟ้าให้เหมาะสม มีผู้วิจัยหลายคนที่ศึกษาการลดค่าไฟฟ้าโดยใช้ข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าตามแนวทางการจัดการใช้ไฟฟ้า โดย จิรวัฒน์ [2] ได้ศึกษาการเลือกอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง พบว่าโรงงานที่รับไฟฟ้าด้านแรงดันสูง 12–24 กิโลโวลต์ และมีการเดินเครื่องในช่วง 8.00–17.00 น. หรือมีการเดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมง จะมีค่าไฟฟ้าเมื่อคิดจากอัตราแบบปกติถูกกว่าอัตรา TOU เสมอ ส่วนอัมพร [3] ได้ศึกษาโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับอาคารพาณิชย์ จำนวน 30 แห่ง พบว่าอาคารประเภทสำนักงานและห้างสรรพสินค้าควรเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOD ส่วนโรงแรมควรเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ เนื่องจากมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่สอดคล้องกับโครงสร้างการคิดค่าไฟฟ้าดังกล่าว นอกจากนี้ Loganthuri *et al*. [4] ได้อธิบายถึงการเพิ่มค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor) ที่จะทำให้สามารถใช้ไฟฟ้าได้อย่างคุ้มค่า ทำให้ราคาค่าไฟฟ้าต่ำลง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเองก็ได้แนะนำค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้ารายเดือนที่เหมาะสมไว้ที่ไม่น้อยกว่า 0.8 [5] ส่วนเว็บไซต์ Power Planet [6] ได้แนะนำค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้ารายเดือนที่เหมาะสมไว้ที่ไม่น้อยกว่า 0.75 โดยค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าระหว่าง 0.2–0.35 เป็นค่าที่แสดงถึงการมีศักยภาพสูงในการลดค่าไฟฟ้า ส่วนค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่า 0.2 เป็นค่าที่แสดงถึงการมีศักยภาพสูงมากและง่ายในการลดค่าไฟฟ้า

ในการวางแผนลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้าควรเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำได้ง่าย โดยที่ยังไม่ต้องทำการตรวจวัด ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าจัดทำขึ้นให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง 4 กิจการขนาดใหญ่ และ 5 กิจการเฉพาะอย่าง นั้นมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์มาก ประกอบไปด้วย ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า พลังไฟฟ้าสูงสุดแยกตามช่วงเวลา พลังงานไฟฟ้าแยกตามช่วงเวลา ค่ากิโลวัตต์ และค่าปรับต้นทุนการผลิต (Ft) ซึ่งผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการลดค่าไฟฟ้าได้ จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยผ่านโครงการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ พบว่าอาคารกิจการขนาดกลางในเขตภาคเหนือนั้น ยังมีศักยภาพภาพในการลดค่าไฟฟ้าได้โดยการจัดการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสม แต่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังไม่ตระหนักรู้เนื่องจากขาดความรู้เบื้องต้นในการวิเคราะห์ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ทำให้ต้องแบกรับต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและนำเสนอศักยภาพการประหยัดค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับแรงดันตั้งแต่ 22–33 กิโลโวลต์ เพื่อให้ผู้ประกอบการหรือผู้เชี่ยวชาญการอนุรักษ์พลังงานนำไปใช้กำหนดแนวทางในการจัดการใช้ไฟฟ้า นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าในรอบ 12 เดือน ของอาคารกิจการขนาดกลางในเขตภาคเหนือ จำนวน 3 กลุ่มกิจการ คือ กลุ่มกิจการประเภทโรงแรม กลุ่มกิจการประเภทโรงน้ำแข็ง และกลุ่มกิจการประเภทโรงสีข้าว มาศึกษาถึงศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าตามแนวทางการจัดการใช้ไฟฟ้า

2. วิธีการวิจัย

2.1 ข้อมูลเบื้องต้น: อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับกิจการขนาดกลาง

สำหรับกิจการขนาดกลางที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ จะถูกจัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 (หรือ 5 สำหรับกิจการประเภทโรงแรม) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้แบ่งวิธีการคิดค่าไฟฟ้าของกิจการประเภทนี้ไว้ 2 แบบ คือ อัตราปกติ (Two-part-tariff) และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate; TOU) โดยแต่ละแบบจะมีการคิดค่าไฟฟ้าตามโครงสร้าง

อัตราค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558 ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ ปี พ.ศ. 2558

1. อัตราปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์) (a_N)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย) (b_N)	ค่าบริการ (บาท)
1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์	175.70	3.1355	312.24
1.2 แรงดันตั้งแต่ 22-33 กิโลโวลต์	196.26	3.1729	312.24
1.3 แรงดันต่ำ 22 กิโลโวลต์	221.50	3.2009	312.24

ตารางที่ 2 ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ปี พ.ศ. 2558

2. อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์) (a_{TOU}) Peak	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท)
		(b_{TOU}) Peak	(c_{TOU}) Off Peak	
2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์	74.14	4.1283	2.6107	312.24
2.2 แรงดันตั้งแต่ 22–33 กิโลโวลต์	132.93	4.2097	2.6295	312.24
2.3 แรงดันต่ำ 22 กิโลโวลต์	210.00	4.3555	2.6627	312.24

โดยประเภทอัตราปกติ เป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราปกติอยู่เดิม และสามารถเลือกใช้อัตรา TOU ได้ แต่เมื่อเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราปกติอีกไม่ได้ โดยข้อกำหนดช่วงเวลาอัตรา TOU คือ

Peak: เวลา 9.00 น.–22.00 น. วันจันทร์–วันศุกร์ และวันพืชมงคล

Off Peak: เวลา 22.00 น.–9.00 น. วันจันทร์–วันศุกร์ และวันพืชมงคล

: เวลา 0.00 น–24.00 น. วันเสาร์–อาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการปกติ (ไม่รวมหยุดชดเชย)

2.2 การสร้างแบบจำลองสำหรับแนวทางในการเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้า

จากข้อมูลการคิดค่าไฟฟ้าในหัวข้อที่ 2.1 ในส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าที่รับแรงดันตั้งแต่ 22–33 กิโลโวลต์ สามารถนำมาเขียนเป็นสมการค่าไฟฟ้าฐานของแต่ละประเภทอัตราได้ดังนี้

2.2.1 ค่าไฟฟ้าฐานของประเภทอัตราปกติดังสมการที่ (1)

$$EC_N = a_N \cdot P + b_N \cdot kWh_{Total} \quad (1)$$

เมื่อ P คือ พลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)

2.2.3 ค่าไฟฟ้าฐานของประเภทอัตรา TOU ดังสมการที่ (2)

$$EC_{TOU} = a_{TOU} \cdot P_{Peak} + b_{TOU} \cdot kWh_{Peak} + c_{TOU} \cdot kWh_{Off\ Peak} \quad (2)$$

เมื่อ P_{Peak} คือ พลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Peak (kW)

การวิเคราะห์แนวทางการจัดการใช้ไฟฟ้าจากโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้านั้น จะนิยมศึกษาค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (LF) ค่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) และค่าสัดส่วนพลังไฟฟ้า (P_{Peak}/P) [7] ซึ่งสมการการคิดค่าไฟฟ้าในสมการที่ (1) และ (2) นั้นยังไม่ได้จัดให้อยู่ในรูปตัวแปรดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องจัดรูปสมการการคิดค่าไฟฟ้าของแต่ละประเภทอัตราใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับตัวแปรดังกล่าว

ค่าไฟฟ้าฐานเฉลี่ยต่อหน่วยของประเภทอัตราปกติที่สัมพันธ์กับค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (LF) สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3)

$$UR_N = b_N + \frac{a_N}{720LF} \quad (3)$$

ค่าไฟฟ้าฐานเฉลี่ยต่อหน่วยของประเภทอัตรา TOU ที่สัมพันธ์กับค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) และสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (4)

$$UR_{TOU} = c_{TOU} + \alpha(b_{TOU} - c_{TOU}) + \frac{a_{TOU}}{720LF_P} \quad (4)$$

และสามารถจัดให้อยู่ในรูปของสมการที่มีความสัมพันธ์กับค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (LF) ค่าสัดส่วนพลังไฟฟ้า (P_{Peak}/P) และสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) ได้ดังสมการที่ (5)

$$UR_{TOU} = c_{TOU} + \alpha(b_{TOU} - c_{TOU}) + \frac{a_{TOU}}{720}\frac{\rho}{LF} \qquad (5)$$

