

# ผลกระทบของคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าต่อค่าความสูญเสียทางเทคนิค ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

## Impact of Customer Characteristics on Technical Loss in Distribution System

กรวิชัย จริตรัมย์<sup>1</sup> ณกมล โสภายิ่ง<sup>2</sup> นันทิยา ชัยบุตร<sup>3</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จังหวัดปทุมธานี 12120

<sup>1</sup>koravit.jari@bumail.net

<sup>2</sup>nakamon.sopa@bumail.net

<sup>3</sup>nuntiya.c@bu.ac.th

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลกระทบต่อกำลังสูญเสียไฟฟ้าจริงในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเนื่องจากความแตกต่างของรูปแบบการกระจายตัวและคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละจุดโหลดซึ่งได้ศึกษาผ่านกรณีศึกษา 7 กรณี โดยมุ่งเน้นการศึกษาไปที่การรวมคุณลักษณะผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทก่อนกระจายไปยังทุกจุดโหลดและการแบ่งคุณลักษณะผู้ใช้ไฟฟ้าให้กระจายตามรูปแบบที่กำหนดตามกรณีศึกษา ในบทความนี้ได้ดำเนินการทดสอบผ่านแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วย 9 จุดโหลด ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงตลอดทั้งวันของส่วนแรกของสายส่งหรือส่วนที่ใกล้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้นทางมีลักษณะของกราฟคล้ายกันในทุกกรณี แต่มีขนาดที่แตกต่างกัน ในขณะที่การใช้คุณลักษณะผู้ใช้ไฟฟ้ารวมทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงได้ถ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีการกระจายของผู้ใช้ไฟฟ้าตามแต่ละจุดโหลดที่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ:** กำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค, ระบบจำหน่ายไฟฟ้า, คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้า, การจัดสรรโหลด

### ABSTRACT

This paper proposes the impact to a technical loss in a distribution system because of the difference of distribution pattern and customer characteristics that customer characteristics are set at each load point on 7 case studies. The study focuses on the integration of all types of consumer characteristics before spreading to all load points and distributing the customer characteristics in the case study patterns. In this paper, the proposed idea is tested on the distribution system that consists of 9 load points. The results are shown the daily technical loss of the first section of a transmission line or the section next to the source, all case studies are the same graph characteristics. If each load point of the distribution system has the different type of customer characteristics, technical losses which were calculated by the integration of all types of consumer characteristics was not accurate.

**Keywords:** Technical Loss, Distribution System, Customer Characteristics, Load allocation

### 1) บทนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าได้กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรมที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเดินเครื่องจักรในโรงงาน ภาคธุรกิจต่างๆ ในการดำเนินกิจการและภาคครัวเรือน ล้วนแต่มีความเกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น โดยพลังงานไฟฟ้าจะถูกผลิตจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ก่อนที่จะส่งกำลังไฟฟ้าผ่านระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเพื่อที่จะทำการส่งต่อไปในพื้นที่เป้าหมาย หรือเรียกได้ว่าเป็นผู้ใช้ไฟฟ้า โดยกำลังไฟฟ้าโดยรวมที่ผู้บริโภคได้รับนั้นจะมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้ายรวมที่โรงไฟฟ้าผลิตได้ เนื่องจากในระหว่างที่กำลังไฟฟ้าถูกส่งผ่านระบบส่งจ่ายและจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าสายส่ง และอุปกรณ์ต่างๆ จะทำให้เกิดการสูญเสียของกำลังไฟฟ้าในส่วนต่างๆ ของระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า หรือพิจารณาได้อีกอย่างหนึ่งที่เรารู้จักว่าหน่วยสูญเสียในระบบไฟฟ้า (Loss Unit) [1] ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้จัดทำแผนการดำเนินงาน (Road map) สำหรับการผลิตไฟฟ้าในช่วงปี 2018-2022 ซึ่งจากข้อมูลของการไฟฟ้าทำให้ทราบถึงแผนการจัดตั้งโรงงานผลิตไฟฟ้า การประมาณค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต [2] ดังนั้นควรให้ความสนใจกับประสิทธิภาพในการจ่ายไฟฟ้าที่ดี เพื่อไม่ให้เกิดค่าหน่วยสูญเสียในระบบไฟฟ้าที่มากเกินไป ซึ่งในแต่ละครั้งที่มีการผลิตไฟฟ้าและจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในส่วนต่างๆ ในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจหรือภาคครัวเรือน จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทางค่าใช้จ่าย (Cost) เป็นอย่างมาก โดยได้มีการทำการศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของเมือง Kirkuk ซึ่งได้ใช้แบบจำลองทางไฟฟ้าของเมือง Kirkuk เพื่อเป็นต้นแบบในการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย โดยการใช้ข้อมูลจากการวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบและกำลังไฟฟ้าที่เรียกเก็บจากใบเสร็จจ่ายไฟฟ้า นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ใช้โปรแกรมเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย [3] นอกจากนี้ใน [4] ได้มีการศึกษาการประมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยอาศัยค่าแพคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียและค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละชั่วโมงเพื่อใช้ประมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย ใน [5] ได้อาศัยการ

