

การประเมินการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงค่าความเชื่อถือได้ กรณีศึกษาวงจรระบบจำหน่ายไฟฟ้าพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสะเกษ

ปณณธร รอดกำเนิด¹, วัชร พบพ², คมสันต์ หงษ์สมบัติ³, ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์⁴

¹กองบริการลูกค้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) pannathon.r@outlook.com

²กองก่อสร้างและบริหารโครงการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) watcharapob@gmail.com

³ภาควิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengksh@ku.ac.th

⁴ภาควิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ fengkdul@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การประเมินจุดเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเป็นสิ่งซึ่งช่วยให้การตัดสินใจในการเลือกลงทุนเพื่อปรับปรุงค่าความเชื่อถือได้ให้แก่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยบางครั้งรูปแบบการจัดสรรงบลงทุนอาจได้รับจัดสรรมาอย่างจำกัด แต่มีความจำเป็นต้องประเมินสภาพระบบจำหน่ายให้มีความน่าเชื่อถือสูงขึ้น โดยพิจารณาคัดเลือกจากวงจรที่ต้องการปรับปรุงข้อมูลสถิติไฟฟ้าขัดข้องย้อนหลัง เพื่อปรับปรุงค่าดัชนีค่าความเชื่อถือได้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในทางทฤษฎี หากในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนจำนวนมากจะช่วยลดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเป็นวงกว้างได้ แต่หากวงจรจำหน่ายไฟฟ้ามีระยะทางยาว และมีวงจรแยกมากจะส่งผลให้เงินลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนสูงขึ้น นั้นอาจหมายถึงการได้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ไม่เหมาะสมกับเงินที่ลงทุนไป

บทความนี้นำเสนอการพิจารณาจุดเพื่อประเมินการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนที่เหมาะสม และคัมค่ากับเงินลงทุนที่ได้รับจัดสรร เพื่อให้ได้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมที่สุด โดยผลการศึกษพบว่าจากวิธีการดังกล่าวสามารถช่วยลดเงินลงทุนลงได้ประมาณ 137,509 บาท โดยพิจารณาจากค่าของ CENS ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละรูปแบบการลงทุน

คำสำคัญ: การปรับปรุงดัชนีความเชื่อถือได้, การประเมินจุดติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอน, SAIFI, SAIDI, ENS, CENS

1. บทนำ

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) รับผิดชอบหน้าที่ในการให้บริการจำหน่ายไฟฟ้าให้กับพื้นที่ต่างๆของประเทศไทยนอกเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลโดยมีระดับแรงดันไฟฟ้า 3 ระดับ ได้แก่

1.แรงดันระดับสูง 115 เควี เป็นระดับแรงดันใช้งานส่งระหว่างสถานีไฟฟ้ากับสถานีไฟฟ้า และจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่บางราย

2.แรงดันระดับกลาง 22-33 เควี เป็นระดับแรงดันใช้งานจ่ายไปตามสายจำหน่ายและจ่ายให้กับภาคอุตสาหกรรมหรือผู้ใช้ไฟฟ้าเฉพาะราย

3.แรงดันระดับต่ำ 0.240/0.416 เควี เป็นระดับแรงดันใช้งานภาคครัวเรือนและอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

ระบบจำหน่ายส่วนใหญ่ของ กฟภ. เป็นระบบจำหน่ายระบบเรเดียลเหนือดิน (Radial Overhead Line) ซึ่งระบบดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือได้ของระบบไม่สูงมาก เพราะมีปัจจัยเสี่ยงหลายด้านที่ส่งผลกระทบต่อระบบทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องได้ จึงมีความจำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการชี้วัดประสิทธิภาพ [1] และคุณภาพความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้บริการ ตามมาตรฐานสากลนิยมนิยามตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินมีหลายดัชนี ได้แก่ 1) SAIFI, 2) SAIDI, 3) CAIDI, 4) ASAI, 5) ASUI และ 6) AENS [2] แต่ที่นิยมใช้งานเพื่อวัดค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ได้แก่ 1. SAIFI และ 2. SAIDI ซึ่งทางหน่วยงานที่กำกับดูแล กฟภ. เป็นผู้กำหนดเป้าหมายตัวดัชนีมาเพื่อประเมินประสิทธิภาพ กฟภ.

