

การเพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย 33 kV โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Trip Saver (Distribution System Reliability Enhancement Using Trip Saver)

นายวิวัฒน์ ดาราจิตร¹, นายวิษณุ พรหมรัตน์²

¹กองปฏิบัติการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 2 ภาคใต้ weerapat.dar@pea.co.th

²กองปฏิบัติการ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 2 ภาคใต้ witsanu.promrat@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันและตัดตอน ทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ Feeder Breaker, Recloser, และ Dropout Fused Cutouts โดยอุปกรณ์ที่มีสถิติไฟฟ้าขัดข้องสูงสุดได้แก่ Dropout Fused Cutouts เนื่องจากปัจจัยด้านคุณสมบัติและข้อจำกัดของอุปกรณ์ ส่งผลต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ในบทความฉบับนี้ได้เสนอแนวทางการลดสถิติการทำงานของ Dropout Fused Cutouts ที่เกิดจากความผิดพลาดแบบชั่วคราว (Temporary Fault) และลดการทำงานไม่สัมพันธ์กันเนื่องจากการ coordination ระหว่าง Dropout Fused Cutouts ที่ตำแหน่ง Branch Lines กับ Dropout Fused Cutouts ที่ตำแหน่ง Sub-Branch Lines โดยการติดตั้ง Trip Saver ในตำแหน่งที่เหมาะสม ผลการติดตั้งสามารถลดสถิติการทำงานจากความผิดพลาดแบบชั่วคราว และลดการทำงานไม่สัมพันธ์กัน ได้ 85.71% ทำให้สามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้ไฟเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ: Trip Saver, Recloser, Distribution Reliability Enhancement.

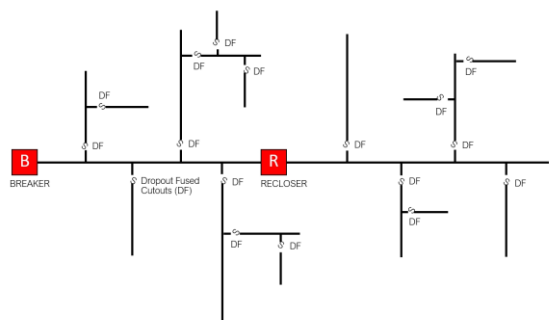
1. บทนำ

ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟผ.) จะเริ่มจากสถานีจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution Substation) ส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังพื้นที่ต่างๆ ผ่านวงจรระบบจำหน่าย (Distribution Feeders) โดยมี Feeder Breaker ที่สถานีจำหน่ายไฟฟ้า ทำหน้าที่สับต่อ (Close) และปลดวงจร (Open) สายป้อนหลัก (Main Feeder) จากต้นทาง มีรีเลย์ป้องกัน (Protective Relay) ทำหน้าที่ตรวจสอบและให้สัญญาณเพื่อปลดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความผิดปกติ (Fault) สายป้อนหลัก (Main Feeder) จะถูกแบ่งเป็นช่วงๆ โดยมี Recloser ที่รวมหน้าที่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีเลย์ป้องกัน

กระแสเกิน และรีเลย์สับต่อวงจรกลับอัตโนมัติเอาไว้ในตัวเดียว ทำหน้าที่ตรวจสอบและป้องกันระบบจำหน่ายในช่วงนั้นๆ มี Dropout Fused Cutouts (DF) เป็นอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนวงจรย่อย (Branch Lines) และสายป้อนวงจรแยกย่อย (Sub-Branch Lines) ดังแสดงในรูปที่ 1