จัดสรรโหลดโดยใช้พิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าและแปดเตอร์การของจัดสรรโหลด (allocation factor) โดยแปดเตอร์นี้สามารถคำนวณได้จากค่าความต้องการไฟฟ้าที่วัดได้และพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

การศึกษาใน [6] ได้ศึกษาการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแบบสมาร์ตกริดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในการศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดให้โหลดในระบบมีลักษณะเหมือนกันทุกโหลดหรือกล่าวได้ว่าเป็นการจัดสรรโหลดจากต้นทางไปยังจุดโหลดต่างๆ ในระบบอย่างเท่าๆ กัน ซึ่งในความเป็นจริงในแต่ละจุดโหลดอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของลักษณะการใช้ไฟฟ้าก็เป็นได้

ดังนั้น บทความนี้จึงสนใจศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง (real power of technical loss) เมื่อคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละจุดโหลดแตกต่างกันเพื่อให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยดำเนินการวิเคราะห์ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงผ่านการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม DigSILENT ผ่านแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีกรณีศึกษาทั้งหมด 7 กรณีศึกษา

## 2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิคในระบบไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกัน รวมถึงการนำเสนอความแตกต่างของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย เนื่องจากการใช้ค่าคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าและคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าที่จุดโหลดในแต่ละจุดโหลด ซึ่งจะได้เสนอเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

## 3) วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการวิจัยของการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิคในระบบไฟฟ้า (technical loss evaluation) การพิจารณาคูณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้า (customer characteristics) และแบบจำลองและกรณีศึกษา

### 3.1) การประเมินค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค

กำลังไฟฟ้าส่งผ่านในระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามารถพิจารณาได้จากสมการสมดุลกำลังไฟฟ้า ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านต้องมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับรวมกับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างส่งผ่านกำลังไฟฟ้า ดังสมการที่ (1) - (2) ซึ่งแสดงสมการสมดุลกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือนตามลำดับ [7]

กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่จะได้ดำเนินการประเมินค่าในบทความนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงทางเทคนิคเท่านั้น โดยการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจะเริ่มต้นจากการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า ดังสมการที่ (3) - (4) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะได้กำลังไฟฟ้าจริง (real power) และกำลังไฟฟ้าเสมือน (reactive power) ในแต่ละบัส และสามารถนำไปหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงทางเทคนิคได้ดังสมการที่ (5)

สำหรับเงื่อนไขในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (6) - (8) ซึ่งเป็นสมการเพื่อกำหนดเงื่อนไขหรือ

ขอบเขตทางด้านแรงดันไฟฟ้า ความจุของสายส่งไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ตามลำดับ

$$P_s = P_r + P_{tech} + P_{ntech} \quad (1)$$

$$Q_s = Q_r + Q_{tech} + Q_{ntech} \quad (2)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (3)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (4)$$

$$P_{L,ij} = P_{ij} - P_{ji} \quad (5)$$

$$V_{min} < V_i < V_{max} \quad (6)$$

$$PF_s \leq PF_d \quad (7)$$

$$FC_s \leq FC_d \quad (8)$$

เมื่อ

$P_s$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัสส่งกำลังไฟฟ้า
$Q_s$	คือ	กำลังไฟฟ้าเสมือนที่บัสส่งกำลังไฟฟ้า
$P_r$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัสรับกำลังไฟฟ้า
$Q_r$	คือ	กำลังไฟฟ้าเสมือนที่บัสรับกำลังไฟฟ้า
$P_{tech}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียทางเทคนิค
$Q_{tech}$	คือ	กำลังไฟฟ้าเสมือนสูญเสียทางเทคนิค
$P_{ntech}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค
$Q_{ntech}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค
$V_i$	คือ	แรงดันไฟฟ้าที่บัส i
$V_j$	คือ	แรงดันไฟฟ้าที่บัส j
$Y_{ij}$	คือ	แอดมิแตนซ์ระหว่างบัส i และ j
$\theta_{ij}$	คือ	มุมของแอดมิแตนซ์ระหว่างบัส i และ j
$\delta_i$	คือ	มุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส i
$\delta_j$	คือ	มุมของแรงดันไฟฟ้าที่บัส j
$n$	คือ	จำนวนของบัสในระบบไฟฟ้า
$P_{L,ij}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียระหว่างบัส i และ j
$P_{ij}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียส่งผ่านจากบัส i ไป j
$P_{ji}$	คือ	กำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียส่งผ่านจากบัส j ไป i
$V_{min}$	คือ	แรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่บัส
$V_{max}$	คือ	แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่บัส
$PF_s$	คือ	ตัวประกอบกำลังที่บัสส่งกำลังไฟฟ้า
$PF_d$	คือ	ตัวประกอบกำลังที่ยอมรับได้
$FC_s$	คือ	ความจุของสายส่ง
$FC_d$	คือ	พิกัดความจุของสายส่ง