บทความนี้เสนอกรณีศึกษาการประเมินจุดติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนที่เหมาะสม เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้า ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้านความเชื่อถือได้เทียบกับงบประมาณที่ต้องลงทุนของ กฟภ. และงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรตามเงื่อนไข

2. การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

2.1 การประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าในอดีตใช้เพียงค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เพื่อวิเคราะห์และประเมินสาเหตุในการแก้ไขปัญหาเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง พร้อมทั้งวางแผนการปรับปรุงระบบจำหน่ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ส่งผลให้ในบางครั้งมีการลงทุนปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ไม่คุ้มค่ากับเงินลงทุนที่เสียไป เพราะพิจารณาค่าของ SAIFI และ SAIDI อย่างเดียว โดยสมการคิดค่าดัชนีแสดงดังสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 ตามลำดับ

$$SAIFI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไฟดับในแต่ละครั้ง x ระยะเวลาแต่ละครั้งที่ไฟดับ}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} \quad (2)$$

เมื่อ SAIFI คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ครั้งต่อรายต่อปี

SAIDI คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับทั้งหมดในระยะเวลาที่พิจารณาต่อผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งระบบ มีหน่วยเป็น นาทีต่อรายต่อปี

2.2 การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคต จะพิจารณาข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาคำนวณหาอัตราการชำรุด (Failure Rate) และระยะเวลาในการซ่อมของอุปกรณ์ในระบบ เพื่อคาดการณ์ หรือพยากรณ์สมรรถนะของระบบไฟฟ้าในปัจจุบันที่เกิดขึ้นเทียบกับค่าที่ปรับปรุงได้ในอนาคต และนำมาวางแผนปรับปรุงระบบไฟฟ้า โดยการพิจารณาความเชื่อถือได้ในอนาคตจะใช้ค่าดัชนีที่วัดสมรรถนะของระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย SAIFI, SAIDI, ENS และ CENS แสดงในสมการที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ [3]

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_T} \quad (3)$$

เมื่อ λ_i คือ อัตราการชำรุด (ครั้งต่อปี)
 N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟในจุดโหลดที่ i
 N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_T} \quad (4)$$

เมื่อ U_i คือ ช่วงเวลาที่เกิดไฟดับตลอดทั้งปีของผู้ใช้ไฟจุดโหลดที่ i

$$ENS = \sum L_c d \quad (5)$$

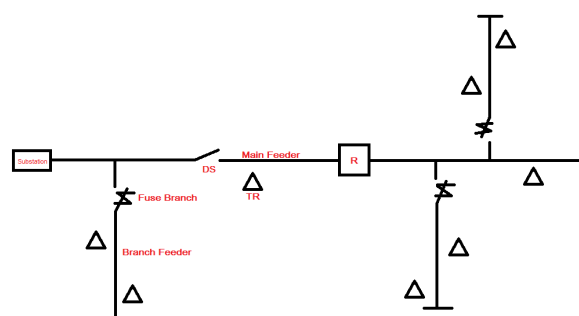
เมื่อ L_c คือ ค่าโหลดเฉลี่ยที่สูงสูญเสียไปเนื่องจากไฟดับ
 d คือ ช่วงระยะเวลาของการเกิดไฟดับ (ชั่วโมง)

$$CENS = (E \text{ cost}) \times ENS \quad (6)$$

เมื่อ E-cost คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย (บาท/kWh)

3. ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

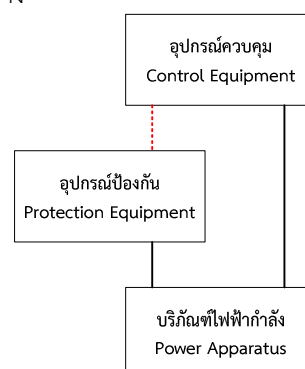
ระบบจำหน่ายแรงสูงของ กฟภ. แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ 1.ระบบเรเดียล (Radial) และ 2.ระบบวงรอบเปิด (Open Loop) โดยระบบจำหน่ายส่วนใหญ่ใช้การติดตั้งแบบเหนือดิน โดยมีรูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเรเดียลแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเรเดียล

การประสานความสัมพันธ์ (Coordination) ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความสำคัญมาก เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์และสามารถจ่ายไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง รวดเร็ว ลดผลกระทบที่จะเกิดไฟฟ้าดับเป็นวงกว้างทั้งแบบชั่วคราวและถาวร ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าให้น้อยที่สุด รูปที่ 2 ลักษณะของโครงสร้างการควบคุมระบบป้องกันไฟฟ้า