เมื่อ $UR_N = EC_N/kWh_{Total}$

$UR_{TOU} = EC_{TOU}/kWh_{Total}$

$LF = kWh_{Total}/(24\times30\times P)$

$LF_P = kWh_{Total}/(24\times30\times P_{Peak})$

$\alpha = kWh_P/kWh_{Total}$

$\rho = \mathrm{LF}/LF_P = P_{Peak}/P$

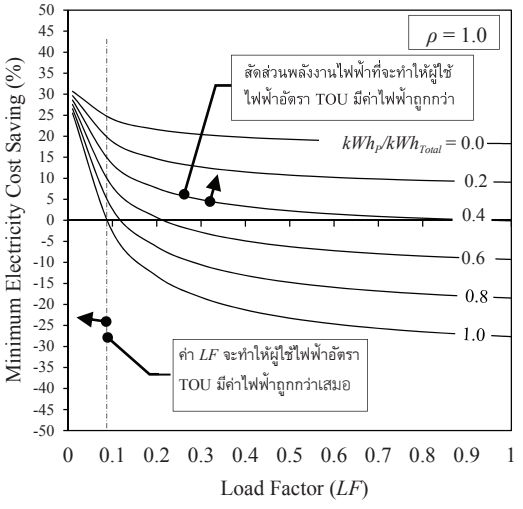
จากสมการที่ (3) ค่าไฟฟ้าฐานเฉลี่ยต่อหน่วยของประเภทอัตราปกติจะแปรผกผันกับค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (LF) เท่านั้น ส่วนค่าไฟฟ้าฐานเฉลี่ยต่อหน่วยของประเภทอัตรา TOU จะแปรผกผันกับค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (LF) และค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) และแปรผันตรงกับสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (α) และสัดส่วนพลังไฟฟ้า (ρ) ดังแสดงในสมการที่ (4) และ (5) การตัดสินใจเปลี่ยนประเภทอัตราค่าไฟนั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเลือกเปลี่ยนจากอัตราปกติไปเป็นอัตรา TOU ได้เท่านั้น ดังนั้นการเปรียบผลการลดค่าไฟฟ้าจากการเปลี่ยนประเภทอัตราค่าไฟสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6)

$$\delta = \frac{UR_N - UR_{TOU}}{UR_N}\times100 \qquad (6)$$

เมื่อ δ คือ ร้อยละของการประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเปลี่ยนการคิดค่าไฟฟ้าจากแบบอัตราปกติมาเป็นแบบอัตรา TOU

เมื่อแทนค่าสมการที่ (3) และ (5) ลงในสมการที่ (6) แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$\delta = \frac{(b_N - C_{TOU}) - \alpha(b_{TOU} - C_{TOU}) + \frac{1}{720LF}(a_N - \rho\cdot a_{TOU})}{b_N + \frac{a_N}{720LF}}\times100 \qquad (7)$$



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงผลการประหยัดค่าไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

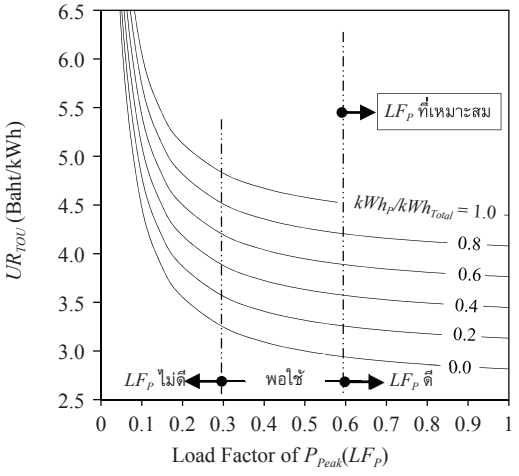
ซึ่งถ้า $\delta > 0$ แสดงว่าการเปลี่ยนการคิดค่าไฟจากแบบอัตราปกติ มาเป็นอัตรา TOU จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้

2.3 การสร้างแบบจำลองสำหรับแนวทางในการเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้า

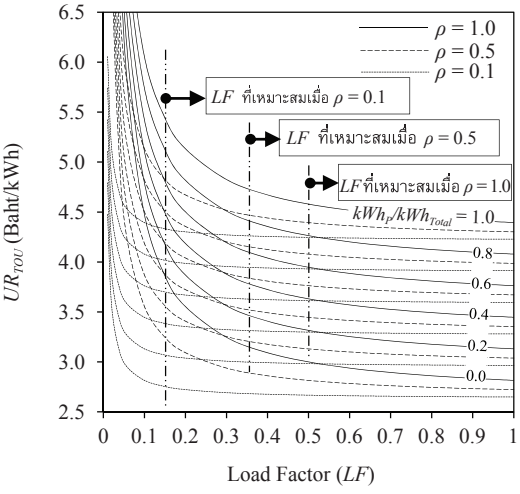
2.3.1 การพิจารณาเปลี่ยนประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

