# บทที่ 5

## การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการต่าง ๆที่ใช้ในการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งมีด้วยกัน 3 วิธีคือ

1. วิธีระบุเหตุขัดข้อง
2. วิธีดัชนีพื้นฐาน
3. วิธีดัชนีระบบ

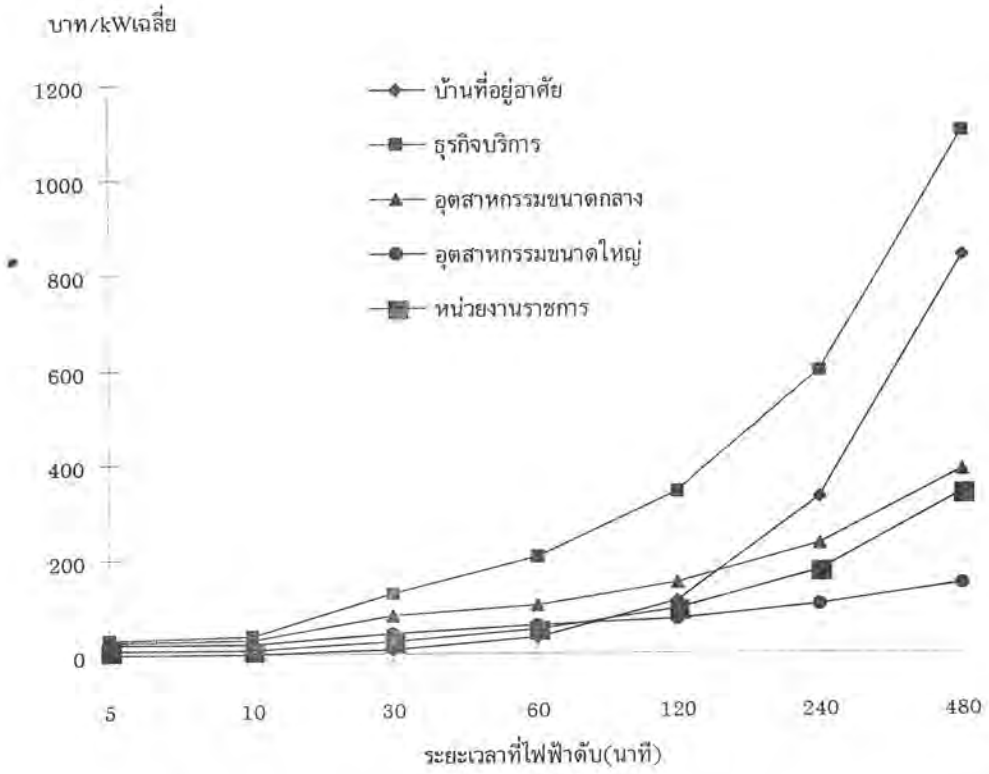
สำหรับวิธีการต่าง ๆจะได้กล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป ข้อมูลที่จำเป็นอีกประการหนึ่งที่จะนำไปใช้ในการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายคือฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทอีกทั้งสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ประเภทนั้น ๆในบริเวณที่ต้องการประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ

### 5.1 ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า

ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า ( Customer Damage Function : CDF ) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดเนื่องจากไฟฟ้าดับของลูกค้าแต่ละรายเทียบกับระยะเวลาไฟฟ้าดับ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะได้จากการสำรวจข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยตรง [ 3,7,18 ]

วิธีการที่นิยมใช้ในการหาฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าเนื่องจากไฟฟ้าดับประเภทต่าง ๆคือการสำรวจข้อมูล โดยผ่านวิธีการสอบถามโดยตรง วิธีการดังกล่าวจะมีการจัดทำและพัฒนาแบบสอบถามเพื่อให้ผู้ตอบประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆของกิจการเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ วิธีการนี้ผู้ให้ข้อมูลคือผู้ที่รับผลกระทบเนื่องจากไฟฟ้าดับโดยตรง การประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยตรงจึงเป็นเรื่องของผู้ตอบ ความถูกต้องของข้อมูลจึงขึ้นกับความคิดเห็นของผู้ตอบโดยตรง