ระบบป้องกัน Branch Lines และ Sub-Branch Lines เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกิน จะทำให้ฟิวส์ขาด Cutout ตกลงมา ทำให้สังเกตได้ง่ายว่าเกิด Fault ในวงจรสายป้อนนั้น แต่เนื่องจากชุดปฏิบัติการระบบไฟฟ้าต้องตรวจสอบเคลียร์ไลน์เพื่อหาสาเหตุ แก้ไข เปลี่ยนฟิวส์ และสับ Cutout เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากลับคืนสภาวะปกติ จึงทำให้เกิดไฟฟ้าดับค่อนข้างนาน แต่ครั้งอาจจะไม่น้อยกว่า 30 นาที ซึ่งหากเป็นช่วงที่มีพายุมรสุม Dropout Fused Cutouts ทำงานพร้อมกันหลายจุด อาจจะใช้เวลาในการแก้ไขให้ครบทุกจุดนานหลายชั่วโมง และในบางพื้นที่ Branch Lines และ Sub-Branch Lines มีตำแหน่งใกล้เคียง มีความยากในการทำ Time Coordination ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อเกิด Fault ในวงจร Sub-Branch Lines อุปกรณ์ป้องกันในวงจร Branch Lines ทำงานไปด้วยทำให้มีพื้นที่ไฟฟ้าดับกว้างกว่าที่ควรจะเป็น

ภาคใต้ของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา มะพร้าว ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ซึ่งส่งผลกระทบต่อตรงต่อการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง จากสถิติเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง กฟผ.2 [1] พบว่าประมาณ 31.7% ไม่พบสาเหตุ สาเหตุที่พบส่วนใหญ่เกิดจากมีกิ่งไม้แกว่งมาแตะสายไฟฟ้า และสาเหตุจากสัตว์ไปสัมผัสจุดเปิดแล้วตกลงพื้น ซึ่งมากกว่า 70% เป็นความผิดพลาดแบบชั่วคราว (Temporary Fault) แต่เมื่อเกิดการลัดวงจร ในสายป้อนวงจรย่อย (Branch Lines) หรือสายป้อนวงจรแยกย่อย (Sub-Branch Lines) ซึ่งมีระบบป้องกันด้วย Dropout Fused Cutouts ถึงแม้จะเป็น Fault แบบชั่วคราว ก็จะทำให้เกิดไฟฟ้าดับนาน ส่งผลกระทบต่อลูกค้าและเป็นสาเหตุของการเกิดข้อร้องเรียน



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน และอุปกรณ์ตัดตอนในระบบจำหน่ายแรงสูง

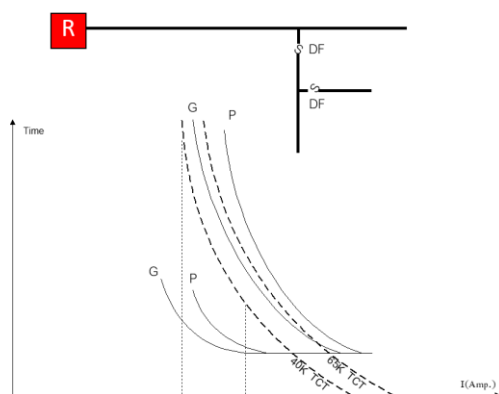
ใน [2-3] นำเสนอการการติดตั้ง Recloser ที่สายป้อนหลัก (Main Feeder) ร่วมกับ Fuse Saver สามารถลดระยะเวลาของการเกิดไฟดับรวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแก้ไขเหตุขัดข้อง แต่หากเป็น Fault ถาวร ยังคงมีการระเบิดของฟิวส์, ใน [4] เสนอ Trip Saver (TS) ติดตั้งทดแทนตำแหน่ง Dropout Fused Cutouts มีหน้าที่คล้าย Recloser ขนาดเล็ก แต่ต้องมีการตั้งค่า setting และการ Coordination ที่ค่อนข้างซับซ้อน

จากปัญหาการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสาเหตุ Fault ชั่วคราวของ Branch Lines และ Sub-Branch Lines ข้างต้น บทความนี้นำเสนอการแก้ไขปัญหาโดยการติดตั้ง Trip Saver เป็นอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนวงจรย่อย (Branch Lines) ในพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 ภาคใต้ (กฟต.2)

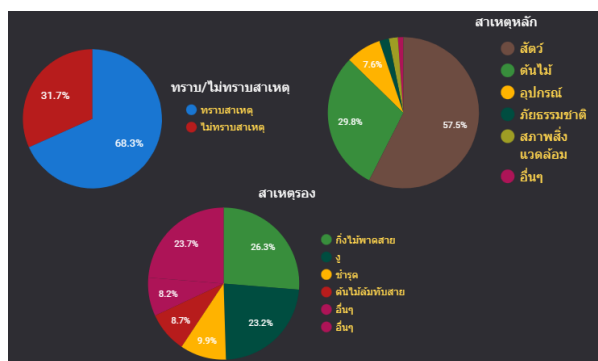
2. ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 สาเหตุไฟฟ้าขัดข้อง Dropout Fuse พื้นที่ กฟต.2