จากสมการที่ (7) สามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิผลประหยัดน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ (ρ = 1) ดังรูปที่ 1 จากรูปจะเห็นว่าเมื่อค่า α ต่ำกว่า 0.4 เมื่อเปลี่ยนประเภทค่าไฟฟ้าแล้วค่าไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเสมอ โดยจะมีค่าผลประหยัดค่าไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อค่า LF ลดลง และเมื่อค่า LF ต่ำกว่า 0.09 เมื่อเปลี่ยนประเภทค่าไฟฟ้าแล้ว ค่าไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเสมอ ไม่ว่าค่า α จะมีค่าเท่าใดก็ตาม โดยช่วงที่ LF ต่ำกว่า 0.09 จะเป็นช่วงที่มีศักยภาพสูงมากในการลดค่าไฟฟ้า เนื่องจากผลประหยัดค่าไฟฟ้าจะมีค่าสูงขึ้นมากเมื่อ LF มีค่าลดลง

ดังนั้นสำหรับกิจการที่ใช้ประเภทอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติอยู่เดิม หากตรวจสอบใบแจ้งนี้ค่าไฟฟ้าแล้วพบว่าค่า $kWh_P/kWh_{Total} < 0.4$ หรือ $LF < 0.09$ แสดงว่าสถานประกอบการมีแนวโน้มที่จะขอเปลี่ยนมาใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ได้ ซึ่งจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ทันที แต่ในกรณี



รูปที่ 2 (ก) แผนภูมิค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยเทียบกับ LF_P



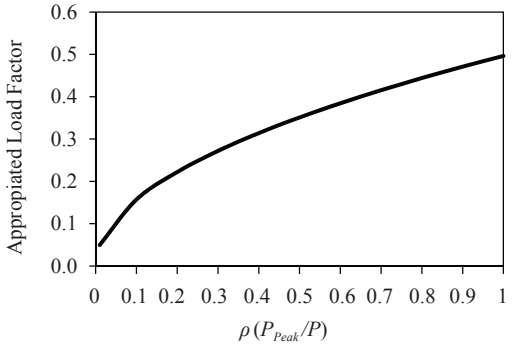
รูปที่ 2 (ข) แผนภูมิค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยเทียบกับ LF

ที่เงื่อนไขดังกล่าวไม่เป็นจริง สถานประกอบการก็สามารถใช้แผนภูมิในรูปที่ 1 ในการตรวจสอบอย่างละเอียดอีกครั้ง

2.3.2 การลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของผู้ใช้ประเภทอัตรา TOU

ค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยของประเภทอัตรา TOU จะขึ้นกับค่า α และค่า LF_P ดังสมการที่ (4) หรือขึ้นกับค่า α ค่า LF และค่า ρ ดังแสดงในสมการที่ (5) ซึ่งทั้งสองสมการสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยได้ดังรูปที่ 2

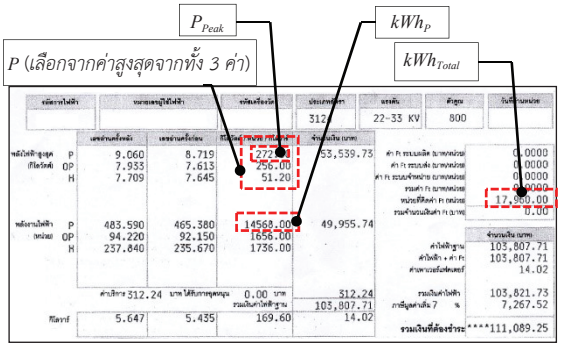
จากรูปที่ 2 (ก) และ (ข) จะเห็นว่าค่า UR_{TOU} จะลดลง



รูปที่ 3 ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สัดส่วนพลังไฟฟ้าต่างๆ

สูงสุดประมาณ 0.25 บาท เมื่อค่า α (kWh_P/kWh_{Total}) ลดลงเท่ากับ 0.2 และจากรูปที่ 2 (ก) จะเห็นว่าค่า UR_{TOU} จะเริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่ที่ LF_P ประมาณ 0.7 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าผู้ใช้ไฟฟ้าควรควบคุมให้ค่า LF_P มีค่ามากกว่า 0.6 แต่จากในรูปที่ 2 (ข) จะเห็นว่าค่า UR_{TOU} จะเริ่มมีค่าค่อนข้างคงที่ที่ LF ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับค่า ρ เช่น ที่ ρ เท่ากับ 1 ค่า UR_{TOU} จะเริ่มคงที่ที่ LF ประมาณ 0.6 ส่วนที่ ρ เท่ากับ 0.1 ค่า UR_{TOU} จะเริ่มคงที่ที่ LF ประมาณ 0.2 ซึ่งการหาค่า LF ที่เหมาะสมโดยประมาณนั้นทำได้โดยการหาอนุพันธ์ของสมการที่ (5) ณ จุดที่ทำให้ความชันของสมการมีค่าเท่ากับ –0.75 ซึ่งจะทำให้ได้ค่า LF ที่เหมาะสมที่ ρ ต่างๆ ได้ดังรูปที่ 3