ข้อมูลเกี่ยวกับความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายหลังจากทำการจัดกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าให้อยู่ในประเภทเดียวกัน เช่น บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจบริการขนาดเล็ก ธุรกิจบริการขนาดใหญ่ อุตสาหกรรม ฯลฯ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อจัดทำเป็นฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้แต่ละประเภท ( Sector Customer Damage Function : SCDF ) [ 7,9,18 ] ได้ต่อไป โดยอาจทำแบบจำลองเป็น 2 แบบ คือ เป็นมูลค่าความเสียหายต่อกำลังไฟฟ้าและมูลค่าความเสียหายต่อพลังงานไฟฟ้า ตามตัวอย่างรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2 ตามลำดับ




รูปที่ 5.1 ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท(บาท/kWเฉลี่ย)
( Sector Customer Damage Functions )

ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้แต่ละประเภทได้แบ่งออกไว้เป็น 6 ประเภทตามอัตราค่าใช้ไฟฟ้าตามที่การไฟฟ้าเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในปัจจุบัน [ 18 ] ด้วยกันคือ

1. ประเภทบ้านที่อยู่อาศัย ( Residential ) ผู้ใช้ไฟประเภทนี้ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในการดำรงชีวิตประจำวันภายในบ้าน มีการใช้ไฟเพื่อแสงสว่างและเพื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ปริมาณการใช้ไฟแต่ละรายโดยเฉลี่ยไม่สูงมากนัก ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟประเภทนี้มีค่าน้อยกว่าผู้ใช้ไฟประเภทอื่น ๆ

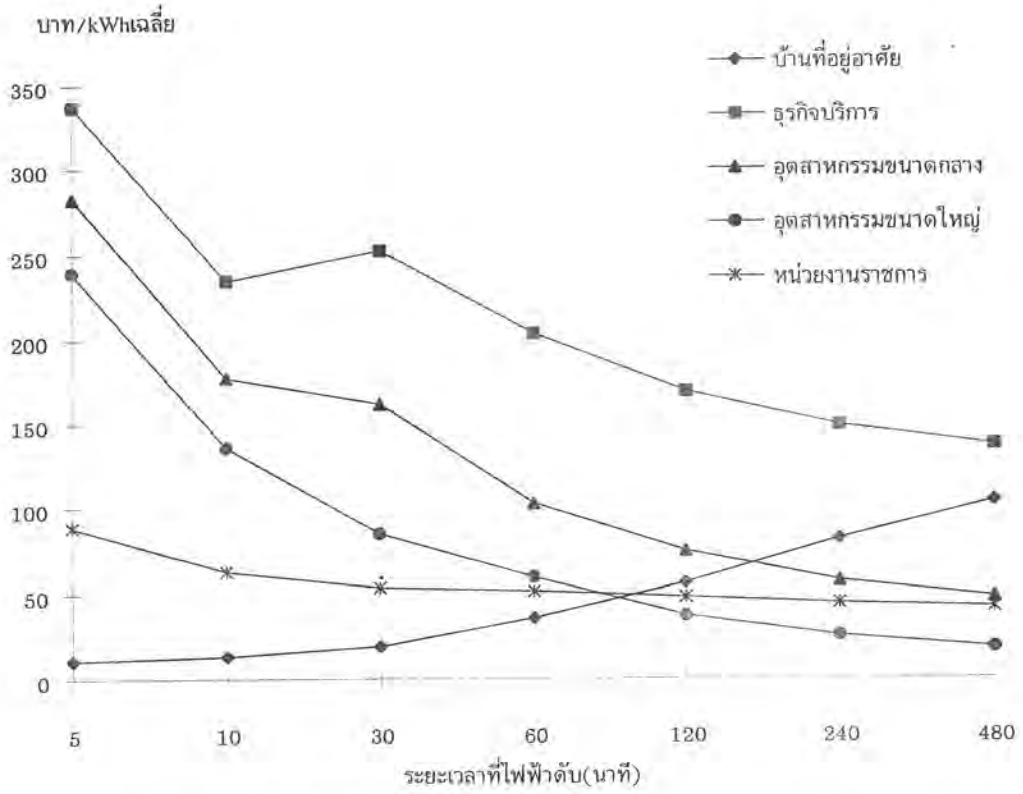
2. ประเภทธุรกิจขนาดเล็ก ( Small general service ) ผู้ใช้ไฟประเภทธุรกิจเป็นการใช้ไฟฟ้าในอาคาร เช่น ร้านขายของ อาคารพาณิชย์ ศูนย์การค้า โรงแรม เป็นต้น และภายในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับผู้ใช้ไฟประเภทธุรกิจบริการขนาดเล็กกำหนดจากขนาดการใช้ไฟฟ้า คือ มีขนาดการใช้ไฟฟ้าจำกัดอยู่ไม่เกิน 30 kW