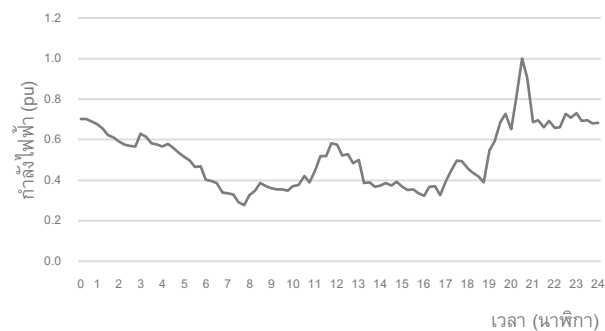
### 3.2) คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้า

การจะวางแผนและดำเนินการผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอและเหมาะสมต่อความต้องการมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาคุณลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นองค์ประกอบการพิจารณาการผลิต การส่งจ่าย และการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น โดยสามารถจัดสรรการเดินทางของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้การศึกษาคำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าเชิงสถิติยังสามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ว่าความต้องการไฟฟ้าจะมีโอกาสของการขยายตัวปีละกี่เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะส่งผลต่อการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า

จากการข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟในแต่ละประเภทตามการแบ่งประเภทของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [8] จะพบว่า ผู้ใช้ไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 8 ประเภท ประกอบด้วย

1. บ้านที่พักอาศัยขนาดน้อยกว่า 150 หน่วย
2. บ้านที่พักอาศัยขนาดมากกว่า 150 หน่วย
3. กิจการขนาดเล็ก
4. กิจการขนาดกลาง
5. กิจการขนาดใหญ่
6. กิจการเฉพาะอย่าง
7. ส่วนทางราชการ
8. สูบน้ำเพื่อการเกษตร

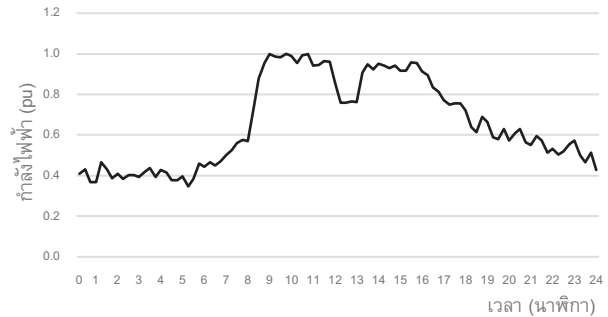
สำหรับบทความนี้ได้นำคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในเดือนเมษายน ปี 2559 ประเภทที่พักอาศัยขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 150 หน่วย กิจการขนาดเล็ก กลาง และ ใหญ่ รวมกันทั้งหมดจำนวน 5 ประเภท นำมาดำเนินการจัดการใหม่โดยรวมคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและกิจการขนาดใหญ่เข้าด้วยกัน และรวมผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัยขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 150 หน่วยเข้าด้วยกันโดยเรียกชื่อใหม่ว่า ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย ดังนั้นบทความนี้จะได้วิเคราะห์ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้กราฟคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย กิจการขนาดกลาง และกิจการที่รวมขนาดเล็กและใหญ่ ดังรูปที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ



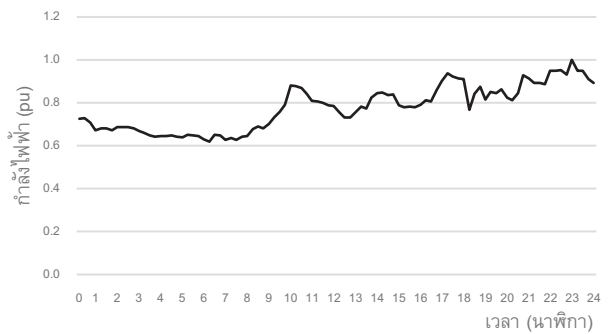
รูปที่ 1 : คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย

การข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท จะพบว่า ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยมีค่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 20.00 -21.30 น. ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 09.00-11.30 น. และ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา

ประมาณ 22.30-23.30 น. ซึ่งลักษณะกราฟของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท จะมีความแตกต่างกันโดยผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่มีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางและที่พักอาศัยมีการใช้ไฟฟ้าที่แกว่งกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่