การควบคุมค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้านั้นมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ลดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าพลังไฟฟ้า ลดการสูญเสียในระบบไฟฟ้า และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าของประเทศ [5], [8], [9] โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [5] ได้แนะนำว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการผลิต 24 ชั่วโมง ควรมีค่า LF มากกว่า 0.8 และผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการผลิต 13 ชั่วโมง ควรมีค่า LF มากกว่า 0.43 แต่จากรูปที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าค่า LF ของอัตรา TOU นั้นไม่ได้ขึ้นกับชั่วโมงใช้งาน แต่จะขึ้นกับค่า ρ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการผลิตในช่วงเวลา Off Peak วันละ 13 ชั่วโมง จะมีค่า ρ และ α เกือบจะเท่ากับศูนย์ เมื่อพิจารณาจากในรูปที่ 2 จะเห็นว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการลดค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าพลังไฟฟ้าควรจะควบคุมค่า LF ไม่ให้ต่ำกว่า 0.15 ก็เพียงพอแล้ว



รูปที่ 4 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า

3. ผลการวิจัย

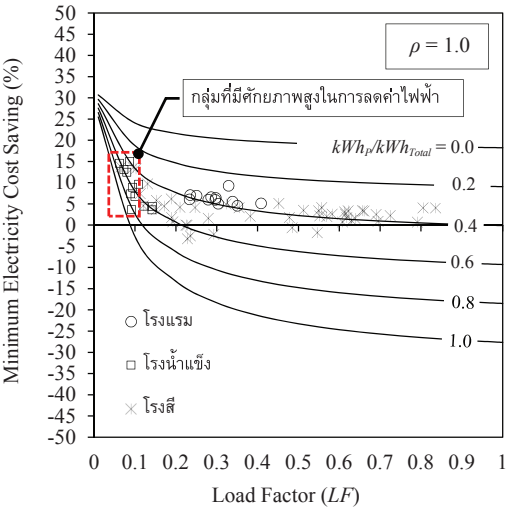
ศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าตามแนวทางการจัดการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง

คณะผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างกิจการขนาดกลางในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 หรือประเภทที่ 5 สำหรับกิจการประเภทโรงแรม โดยใช้หลักของการเลือกหน่วยตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non- probability Sampling) ประเภทการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบเจาะจง [10] โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มกิจการประเภทโรงแรม กลุ่มกิจการประเภทโรงน้ำแข็ง และกลุ่มกิจการประเภทโรงสีข้าว โดยมีจำนวนตัวอย่างแยกตามประเภทอัตราค่าไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 3 โดยนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าในรอบ 12 เดือนของแต่ละกิจการ มาหาแนวทางในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและศึกษาตัวค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า โดยมีตัวอย่างการอ่านข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 3 จำนวนกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลเบื้องต้น

ประเภทกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	จำนวนกิจการที่ใช้อัตราค่าไฟฟ้าแต่ละแบบ (แห่ง)	
	(แห่ง)	ปกติ	TOU
โรงแรม	12	1*	11
โรงน้ำแข็ง	12	1	11
โรงสีข้าว	12	4	8

*จดทะเบียนผู้ใช้ประเภทอัตรา 3.1.2 (โดยปกติโรงแรมจะเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5)



รูปที่ 5 ผลการประหยัดค่าไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

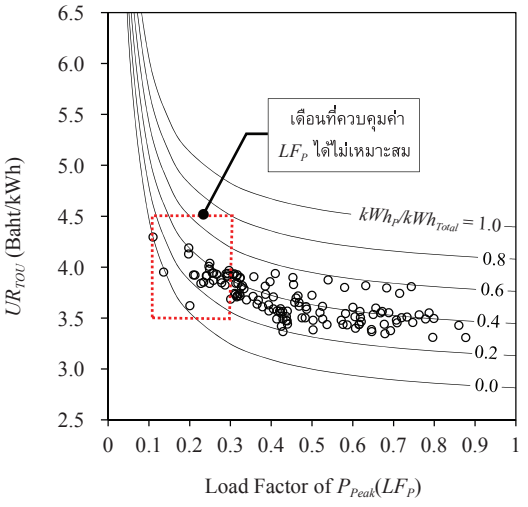
3.1 การพิจารณาเปลี่ยนประเภทอัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ประเภทอัตรา TOU