3. ประเภทธุรกิจขนาดกลาง ( Medium general service ) คือผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 30 kW แต่ไม่เกิน 2,000 kW

4. ประเภทธุรกิจขนาดใหญ่ ( Large general service ) คือผู้ใช้ไฟฟ้ามากกว่า 2,000 kW ขึ้นไป

5. ประเภทธุรกิจเฉพาะอย่าง ( Specific business ) คือ ธุรกิจประเภท ภัตตาคาร และโรงแรม

6. ประเภทหน่วยงานราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร ( Government institutions and non-profit organizations )




รูปที่ 5.2 ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท(บาท/kWhเฉลี่ย)
( Sector Customer Damage Functions )

โดยทั่วไปในแต่ละจุดโหลดประกอบด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าหลายประเภท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคำนวณฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม ( Composite Customer Damage Function : CCDF ) [ 7,9,10 ] แต่ละจุดโหลด ซึ่งวิธีการคำนวณจะทำการถ่วงน้ำหนักฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ( Sector Customer Damage Function : SCDF )ที่ ณ. จุดโหลดนั้นด้วยสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หรือพลังไฟฟ้าสูงสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท ตามตัวอย่างสัดส่วนการใช้ไฟของผู้ใช้แสดงดังตารางที่ 5.1 และฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทตามตารางที่ 5.2 สามารถคำนวณฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้ารวมที่บัสดังในตัวอย่างรูปที่ 5.3 และตารางที่ 5.3 เมื่อถ่วงน้ำหนักฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทด้วยสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างสัดส่วนผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท

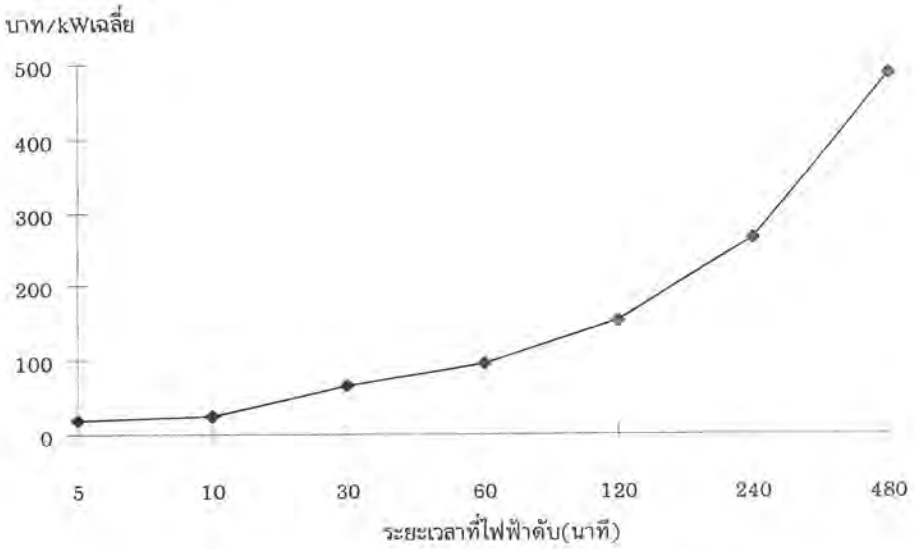
| ประเภทผู้ใช้ | การใช้พลังงานไฟฟ้า (เปอร์เซนต์) |
|---|---|
| บ้านที่อยู่อาศัย | 12 |
| ธุรกิจบริการ | 18 |
| อุตสาหกรรมขนาดกลาง | 31 |
| อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ | 31 |
| หน่วยงานราชการ | 8 |
| **รวม** | **100** |