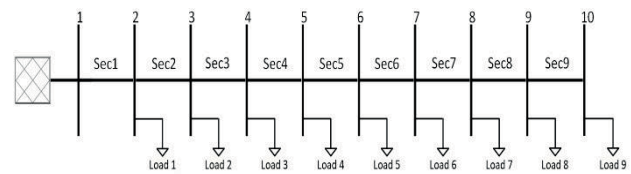
รูปที่ 2 : คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง



รูปที่ 3 : คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่

### 3.3) แบบจำลองและกรณีศึกษา

สำหรับการศึกษาในบทความนี้ได้กำหนดแบบจำลองในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 22 kV ประกอบด้วย 10 บัส 9 ส่วนของสายส่ง และ 9 จุดโหลด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 : แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า

โดยระบบจำหน่ายไฟฟ้านี้มีความยาวของสายส่งทั้งสิ้น 39.24 km ซึ่งใช้สายประเภท Space Aerial Cable (SAC) ขนาด 185 mm<sup>2</sup> เช่นเดียวกันตลอดความยาวสายส่ง

การศึกษาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงที่เกิดขึ้นกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าเนื่องจากความแตกต่างของรูปแบบการกระจายตัวและคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละจุดโหลด ซึ่งจะได้ศึกษาผ่านกรณีศึกษาทั้ง 7 กรณี คือ

- กรณีศึกษาที่ 1 การใช้คุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสถานไฟฟ้า
- กรณีศึกษาที่ 2 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย กิจการขนาดกลาง และกิจการขนาดเล็กและใหญ่
- กรณีศึกษาที่ 3 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย กิจการขนาดเล็กและใหญ่ และกิจการขนาดกลาง
- กรณีศึกษาที่ 4 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง ที่พักอาศัย และกิจการขนาดเล็กและใหญ่
- กรณีศึกษาที่ 5 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง กิจการขนาดเล็กและใหญ่ และ ที่พักอาศัย
- กรณีศึกษาที่ 6 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่ ที่พักอาศัย และ กิจการขนาดกลาง
- กรณีศึกษาที่ 7 การกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่ กิจการขนาดกลาง และ ที่พักอาศัย

โดยกรณีศึกษาที่ 1 นี้ คือ การนำคุณลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 3 ชนิดตั้งที่กล่าวไปแล้วข้างต้นมารวมกัน ซึ่งเปรียบเสมือนการนำค่าของโหลดที่สถานีไฟฟ้ามองเห็นมาคำนวณ โดยกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้ารวมทั้งสถานไฟฟ้าไปยังจุดโหลดทุกจุดเท่าๆ กัน ในส่วนของกรณีศึกษาที่ 2-7 คือ การระบุประเภทของคุณลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าลงไปในแต่ละจุดโหลดของแบบจำลอง โดยแบ่งจุดโหลดของแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 3 จุดโหลด ประกอบด้วย กลุ่มต้นสาย กลุ่มกลางสาย และกลุ่มปลายสาย ตัวอย่างเช่น กลุ่มที่ 2 มีจุดโหลด 3 จุดแรกเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่พักอาศัย จุดโหลดที่ 4-6 เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง และ จุดโหลดที่ 7-9 เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กและใหญ่ เป็นต้น

ขั้นตอนการศึกษาในแต่ละกรณีศึกษาผ่านแบบจำลองข้างต้นสามารถพิจารณาได้จากขั้นตอนการศึกษาดังนี้

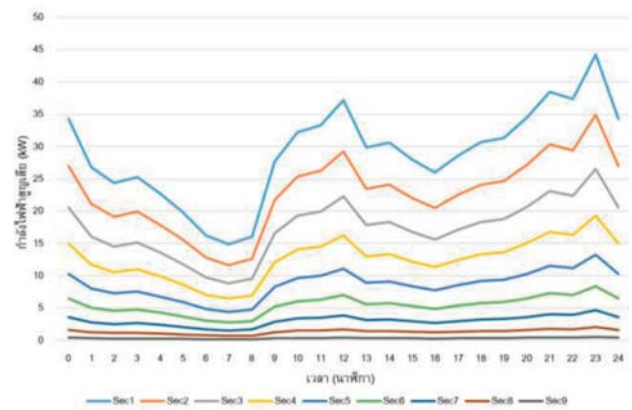
- ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบจำลองที่ต้องการศึกษา
- ขั้นตอนที่ 2 บ่อนข้อมูลเบื้องต้นของแบบจำลอง
- ขั้นตอนที่ 3 ตั้งค่าข้อกำหนดของแบบจำลอง
- ขั้นตอนที่ 4 บ่อนค่าความต้องการไฟฟ้าของผู้บริโภคแต่ละจุดโหลดตามกรณีศึกษา
- ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง
- ขั้นตอนที่ 6 เปลี่ยนกรณีศึกษา
- ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบกรณีศึกษา ครบทุกกรณีหรือไม่
- ขั้นตอนที่ 8 ถ้าไม่ครบ ให้ไปดำเนินการขั้นตอนที่ 5 ถ้าครบ ให้หยุดการคำนวณ