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหนือพื้นดินของ กฟต.2 ปี 2563 [1] มีสาเหตุไฟฟ้าขัดข้องที่เกิดกับ Dropout Fused Cutouts แบ่งเป็นทราบสาเหตุ 68.3% ไม่ทราบสาเหตุ 31.7% โดยที่ทราบสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากสัตว์ 57.5% และ ต้นไม้ 29.8% ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 การโคออดิเนชันระหว่างรีคลอสเซอร์กับฟิวส์ และการโคออดิเนชันระหว่างฟิวส์กับฟิวส์



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงสาเหตุไฟฟ้าขัดข้อง DF ในพื้นที่ กฟต.2 ปี 2563 [1]

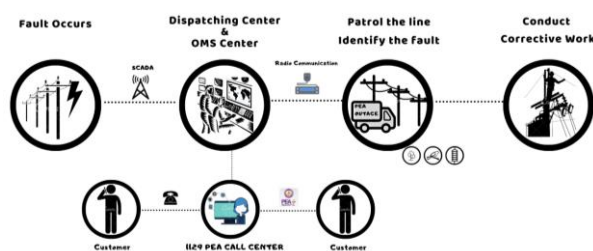
2.2 กระบวนการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟท. [5]

เมื่อเกิด Fault ในสายป้อนวงจรย่อย (Branch Lines) หรือสายป้อนวงจรแยกย่อย (Sub-Branch Lines) จะทำให้ฟิวส์ขาด Cutout ตกลงมา ทำให้เกิดไฟฟ้าดับ ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจะโทรศัพท์แจ้งไปยังศูนย์บริการผู้ใช้ไฟฟ้า (1129 PEA CALL CENTER) หรือผ่าน PEA Smart Plus Application ขุดปฏิบัติการระบบไฟฟ้าในพื้นที่ที่จะเข้าตรวจสอบเคลียร์ไลน์เพื่อหาสาเหตุ แก้ไข เปลี่ยนฟิวส์ และจ่ายไฟกลับคืน ดังรูปที่ 4

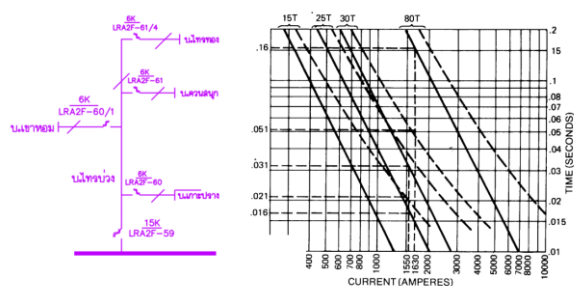
ใน Branch Lines ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเฉพาะ กฟต.2 จะมีการติดตั้ง Dropout Fused Cutouts ป้องกัน Sub-Branch Lines ดังรูปที่ 5 เพื่อลดการเกิดไฟดับทั้ง Branch Lines และเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีสาเหตุไฟฟ้าดับบ่อยจากสาเหตุต้นไม้และสัตว์ โดยในบางพื้นที่อาจมีสูงถึง 10 Sub-Branch Lines ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์อุปกรณ์ทำงานไม่สัมพันธ์กัน ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch เนื่องจากปัญหาการทำ Time Coordination และการใช้งานมานานอาจส่งผลต่อค่าการหลอมละลาย (Melting) ของฟิวส์ด้วยเช่นกัน

2.3 หลักการทำงานของ Trip Saver

Trip Saver ดังรูปที่ 6 มีหลักการทำงานคล้าย Recloser 1 เฟสสามารถสับต่อวงจรกลับอัตโนมัติ (Automatic Reclosing) ใช้แทน Dropout Fused Cutouts ภายในมี Circuit Breaker สามารถสับกลับเองได้ ดังรูปที่ 7 สามารถช่วยเคลียร์ Fault แบบชั่วคราวได้ โดยเมื่อ Trip Saver ตรวจจับพบ Fault จะเปิดวงจรในเวลาตาม Curve และรอสับกลับ (Dead Time) ครั้งแรก 5 วินาที



รูปที่ 4 ขั้นตอนการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟท.