กฟภ. จึงให้ความสำคัญในการประสานความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สถานีไฟฟ้ากับรีโคลสเซอร์ในระบบจำหน่าย, เซอร์กิตเบรกเกอร์กับฟิวส์แรงสูง เป็นต้น [4] เพื่อให้การป้องกันระบบจำหน่ายไฟฟ้าสมบูรณ์และลดอัตราการเกิดไฟฟ้าขัดข้องเป็นบริเวณกว้าง



รูปที่ 2 ลักษณะของโครงสร้างการควบคุมระบบป้องกันไฟฟ้า

4. การพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนในสายป้อนระบบจำหน่ายไฟฟ้า

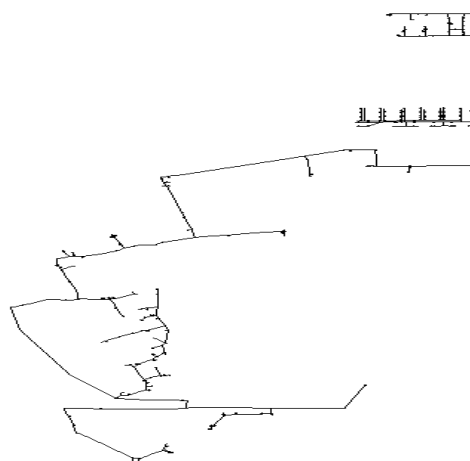
การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนในระบบจำหน่ายไฟฟ้าค่าความเชื่อถือได้จะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์ที่ติดตั้ง เนื่องจากทำให้สามารถตัดจ่ายโหลดเพื่อลดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับให้วงแคบลง ดังนั้นในการพิจารณาเลือกวงจรจำหน่ายเพื่อปรับปรุงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ จึงควรคัดเลือกวงจรที่มีเหตุการณ์เกิดไฟฟ้าขัดข้องบ่อยครั้ง และมีระยะเวลาในการดับนาน พื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสะเกษมีวงจรจำหน่ายไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากเป็นพื้นที่ติดกับเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล เมื่อพิจารณาข้อมูลไฟฟ้าขัดข้องสูงสุด 3 อันดับย้อนหลัง 4 ปี พบว่ามีสถิติไฟฟ้าขัดข้องเกิดขึ้นสูงสุดจำนวน 1 วงจร คือ สายป้อนธรรมศาสตร์วงจรที่ 14 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติไฟฟ้าขัดข้องสูงสุด 3 อันดับ ย้อนหลัง 4 ปี

ที่	ปี	วงจร	จำนวนไฟดับ (ครั้ง)
1	2560	RSA04	21
2	2560	TMS12	21
3	2560	TMS14	20
4	2561	TMS11	15
5	2561	TMS14	16
6	2562	TMS12	12
7	2562	TMS11	12
8	2562	TMS14	16
9	2563	TMS14	17
10	2563	TMS11	15
11	2563	BKU01	14

5. กรณีศึกษาสายป้อนระบบจำหน่ายไฟฟ้าพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสะเกษ

ข้อมูลในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนบนระบบจำหน่ายไฟฟ้าของสายป้อนธรรมศาสตร์ที่ 14 มีรายละเอียด แสดงดังตารางที่ 2 และลักษณะการจ่ายไฟฟ้าของสายป้อนธรรมศาสตร์วงจรที่ 14 แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการจ่ายไฟจริงของสายป้อนวงจรที่ 14 สถานีไฟฟ้าธรรมศาสตร์

ตารางที่ 2 รายละเอียดของสายป้อนธรรมศาสตร์วงจรที่ 14

ที่	รายการ	จำนวน
1	ความยาวสายป้อนหลัก	25.05 วงจร/กม.
2	ความยาวสายป้อนแยก	9 วงจร/กม.
3	โหลดผู้ใช้ไฟรวม	23.55 MW
4	ผู้ใช้ไฟทั้งหมด	5,146 ราย
5	สวิตช์ตัดตอน	3 จุด
6	คอปเปอร์พาวเวอร์สายป้อนแยก	5 จุด
7	รีโคลสเซอร์	0 จุด