#### 4) ผลการวิจัย

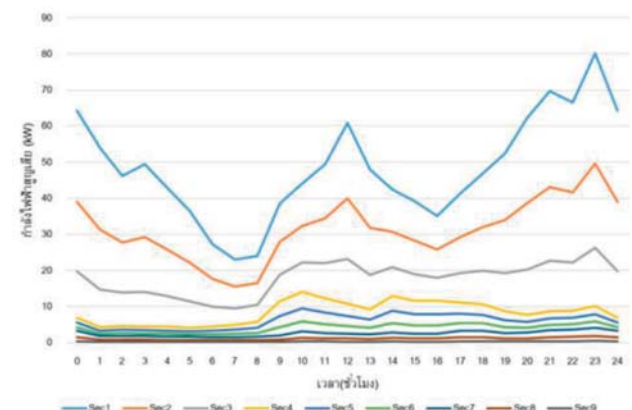
จากการทดสอบการไหลของกำลังไฟฟ้าในแบบจำลอง ซึ่งสามารถแยกประเด็นการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงตลอด 24 ชั่วโมง และ กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุด

#### 4.1) กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงตลอด 24 ชั่วโมง

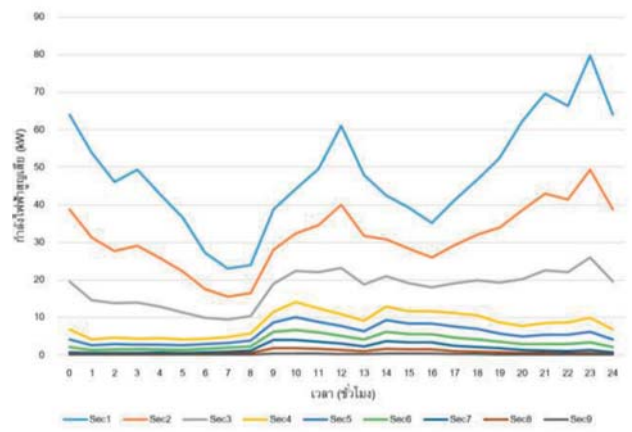
กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงในแต่ละส่วนของสายส่งของแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตลอด 24 ชั่วโมงของกรณีศึกษาที่ 1-7 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5-11 ซึ่งพบว่า ลักษณะของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงที่เกิดขึ้นแต่ละกรณีมีค่าแตกต่างกันในแต่ละเวลาตามลักษณะความต้องการไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบ เมื่อพิจารณาส่วนที่ 1 ของสายส่ง (กราฟเส้นบนสุด) ของทุกกรณี จะพบว่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงมีค่าต่ำสุดและสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน คือ 07.00 น. และ 23.00 น. ตามลำดับ และรูปร่างลักษณะของกราฟนั้นมีลักษณะที่คล้ายกันจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงที่เกิดขึ้น



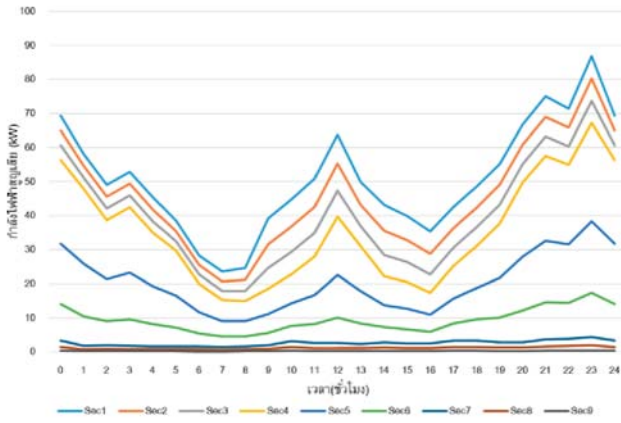
รูปที่ 5 : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีศึกษาที่ 1



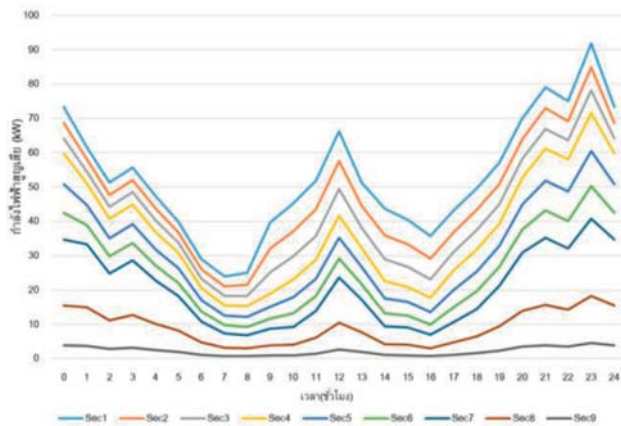
รูปที่ 6 : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีศึกษาที่ 2