รูปที่ 5 ตัวอย่างไดอะแกรมแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ Dropout Fused Cutouts Branch Lines และ Sub-Branch

หากยังมี Fault จะเปิดวงจรครั้งที่สองมีค่า Dead Time ที่ 15 วินาที ดังรูปที่ 4 หากยังคงมี Fault (Fault ถาวร) ตัว Trip Saver จะตกเหมือน Dropout Fused Cutouts ทำงาน ชุดปฏิบัติการระบบไฟฟ้าจะต้องมาตรวจสอบเคลียร์ไลน์ แก้ไขทำการ Reset ตัว Trip Saver เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้ากลับสู่สถานะปกติ

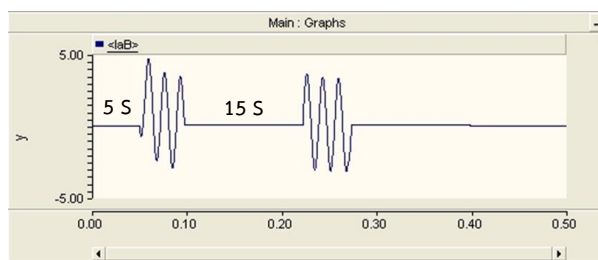
2.4 ค่าความเสียหายกรณีเกิดไฟฟ้าขัดข้องแต่ละครั้ง Outage Cost (Branch line)

ในการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องแต่ละครั้งจะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายดังนี้

ลำดับ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย/ครั้ง
1.	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	1,000 บาท
2.	ค่าแรง	1,000 บาท
3.	ค่าอุปกรณ์	1,000 บาท
4.	Outage Cost (Branch line) [6]	2,222 บาท
รวม		5,222 บาท



รูปที่ 6 การติดตั้ง Trip Saver แทนตำแหน่ง Dropout Fused Cutouts



รูปที่ 7 รูปคลื่นสัญญาณกระแสของ Trip Saver

3. การพิจารณาจุดติดตั้ง Trip Saver

การพิจารณาจุดติดตั้ง Trip Saver ในบทความนี้จะพิจารณาจากพื้นที่ที่มีระบบไฟฟ้า 1 เฟส และมีสถิติไฟฟ้าขัดข้องบ่อยครั้ง หรือมีข้อร้องเรียนไฟตกไฟดับบ่อย ในพื้นที่ กฟต.2 จำนวน 3 อุปกรณ์ เพื่อทำการทดลองติดตั้ง

3.1 สถิติไฟฟ้าขัดข้อง Dropout Fuse พื้นที่ กฟต.2

จากข้อมูลสถิติไฟฟ้าขัดข้องที่ Dropout Fused Cutouts ปี 2563 ในพื้นที่ กฟต.2 จำนวน 10 อันดับแรก [1] พบว่าทั้ง 10 รหัสอุปกรณ์มีสถิติการทำงานสูงกว่า 30 ครั้ง ซึ่งถือว่าสถิติการทำงานที่สูง และส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟ ทำให้เกิดข้อร้องเรียน VOICE OF CUSTOMER ในบางพื้นที่ที่สามารถแยกรายละเอียดสาเหตุได้ดังนี้

1.ทราบสาเหตุ 68.3%

- 1.1 สาเหตุเกิดจากฟอล์ทถาวร Permanent Faults (40%)
- 1.2 สาเหตุเกิดจากฟอล์ทชั่วคราว Temporary Faults (40%)
- 1.3 สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์ทำงานไม่สัมพันธ์กัน ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch ในบางเหตุการณ์ (20%)

2.ไม่ทราบสาเหตุ 31.7% (สันนิษฐาน)

- 2.1 สาเหตุเกิดจากฟอล์ทถาวร Permanent Faults (40%)
- 2.2 สาเหตุเกิดจากฟอล์ทชั่วคราว Temporary Faults (40%)
- 2.3 สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์ทำงานไม่สัมพันธ์กัน ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch ในบางเหตุการณ์ (20%)