เมื่อนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราปกติในรอบ 1 ปี มา Plot ลงบนแผนภูมิ ก็จะสามารถหาค่าผลประหยัดค่าไฟฟ้าต่ำสุดเมื่อเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นแบบ TOU ได้ดังแสดงในรูปที่ 5

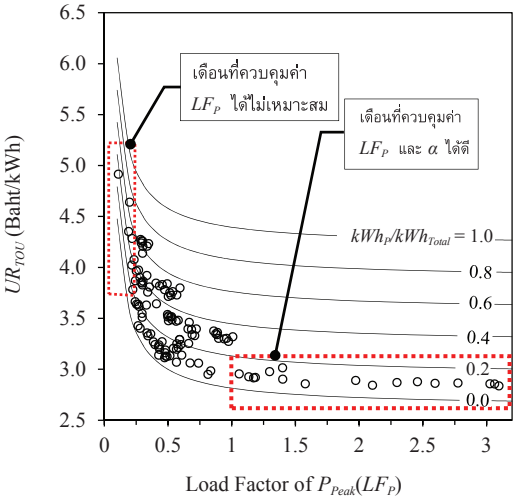
ผลจากการเปลี่ยนมาคำนวณการใช้ไฟฟ้าแบบอัตรา TOU อาจทำให้ค่าไฟฟ้ามีทั้งลดลงและเพิ่มขึ้น จากรูปจะเห็นว่ากิจการประเภทโรงน้ำแข็งเป็นกิจการที่มีผลประหยัดสูงมาก เนื่องจากเป็นกิจการที่มีค่า LF ต่ำมาก โดยลดลงได้สูงสุดถึง 15% ส่วนกิจการประเภทโรงแรมเป็นกิจการที่สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ระหว่าง 4.5–7% และกลุ่มกิจการโรงสีประเภทเป็นกิจการที่ค่าไฟฟ้ามีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง แต่ส่วนจะมีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า โดยส่วนใหญ่แล้วกลุ่มกิจการตัวอย่างที่ใช้อัตราปกติเดิมอยู่สามารถลดค่าไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนประเภทอัตราค่าไฟฟ้าได้ แต่ทั้งนี้ก็อาจจะใช้ไม่ได้กับทุกกิจการ ซึ่งผู้ประกอบการสามารถนำแผนภูมิในรูปที่ 1 ไปประเมินผลประหยัดต่ำสุดของกิจการตัวเองได้

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าผลการศึกษามีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Amporn [3] ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง นั้นมีลักษณะ



รูปที่ 6 (ก) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มกิจการประเภทโรงแรม



รูปที่ 6 (ข) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มกิจการประเภทโรงน้ำแข็ง

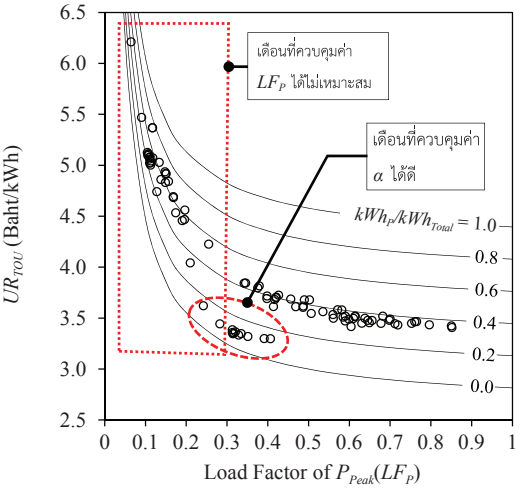
การใช้ไฟฟ้าที่มีความแตกต่างกับของงานวิจัยนี้ โดยกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีค่า LF อยู่ในช่วง 0.55–0.8 และมีค่า kWh_P/kWh_{Total} อยู่ในช่วง 0.5–0.62 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4 จะเห็นว่าเป็นช่วงที่ค่าไฟฟ้าจะสูงขึ้นเมื่อเปลี่ยนไปใช้แบบอัตรา TOU ทั้งนี้อาจเกิดจากกลุ่มโรงงานที่เลือกมาเป็นกลุ่มตัวอย่างนั้นมีสถานที่ตั้งแตกต่างกับของงานวิจัยนี้