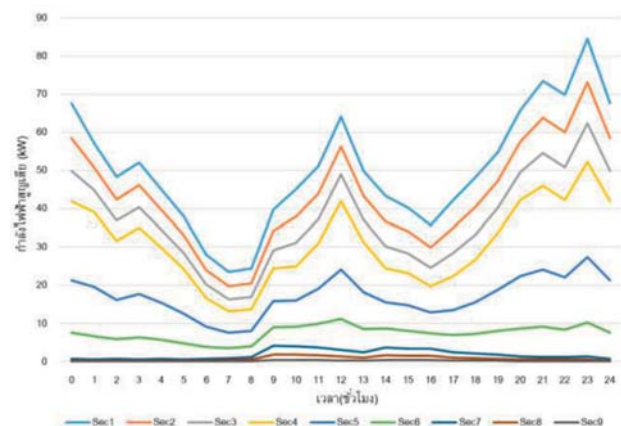
รูปที่ 7 : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 8 : กำลังไฟฟ้สูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีี่ 4



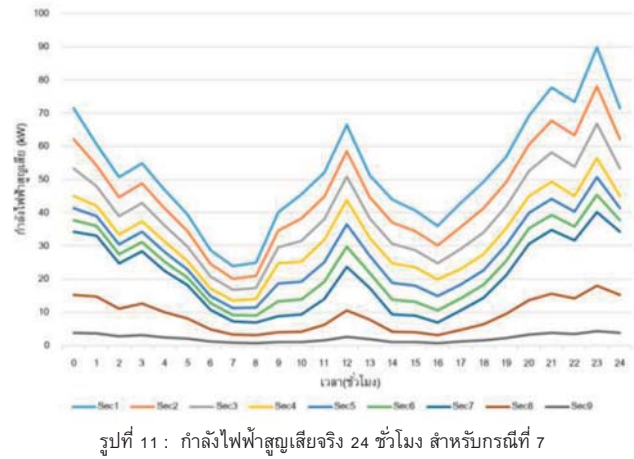
รูปที่ 9 : กำลังไฟฟ้สูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีี่ 5



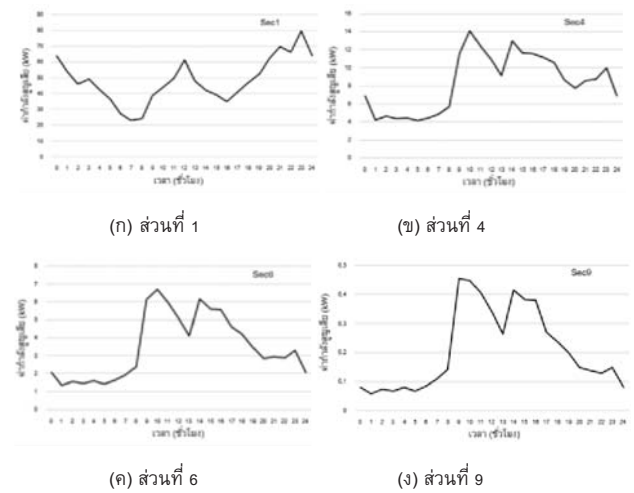
รูปที่ 10 : กำลังไฟฟ้สูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีี่ 6

พิจารณาค่ากำลังไฟฟ้สูญเสียจริงที่แสดงดังกราฟในกรณีี่ 1-7 ค่ากำลังไฟฟ้สูญเสียจริงของส่วนที่ 9 (Sec9) ของสายส่งจะมีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากอยู่ไกลจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้มากที่สุด ความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้ที่ส่วนของสายส่งนี้รองรับจะน้อยกว่าส่วนของสายส่งส่วนอื่นซึ่งค่ากำลังไฟฟ้สูญเสียจริงนี้จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงที่สุดในส่วนที่ 1 (Sec1) ของสายส่ง และเป็นเช่นนี้เหมือนกันหมดทุกช่วงเวลาและทุกกรณีศึกษา นอกจากนี้ พบว่า กราฟแสดงกำลังไฟฟ้สูญเสียจริงของแต่ละส่วนของสายส่งมีลักษณะรูปร่างคล้ายกันหมดทุกส่วนของสายส่งเฉพาะกรณีี่ 1 เท่านั้น เนื่องจากกรณีี่ 1 นี้เป็นการ

กระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้รวมไปยังทุกจุดโหลดในปริมาณเท่ากัน สำหรับกรณีี่ 2-7 นั้น ลักษณะรูปร่างของกราฟในแต่ละจุดโหลดจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีความแตกต่างกันมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับว่ากรณีี่นั้น ๆ มีการกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้อย่างไร เช่น กรณีี่ 3 จะสังเกตเห็นว่า กราฟของส่วนที่ 1 และ 2 ของสายส่งมีลักษณะคล้ายกันมาก และเริ่มมองเห็นความแตกต่างเพิ่มขึ้นตั้งแต่ส่วนของสายส่งส่วนที่ 3 หรือ ในกรณีี่ 7 จะสังเกตเห็นได้ว่า ส่วนของสายส่งส่วนที่ 1-7 มีความแตกต่างกันน้อยมาก ในขณะที่ความแตกต่างเริ่มสังเกตเห็นอย่างชัดเจนที่ส่วนของสายส่งส่วนที่ 7 และ 8 เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของกราฟในแต่ละส่วนของสายส่งสามารถแสดงความแตกต่างนั้นได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 : กำลังไฟฟ้สูญเสียจริง 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีี่ 7



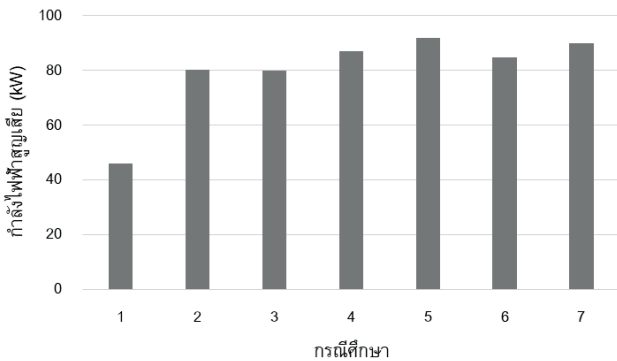
รูปที่ 12 : กำลังไฟฟ้สูญเสียจริง 24 ชั่วโมงของส่วนที่ 1, 4, 6 และ 9

จากรูปที่ 12 ซึ่งแสดงกำลังไฟฟ้สูญเสียจริงของกรณีี่ 3 ในส่วนของสายส่งส่วนที่ 1, 4, 6 และ 9 มีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยเหตุผลที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการกรณีี่นี้มีการกระจายคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้แบบประเภทที่พักอาศัย กิจการขนาดเล็กและใหญ่ และ กิจการขนาดกลาง ดังนั้นจึงประมาณการได้ว่าที่ส่วนที่ 7-9 มีลักษณะคล้ายกับลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้ประเภทกิจการขนาดกลาง ส่วนที่ 4-6 จะมีการผสมกันระหว่างคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้ประเภทกิจการขนาดกลางและขนาดเล็กและใหญ่ ซึ่งกราฟของส่วนที่ 6 และ 4 นั้นมีความแตกต่างกันเนื่องจากส่วนที่ 6 มีผู้ใช้ไฟฟ้ประเภทกิจการขนาดกลางเพียงจุดโหลด

เดี่ยวไม่เหมือนกับส่วนที่ 4 ที่มีถึง 3 จุดโหลด ในขณะที่ส่วนที่ 1-3 นั้นจะเป็นผลของการรวมกันของคุณลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภท

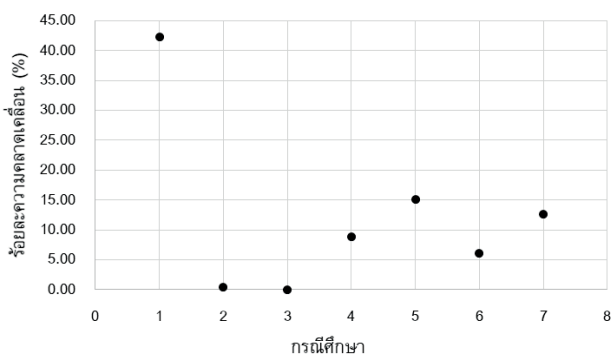
#### 4.2) กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุด

กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดสำหรับทุกกรณีจะเกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน คือ เวลา 23.00 น. ซึ่งสามารถแสดงค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดของทุกกรณีได้ดังรูปที่ 13