5.1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่า

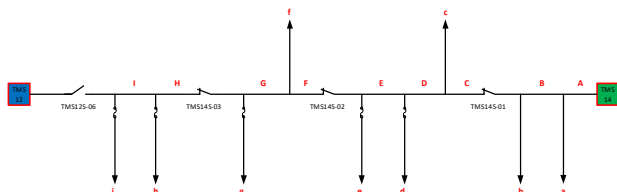
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้สูงขึ้นนั้น ต้องมีการลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและอุปกรณ์ตัดตอน ตลอดจนเปลี่ยนแปลงชนิดของสายตัวนำให้เป็นแบบหุ้มฉนวนไม่เต็มพิกัด (SAC) เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดสาเหตุไฟฟ้าขัดข้องได้ เมื่อใดที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจะเกิดสถานะต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดหาแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Cost of Supply) ส่งผลให้ค่าอัตราหน่วยเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันหากการลงทุนสูงแต่ได้ค่าความเชื่อถือได้กลับมาไม่มากจากค่าฐานก็อาจไม่คุ้มค่าในการลงทุน จึงเป็นความสำคัญในการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอน เทียบกับค่า CENS ที่ลดลงจากกรณีฐานของระบบที่ได้รับ การปรับปรุง [5]-[7]

5.2 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของสายป้อนธรรมศาสตร์วงจรที่ 14 จำลองลักษณะการจ่ายไฟด้วยวงจรเส้นเดียว (Single Line Diagram) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์

ง่ายขึ้นโดยกำหนดจุดสายป้อนหลักและสายป้อนแยก ดังแสดงรูปที่ 4

ข้อมูลการเชื่อมต่อของโหลดแต่ละจุดบ่งบอกถึงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่แต่ละวงจนแยก และปริมาณการใช้งานของโหลดแต่ละจุด โดยอ้างอิงข้อมูลจากระบบ GIS ของ กฟผ. ในการดึงออกมาวิเคราะห์



รูปที่ 4 วงจรเส้นเดียวของสายป้อนธรรมชาติวงจรที่ 14

การคำนวณกรณีฐานของสายป้อนธรรมชาติวงจรที่ 14 โดยพิจารณาค่าดัชนี SAIFI, SAIDI และ CENS ตัวแปรที่ต้องนำมาคำนวณเพิ่มเติมได้แก่ อัตราการขัดข้อง (λ) โดยอัตราการขัดข้องของสายป้อนหลักสามารถหาได้จากสมการที่ 7

$$\lambda_M = \frac{\text{จำนวนการเกิดเหตุขัดข้อง}}{\text{จำนวนปี } x \text{ ความยาวสายป้อนหลัก}} \quad (7)$$

เมื่อคำนวณอัตราการขัดข้องของสายป้อนหลักแต่ละช่วง ทำให้ได้ค่าอัตราการขัดข้องแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการขัดข้องของสายป้อนหลักแต่ละช่วง

ช่วง	ความยาว (km)	λ
A	1.2	0.191616766
B	1.2	0.191616766
C	2.2	0.351297405
D	1.57	0.250698603
E	0.8	0.127744511
F	1	0.159680639
G	4.3	0.686626747
H	5.65	0.902195609
I	7.58	1.210379242

การคำนวณอัตราการขัดข้องของสายป้อนแยกในแต่ละช่วงสามารถหาได้จากสมการที่ 8

$$\lambda_L = \frac{\text{จำนวนการเกิดเหตุขัดข้อง}}{\text{จำนวนปี } x \text{ ความยาวสายป้อนแยก}} \quad (8)$$

อัตราการขัดข้องของสายป้อนแยกในแต่ละช่วงแสดงค่าในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการขัดข้องของสายป้อนแยกแต่ละช่วง

ช่วง	ความยาว (km)	λ
a	0.755	0.671111111
b	1.479	1.314666667
c	0.15	0.133333333
d	0.53	0.471111111
e	1.34	1.191111111
f	0.816	0.725333333
g	0.39	0.346666667
h	1.28	1.137777778
i	2.26	2.008888889

6. ผลของกรณีศึกษาวงจรระบบจำหน่ายไฟฟ้าพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสะเกษ

ผลการศึกษากรณีฐานของวงจรจำหน่ายไฟฟ้าสถานีไฟฟ้าธรรมชาติ สายป้อนที่ 14 โดยอ้างอิงจากค่าเสียโอกาสของการจำหน่ายไฟฟ้าที่ราคา 3.5 บาท/kWh ทำให้ทราบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของวงจรจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งมีค่าต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ กรณีฐาน