ตารางที่ 5.2 แสดงฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท(บาท/kWเฉลี่ย)

| ประเภทผู้ใช้ | ระยะเวลาไฟฟ้าดับ ( นาที ) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 30 | 60 | 120 | 240 | 480 |
| บ้านที่อยู่อาศัย | 0.88 | 2.07 | 9.74 | 35.30 | 111.40 | 327.16 | 836.24 |
| ธุรกิจบริการ | 28.10 | 39.08 | 125.87 | 203.00 | 338.98 | 594.84 | 1095.68 |
| อุตสาหกรรมขนาดกลาง | 23.53 | 29.63 | 80.98 | 103.24 | 149.90 | 228.68 | 382.08 |
| อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ | 19.88 | 22.62 | 42.73 | 59.16 | 73.92 | 101.44 | 142.72 |
| หน่วยงานราชการ | 7.37 | 10.47 | 26.31 | 51.12 | 93.72 | 174.32 | 334.32 |

ตารางที่ 5.3 แสดงฟังก์ชันความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม(บาท/kWเฉลี่ย)

| ประเภทผู้ใช้ | ระยะเวลาไฟฟ้าดับ ( นาที ) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 30 | 60 | 120 | 240 | 480 |
| บ้านที่อยู่อาศัย | 0.11 | 0.25 | 1.17 | 4.24 | 13.37 | 39.26 | 100.35 |
| ธุรกิจบริการ | 5.06 | 7.03 | 22.66 | 36.54 | 61.02 | 107.07 | 197.22 |
| อุตสาหกรรมขนาดกลาง | 7.30 | 9.19 | 25.10 | 32.00 | 46.47 | 70.89 | 118.44 |
| อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ | 6.16 | 7.01 | 13.25 | 18.34 | 22.92 | 31.45 | 44.24 |
| หน่วยงานราชการ | 0.59 | 0.84 | 2.10 | 4.09 | 7.50 | 13.95 | 26.75 |
| **รวม** | **19.21** | **24.32** | **64.28** | **95.21** | **151.27** | **262.61** | **487.00** |




รูปที่ 5.3 ฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม
( Composite Customer Damage Function )

## 5.2 การประเมินอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ( IER Evaluation in Distribution Systems )

การคำนวณจะนำค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าดับในแต่ละพื้นที่ มาใช้รวมกับดัชนีสากล เพื่อคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับ ( Interrupted Energy Rate : IER ) [ 1,2,3 ] ผ่านวิธีการต่าง ๆซึ่งสามารถนำมาสรุปได้เป็น 3 วิธี คือ

### 5.2.1 วิธีระบุเหตุขัดข้อง ( Contingency Enumeration Method : CEM ) [ 1,2 ]

การประเมินค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้าต้องใช้แบบจำลองความเสียหาย แบบจำลองโหลดและแบบจำลองระบบ โดยที่แบบจำลองความเสียหายนั้นนำมาจากฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวมในแต่ละจุดโหลด ส่วนแบบจำลองโหลดคำนวณจากโหลดเฉลี่ยที่ต่ออยู่แต่ละตำแหน่งโหลด สำหรับแบบจำลองระบบนั้น ต้องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งหมดประกอบกันขึ้นเป็นระบบจ่ายไฟฟ้าที่พิจารณา

วิธีการคำนวณค่าประมาณพลังงานที่ไม่สามารถจ่ายได้ ( EENS ) ค่าความเสียหายทั้งหมด ( ECOST ) และค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าดับ ( IER ) ณ แต่ละจุดโหลด สามารถทำได้ตามวิธีการต่อไปนี้

5.2.1.1 คำนวณ EENS และ ECOST จากแต่ละเหตุการณ์ลำดับที่ j ที่เกิดขัดข้อง ณ.จุดโหลด p ตามสมการ

$$ECOST_{j,p} = C_{j,p}\, L_{av,p}\, \lambda_j \qquad (5.1)$$

$$EENS_{j,p} = L_{av,p}\, U_{j,p} \qquad (5.2)$$

สมการที่ 5.1 เป็นสมการที่ใช้แบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟ ( บาท/kW ) สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแสดงการคำนวณโดยใช้แบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟ ( บาท/kWh ) ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เนื่องจากฟังก์ชั่นความเสียหายที่สำรวจได้มีทั้ง 2 แบบ