Top Drop Out Fuse				
รหัสอุปกรณ์	กฟต.	จำนวนครั้ง ปี 63	ปี 63	จำนวนครั้ง ปี 63
1. KNA03F-24	กฟส.อ.ชนอม	65	65	65
2. KCD05F-32/04	กฟอ.กาญจนาดิษฐ์	64	64	64
3. CLA01F-86	กฟย.อ.พนม	46	46	46
4. LRA02F-59	กฟอ.ห้วยยอด	46	46	46
5. KCD05F-15	กฟอ.กาญจนาดิษฐ์	45	45	45
6. LRA02F-51	กฟอ.ห้วยยอด	42	42	42
7. KCD01F-41/01	กฟอ.กาญจนาดิษฐ์	40	40	40
8. CLA01F-113	กฟย.อ.พนม	40	40	40
9. TMG08F-23	กฟส.อ.ตะกั่วทุ่ง	39	39	39
1... LRA09F-57	กฟอ.ห้วยยอด	39	39	39

รูปที่ 8 สถิติไฟฟ้าขัดข้องที่ DF ปี 2563 พื้นที่ กฟต.2 ปี 2563 [1]

จากสถิติสามารถจำแนกเหตุการณ์ได้เป็น 2 กลุ่มคือ

3.2 การคัดเลือกจุดติดตั้ง Trip Saver (TS) เพื่อทำการทดลองจำนวน 3 จุด [7]

โดยพิจารณาคัดเลือกจากอุปกรณ์ที่มีสถิติการทำงานสูง (สาเหตุเกิดจากฟอล์ทชั่วคราว Temporary Faults, สาเหตุเกิดจากอุปกรณ์ทำงานไม่สัมพันธ์กัน ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch), มีข้อร้องเรียนคุณภาพไฟฟ้าเรื่องไฟดับบ่อย และดับนาน โดย กฟต.2 ได้ทำการคัดเลือกจุดติดตั้งทั้งหมดจำนวน 3 จุด ดังนี้

- 1.PPA01F-58 (1P) บ้านสี่ขีด พื้นที่ กฟอ.พุนพิน
มีสถิติไฟฟ้าขัดข้องในปี 2563 จำนวน 25 ครั้ง
- 2.LRA02F-59 (1P) บ้านไทรม่วง พื้นที่ กฟอ.ห้วยยอด
มีสถิติไฟฟ้าขัดข้องในปี 2563 จำนวน 46 ครั้ง
- 3.KBA08F-52 (1P) บ้านวังน้ำเย็น พื้นที่ กฟส.อ.เขาพนม
มีสถิติไฟฟ้าขัดข้องในปี 2563 จำนวน 34 ครั้ง

4.ผลการวิเคราะห์หลังติดตั้ง Trip Saver จำนวน 211 วัน

4.1 ผลการติดตั้ง TRIP SAVER ที่ตำแหน่ง PPA01F-58

PPA01F-58 บ้านสี่ขีด กฟอ.พุนพิน

การดำเนินการ	ช่วงเวลา	Permanent Faults	Temporary Faults
ก่อนติดตั้ง	ปี 2563	25	-
หลังติดตั้ง	ม.ค. – ส.ค. 64	0	22

จากข้อ 4.1 ในปี 2563 อุปกรณ์ที่ติดตั้งเป็น Drop Out Fuse ดังนั้นเมื่อเกิด Fault ขึ้นไม่ว่าจะเป็น permanent fault หรือ temporary fault จะทำให้ Drop Out Fuse ตกและมีไฟดับซึ่งในปี 2563 มีไฟฟ้าดับในพื้นที่หลัง PPA01F-58 ไป 25 ครั้ง ระยะเวลาในการแก้ไขเฉลี่ย 1-3 ชั่วโมง เมื่อนำ Trip Saver มาติดตั้งหากเป็น temporary fault อุปกรณ์ Trip Saver จะ recloser สำเร็จส่งผลให้ไม่มีไฟดับมีเพียงแค่ไฟกระพริบ ภายหลังการติดตั้ง Trip Saver แทน Drop Out Fuse พบว่า ไม่มี permanent fault เกิดขึ้นเลยมีเพียง temporary fault จำนวน 22 ครั้ง นั้นหมายความว่า ผู้ใช้ไฟจะไม่ได้รับผลกระทบจากไฟดับเลยในปี 2564 มีแค่ไฟกระพริบ จากการสัมภาษณ์ ผู้ใช้ไฟในพื้นที่ดังกล่าวพบว่ามี ความพึงพอใจอย่างมาก [8]