ดัชนี	ค่า	หน่วย
SAIFI	7.751579913	ครั้ง/ราย/ปี
SAIDI	11.236772	ชั่วโมง/ราย/ปี
ENS	269,816.4018	kWh/ปี
*E-cost	3.5	บาท/kWh
CENS	944,357.41	บาท/ปี

โดยขั้นตอนในการประเมินเริ่มจากคำนวณค่าดัชนีในกรณีฐาน หลังจากนั้นพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนในแต่ละช่วงของสายป้อนหลักและสายป้อนแยก เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ได้ก่อนและหลังการปรับปรุง หลังจากนั้นพิจารณาเงินลงทุนเพื่อเทียบกับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ลดลง หรือค่าเป้าหมายที่คาดหวัง และงบประมาณที่ได้รับการจัดสรรประจำปี ซึ่งจากการศึกษาได้พิจารณาเลือกติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอนจำนวน 3 กรณีเทียบกับค่ากรณีฐาน ได้ผลการศึกษาสรุปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ทุกกรณี

กรณี	ดัชนีความเชื่อถือได้			
	SAIFI	SAIDI	ENS	CENS
กรณีฐาน	7.7516	11.2368	269,816	944,357
1	2.5542	4.7002	230,528	806,848
2	2.9053	4.9308	240,244	840,854
3	2.9053	3.8560	184,714	646,498

6. สรุป

การปรับปรุงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าหากพิจารณาเพียงค่าดัชนีความเชื่อถือได้อาจจะส่งผลกระทบต่อเงินลงทุนที่สูงเกินความจำเป็นในการได้มาซึ่งค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับค่าดัชนีความเชื่อถือได้เดิมก่อนที่มีการปรับปรุงค่าดัชนี

โดยบทความนี้ได้นำเสนอการพิจารณาค่า CENS ในการช่วยเหลือและประเมินความคุ้มค่าในการเลือกลงทุนเพื่อปรับปรุงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ทำให้สามารถพิจารณาเลือกรูปแบบในการลงทุนที่เหมาะสมกับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ดีขึ้น

การพิจารณาค่า CENS ทำให้สะท้อนเห็นถึงอัตราของรายได้ และการสูญเสียโอกาสในการขายไฟฟ้า เมื่อเกิดเหตุไฟฟ้าขัดข้องเทียบกับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ได้กลับคืนมากับเงินลงทุนที่เสียไปนั้น จะทำให้พิจารณาเลือกค่าดัชนีที่เหมาะสมกับการลงทุนได้มากกว่าที่จะเลือกจากค่าดัชนีที่ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้เขียนเสร็จลงด้วยดีได้รับความกรุณาและคำแนะนำจาก ผศ.ดร.ดุสิตพิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ และ ผศ.ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ

ขอขอบพระคุณ ชมรมวิศวกร การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) และคุณอนุรักษ์ เขยชุม ที่สนับสนุนและแนะนำ ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการเขียนบทความจนเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ กฟภ. และผู้ที่สนใจ หรือกำลังศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2553. “ความน่าเชื่อถือได้ และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า” พิมพ์ครั้งที่ 2. โครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- [2] รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ 2559. “การติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า” วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, ฉบับที่ 2, ปีที่ 10, กันยายน, กรุงเทพฯ.
- [3] ผศ.ดร.ดุสิตพิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์. 2561. “เอกสารประกอบการสอนรายวิชาความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลัง” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [4] รศ.ดร.ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช. 2538. “การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- [5] เพ็ญจันทร์ สิงห์โอ และ อ.ดร.พิสุทธิ รพีศักดิ์ 2554. “วิธีการตั้งค่าเป้าหมายความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นห่อหุ้ม” วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ฉบับที่ 78, ปีที่ 24, ตุลาคม-ธันวาคม, กรุงเทพฯ.
- [6] A.A.Chowdhury “Distribution System Risk Assessment Based-On Historical Reliability Performance” 2005. IEEE International Conference on Electro Information Technology, Lincoln, NE, pp.7.
- [7] Hong-shan Zhao, Hong-yang Liu, Song Chen, Ying-ying Wang and Hang-yu Zhao “Reliability assessment of distribution network considering preventive maintenance” 2016. IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM), Boston, MA, pp.1-5.