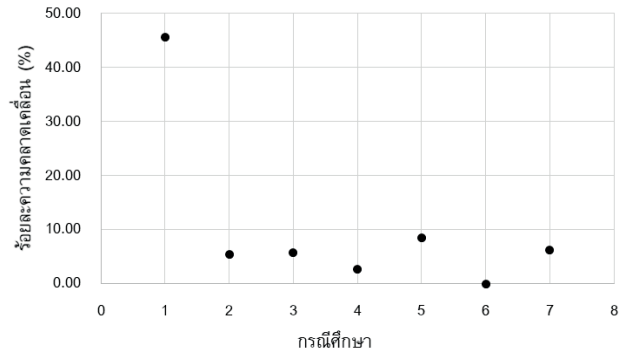


รูปที่ 13 : กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดทุกกรณี

จากรูปที่ 13 จะพบว่า กรณีที่ 1 มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดต่ำกว่ากรณีอื่นๆ ในขณะที่กรณีที่ 5 มีค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดสูงที่สุด ถ้าในระบบไฟฟ้าจริงมีลักษณะการกระจายตัวของผู้ใช้ไฟฟ้าเหมือนกรณีที่ 3 แล้วการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดเนื่องจากการกระจายตัวของผู้ใช้ไฟฟ้ากรณีที่ 1, 2, 4, 5, 6 และ 7 จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นร้อยละ 42.34, 0.42, 8.91, 15.14, 6.08 และ 12.66 ตามลำดับ ดังรูปที่ 14 หรือถ้าระบบไฟฟ้าจริงมีลักษณะการกระจายตัวของผู้ใช้ไฟฟ้าเหมือนกรณีที่ 6 จะได้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุดที่คำนวณได้ของกรณีที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7 คือ 45.64, 5.34, 5.73, 2.66, 8.54 และ 6.21 ตามลำดับ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 14 : ร้อยละความคลาดเคลื่อนกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดเมื่อใช้กรณีที่ 3 เป็นฐาน



รูปที่ 15 : ร้อยละความคลาดเคลื่อนกำลังไฟฟ้าสูญเสียสูงสุดเมื่อใช้กรณีที่ 6 เป็นฐาน

จากการพิจารณาความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงสูงสุด จะพบว่า การนำโหลดรวมอันเกิดขึ้นจากผลรวมของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันของสายส่งนั้นๆ มาเป็นตัวแทนหรือนำมาใช้เป็นค่าโหลดในทุกจุดโหลดจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงในระดับที่ค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 42.34 และ 45.64 สำหรับการสมมติให้ระบบจริงมีการกระจายตัวของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าในกรณี 3 และ 6 ตามลำดับ

#### 5) สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลกระทบของคุณลักษณะผู้ใช้ไฟฟ้าต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงทางเทคนิค พบว่า ความคลาดเคลื่อนของการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละจุดโหลดไม่ตรงกับความเป็นจริง ซึ่งถ้าใช้การกระจายโหลดจากสถานีไฟฟ้าไปยังจุดโหลดจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่ถ้าใช้ข้อมูลแต่ละจุดโหลดจะต้องมีการตีความเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการลงทุนที่สูงขึ้น ซึ่งจะคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ต้องขึ้นกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้และความสำคัญของระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น นอกจากนี้ กำลังไฟฟ้าสูญเสียจริงตลอด 24 ชั่วโมงมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละเวลาตามความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ในขณะที่สายส่งส่วนที่ใกล้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าต้นทางจะมีลักษณะของกราฟคล้ายกันในทุกกรณีแต่มีขนาดที่แตกต่างกัน

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลและโปรแกรมในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Kriengkrai, H. Jamnarn, and K. Pakorn, *Power Loss Estimation in Distribution System a Case Study of PEA Central Area*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2556.
- [2] "PEA DIGITAL ROADMAP 2018-2022," *การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: [https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/PEA\\_DIGITAL\\_ROADMAP\\_Del5\\_Executive%20Summary\\_Thai\\_20180226\\_VFF.pdf](https://www.pea.co.th/Portals/0/Document/PEA_DIGITAL_ROADMAP_Del5_Executive%20Summary_Thai_20180226_VFF.pdf). [เข้า ถึง เมื่อ: 16 มีนาคม 2561].



- [3] M. H. Yasen and S. S. Mustafa, "Evaluation of electric energy losses in Kirkuk distribution electric system area," in *2010 1st International Conference on Energy, Power and Control (EPC-IQ)*, 2010, pp. 339–344.
- [4] L. M. O. Queiroz, M. A. Roselli, C. Cavellucci, and C. Lyra, "Energy Losses Estimation in Power Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 27, no. 4, pp. 1879–1887, Nov. 2012
- [5] William H. Kersting, *Distribution System Modeling and Analysis*, 3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- [6] เต้จ ชัยมงคล, วิชัย สุระพัฒน์, คมสันต์ หงษ์สมบัติ, "การจัดการพลังงานไฟฟ้าระบบจำหน่ายแบบสมาร์ท กริดอย่างมีประสิทธิภาพ," *วิศวกรรมสารมก*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 88, 2557.
- [7] U. H. Bezerra *et al.*, "Non-technical losses estimation in distribution feeders using the energy consumption bill and the load flow Power Summation Method," in *2016 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)*, 2016, pp. 1–6.
- [8] "Load Profile : การศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้า," *การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://peaoc.pea.co.th/loadprofile/>. [เข้าถึงเมื่อ: 16-ม.ค.-2561].