3.2 การลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

จากข้อมูลในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าของแต่ละกิจการ เมื่อคำนวณหาค่า LF_P และค่า α แล้วนำมา Plot ลงในแผนภูมิค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยจะได้ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของทุกประเภทกิจการดังแสดงในรูปที่ 6

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่ากลุ่มกิจการประเภทโรงแรมมีค่า α (kWh_P/kWh_{Total}) อยู่ระหว่าง 0.2–0.6 โดยมีค่าเกาะกลุ่มอยู่ที่ประมาณ 0.4 ส่วนกิจการประเภทโรงน้ำแข็งมีค่า α อยู่ระหว่าง 0–0.6 และกิจการประเภทโรงสีมีค่า α อยู่ระหว่าง 0–0.8 โดยมีค่าเกาะกลุ่มอยู่ที่ประมาณ 0.4–0.6 จากข้อมูลจะเห็นว่าการใช้ไฟฟ้าบางเดือนของกิจการประเภทโรงสีและโรงน้ำแข็งที่สามารถควบคุมให้ α มีค่าต่ำได้ระหว่าง 0–0.2 จะทำให้เดือนดังกล่าวมีค่า UR_{TOU} ต่ำกว่าเดือนอื่นๆ

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ากลุ่มกิจการประเภทโรงแรมมีค่า



รูปที่ 6 (ค) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มกิจการประเภทโรงสี

UR_{TOU} ใกล้เคียงกันที่ประมาณ 3.5–4.0 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง เนื่องจากมีค่า α (kWh_P/kWh_{Total}) ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ส่วนกิจการประเภทโรงน้ำแข็งมีค่า UR_{TOU} ค่อนข้างกว้าง ตั้งแต่ 2.7–4.5 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง เนื่องจากกิจการประเภทนี้มีค่า LF_P และ α ที่ค่อนข้างต่างกันมาก ส่วนกิจการประเภทโรงสีเป็นกิจการที่มีค่า UR_{TOU} ค่อนข้างกว้างเช่นกัน โดยมีค่ากระจายอยู่ในช่วง 3.3–5.5 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง เนื่องจากกิจการจากกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีค่า LF_P ที่ค่อนข้างต่ำมาก

ในบางเดือน

จากข้อมูลจะพบว่ามีกิจการโรงน้ำแข็งบางแห่งที่ในบางเดือนแทบจะไม่มีการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา On Peak เลย ซึ่งทำให้ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) มีค่าสูงมาก และค่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) มีค่าต่ำมาก ซึ่งจะทำให้ค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยมีค่าต่ำมากๆ ด้วยเช่นกัน และจากรูปจะเห็นว่าการใช้ไฟฟ้าในบางเดือนของทั้ง 3 กลุ่มกิจการ มีค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) ต่ำกว่า 0.3 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เหมาะสม และมีศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าโดยการลดค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) ได้

4. อภิปรายผลและสรุป

จากผลการศึกษาโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2558 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตามหลักการจัดการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง และ 5 กิจการเฉพาะอย่าง ที่รับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 22–33 กิโลโวลต์ พบว่า

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) ต่ำกว่า 0.4 จะมีค่าไฟฟ้าเมื่อคิดจากอัตรา TOU ถูกกว่าอัตราปกติเสมอ และผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่า 0.09 จะมีค่าไฟฟ้าเมื่อคิดจากอัตรา TOU ถูกกว่าอัตราปกติเสมอ โดยผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่า 0.09 จะมีศักยภาพสูงมากในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU

2) ผู้ใช้ไฟฟ้าอัตรา TOU สามารถลดค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยได้ประมาณ 25 สตางค์ต่อการลดสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh_P/kWh_{Total}) ลง 20%

3) ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าพลังไฟฟ้าจะแปรผันกับค่าสัดส่วนพลังไฟฟ้า (P_{Peak}/P) ส่วนค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} (LF_P) ที่เหมาะสมนั้นไม่ควรจะต่ำกว่า 0.6

และจากการศึกษาศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยของกลุ่มกิจการตัวอย่าง ที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 5 จำนวน 36 แห่ง ประกอบด้วย กลุ่มกิจการประเภทโรงแรม จำนวน 12 แห่ง กลุ่มโรงน้ำแข็ง จำนวน 12 แห่ง และกลุ่มโรงสีข้าวจำนวน 12 แห่ง พบว่า

1) กิจการที่ใช้ไฟฟ้าอัตราปกติเดิม มีศักยภาพสูงในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ เป็นอัตรา TOU แต่ทั้งนี้ก็ควรตรวจสอบผลประหยัดจากแผนภาพที่ได้นำเสนออีกครั้ง