จากสมการที่ 5.1 สามารถเปลี่ยนเป็นสมการที่ใช้กับแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟ ( บาท/kWh ) ดังนี้

$$ECOST_{j,p} = C_{j,p}\, L_{av,p}\, r_{j,p}\, \lambda_j \qquad (5.3)$$

เมื่อ $L_{av,p}$ คือ โหลดเฉลี่ยที่ต่อจุดโหลด p

$C_{j,p}$ คือ ค่าใช้จ่ายเนื่องจากไฟฟ้าดับที่โหลด p คำนวณจาก CCDF ( บาท/kW หรือ บาท/kWh )

$U_{j,p}$ คือ ระยะเวลาเฉลี่ยในหนึ่งปีที่ไม่สามารถจ่ายได้ของเหตุการณ์ j ที่จุด p

$\lambda_j$ คือ อัตราการล้มเหลวเฉลี่ยของเหตุการณ์ j

$r_{j,p}$ คือ ระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ยของเหตุการณ์ j ที่จุด p

5.2.1.2 คำนวณค่า EENS , ECOST และ IER ที่ ณ จุดโหลด P ตามสมการ

$$ECOST_p = \sum_{j=1}^{N} ECOST_{j,p} \qquad ( \text{บาท/yr} ) \qquad (5.4)$$

$$EENS_p = \sum_{j=1}^{N} EENS_{j,p} \qquad ( \text{kWh/yr} ) \qquad (5.5)$$

$$IER_p = \frac{ECOST_p}{EENS_p} \qquad ( \text{บาท/kWh} ) \qquad (5.6)$$

เมื่อ N คือจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่ง p

5.2.2 วิธีดัชนีพื้นฐาน ( Basic Indices Method : BIM ) [ 1,2 ]

วิธีการนี้จะไม่คำนึงถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ณ จุดโหลดแต่ละแห่งหากแต่จะใช้ค่าดัชนีแต่ละค่า ณ จุดโหลดแทน สำหรับฟังก์ชั่นความเสียหายจะใช้ CCDF โดยพิจารณาจากค่าระยะเวลาไฟฟ้าดับเฉลี่ยที่ ณ จุดโหลด p ( $r_p$ ) เพื่อนำไปคำนวณค่าความเสียหาย ณ จุดโหลด p ( $C_p$ )

และนำค่าโหลดเฉลี่ย ณ จุดโหลด p ( $L_{av,p}$ ) มาใช้ในการคำนวณค่า EENS , ECOST และ IER ตามสมการ

$$EENS_p = L_{av,p} \cdot \lambda_p \cdot r_p \quad (5.7)$$

$$ECOST_p = L_{av,p} \cdot \lambda_p \cdot c_p \quad (5.8)$$

$$IER_p = \frac{ECOST_p}{EENS_p} = \frac{c_p}{r_p} \quad (\text{บาท/kWh}) \quad (5.9)$$

### 5.2.3 วิธีดัชนีระบบ ( System Indices Method : SIM ) [ 1,2 ]

การคำนวณค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าดับโดยใช้ดัชนีสากลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ ได้แก่ค่า SAIFI และ CAIDI ร่วมกับฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวม ( CCDF ) สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$\text{System EENS} = (\text{SAIFI}).(L_{av,bus}).(\text{CAIDI}) \quad (5.10)$$

$$\text{System ECOST} = (\text{SAIFI}).(L_{av,bus}).(\text{CAIDI cost}) \quad (5.11)$$

$$\text{System IER} = \frac{\text{CAIDI cost}}{\text{CAIDI}} \quad (\text{บาท/kWh}) \quad (5.12)$$

เมื่อ CAIDIcost คือ มูลค่าความเสียหายของระบบโดยคำนวณจากฟังก์ชั่นความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยรวมกับค่า CAIDI หน่วยเป็น บาท/kWh

จากทั้ง 3 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น วิธี BIM และ SIM เป็นวิธีการที่ใช้การประมาณเพื่อความรวดเร็วง่ายต่อการคำนวณแต่ผลที่ได้รับจะคลาดเคลื่อนไปจากวิธี CEM มาก [1] ดังนั้นเพื่อความแม่นยำจึงควรเลือกใช้วิธี CEM ในการคำนวณ

สำหรับในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการคำนวณทั้ง 3 วิธีเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าอัตราพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้าต่อไป