2) มีการใช้ไฟฟ้าในบางเดือนของทั้งสามกลุ่มกิจการที่มีค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak} ต่ำ ซึ่งเป็นการใช้ไฟฟ้าได้ไม่เหมาะสม และมีศักยภาพในการลดค่าไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าของ P_{Peak}

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น ผู้วิจัยได้จำกัดขอบเขตการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าเท่านั้น ส่วนกิจกรรมในการทำงานของแต่ละประเภทกิจการนั้น อยู่นอกเหนือจากขอบเขตที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงยังไม่ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับมาตรการในการลดค่าไฟฟ้าในที่นี้ แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ถูกนำเสนอในบทความนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางในการลดค่าไฟฟ้าของแต่ละกิจการต่อไปได้

สัญลักษณ์

a_N ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสำหรับอัตราปกติ (บาท/กิโลวัตต์)

a_{TOU} ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสำหรับอัตรา TOU (บาท/กิโลวัตต์)

b_N ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับอัตราปกติ (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

b_{TOU} ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับอัตรา TOU ในช่วง Peak (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

c_{TOU} ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับอัตรา TOU ในช่วง Off Peak (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

EC_N ค่าไฟฟ้าฐานสำหรับอัตราปกติ (บาท)

EC_{TOU} ค่าไฟฟ้าฐานสำหรับอัตรา TOU (บาท)

kWh_{Peak} พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งเดือนในช่วง Peak (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

$kWh_{Off\ Peak}$ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งเดือนในช่วง Off Peak (กิโลวัตต์ชั่วโมง)

kWh_{Total} พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งเดือน (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
LF ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor)
LF_P ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor) ของ P_{Peak}
P พลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์)
P_{Peak} พลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Peak (กิโลวัตต์)
UR_N ค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยของการคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)
UR_{TOU} ค่าไฟฟ้าฐานต่อหน่วยของการคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตรา TOU (บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง)
α สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง Peak ต่อพลังงานไฟฟ้ารวม
ρ สัดส่วนพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Peak ต่อพลังไฟฟ้าสูงสุด
δ ร้อยละของการประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเปลี่ยนการคิดค่าไฟฟ้าจากแบบอัตราปกติมาเป็นแบบอัตรา TOU

เอกสารอ้างอิง

[1] Provincial Electricity Authority. (2015, November). Electricity tariffs classified by electricity sector. Provincial Electricity Authority. Bangkok, Thailand [Online]. Available: https://esd.pea.co.th/pdf/electricity_rate_58_02.pdf

[2] J. Nuritanont, "Consideration of suitable rate selection of electricity charge for medium industries," *Engineering Transactions*, vol. 1, no. 2, pp. 181–185, 1998 (in Thai).

[3] A. Kunchornrat, "Suitability in using TOD and TOU rate for commercial buildings," M.S. thesis, Department of Energy Management Technology, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 1999 (in Thai).

[4] P. Loganthuri and S. A. Subbulakshmi, "New proposal to implement energy management technique in industries," in *Proceedings International conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET)*, Sivagangai, India, 2012, pp. 495–500.

[5] Tennessee Valley Public Power Association Research & Development. (1994). *Distribution System Loss Reduction Manual.* [Online]. Available: https://www.alexanderpublications.com/products/733b

[6] Power Planet-Electrical Management Systems. (2018, July). *Power Planet. Power Planet - Electrical Management Systems*. Fullerton, California [Online]. Available: http://www.demandcharge.com/Web_Pages/Articles/Electrical_Load_Factor.html.

[7] S. Kulwatnanchai, "Training documents; Total energy management activities to raise the level of energy efficiency for industry (Training Class 8th)," Department of Industry Promotion. 2008.

[8] Tennessee Valley Public Power Association Research & Development. (1994). *Distribution System Loss Reduction Manual*. [Online]. Available: https://www.alexanderpublications.com/products/733b

[9] R. Diewvilai, R. Nidhiritdhikrai, and B. Eua-arporn, "Impacts of demand side management on reserve margin for generation system planning," *Journal of Energy Research*, vol. 9, no. 1, pp. 17–29, 2012 (in Thai).

[10] Policy and Statistical Technique Division. (2012). *Sampling and Estimation Technique. National Statistical Office.Bangkok*, Thailand [Online]. Available: service.nso.go.th/nso/nsopublish/Toneminute/files/55/A3-16.pdf