4.2 ผลการติดตั้ง TRIP SAVER ที่ตำแหน่ง LRA02F-59

LRA02F-59 บ้านไทรม่วง กฟอ.ห้วยยอด

การดำเนินการ	ช่วงเวลา	Permanent Faults	Temporary Faults
ก่อนติดตั้ง	ปี 2563	46	-
หลังติดตั้ง	ม.ค. – ส.ค. 64	12	36

จากข้อ 4.2 ในปี 2563 มีไฟฟ้าดับในพื้นที่หลัง LRA02F-59 ไป 46 ครั้ง ภายหลังการติดตั้ง Trip Saver แทน Drop Out Fuse พบว่ามี permanent fault จำนวน 12 ครั้ง (ไฟดับ) และเกิด temporary fault จำนวน 36 ครั้ง (ไฟกระพริบ) ซึ่งสามารถลดไฟดับได้ 36 ครั้ง

4.3 ผลการติดตั้ง TRIP SAVER ที่ตำแหน่ง KBA08F-52

KBA08F-52 บ้านวังน้ำเย็น กฟส.อ.เขาพนม

การดำเนินการ	ช่วงเวลา	Permanent Faults	Temporary Faults
ก่อนติดตั้ง	ปี 2563	34	-
หลังติดตั้ง	ม.ค. – ส.ค. 64	3	47

จากข้อ 4.3 ในปี 2563 มีไฟฟ้าดับในพื้นที่หลัง KBA08F-52 ไป 34 ครั้ง ภายหลังการติดตั้ง Trip Saver แทน Drop Out Fuse พบว่ามี permanent fault จำนวน 3 ครั้ง (ไฟดับ) และเกิด temporary fault จำนวน 47 ครั้ง (ไฟกระพริบ) ซึ่งสามารถลดไฟดับได้ทั้งหมด 47 ครั้ง

5.สรุป

บทความนี้กล่าวถึงการเพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 2 ภาคใต้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์สับต่อวงจรกลับอัตโนมัติขนาดเล็ก 1 เฟส หรือ Trip Saver ทดแทน Dropout Fused Cutouts ป้องกันสายป้อนวงจรย่อย (Branch Lines) เพื่อแก้ปัญหาการเกิดความผิดปกติแบบชั่วคราว (Temporary Fault) และ Melting Time Coordination ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch Lines โดยพิจารณาตำแหน่งติดตั้งจากความถี่ของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ (Frequency of Outage) การทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ป้องกัน (Coordination) และจำนวนของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบ

ผลการติดตั้ง Trip Saver เพื่อลดสถิติการทำงานของ Dropout Fused Cutouts ที่เกิดจาก temporary fault และลดการทำงานไม่สัมพันธ์กันเนื่องจากการ coordination ระหว่าง Dropout Fused Cutouts ที่ตำแหน่ง Branch Lines กับ Dropout Fused Cutouts ที่ตำแหน่ง Sub-Branch โดยติดตั้ง Trip Saver จำนวน 3 จุด ในพื้นที่ กฟต.2 เป็นระยะเวลา 211 วัน สามารถลดไฟฟ้าขัดข้องได้รวมจำนวน 90 ครั้ง คิดเป็น 85.71% สามารถลดค่าใช้จ่ายกรณีเกิดไฟฟ้าขัดข้อง Outage Cost (Branch line) รวมประมาณ 450,000 บาท สร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้ไฟ ลดข้อร้องเรียน ไฟตกไฟกระพริบ

การติดตั้ง Trip Saver ในระบบจำหน่ายของ กฟภ. ควรติดตั้งที่ตำแหน่งต้นทางของระบบจำหน่ายไลน์แยก Branch Lines ชนิด 1 เฟส ที่มีสถิติไฟฟ้าขัดข้องสูงโดยเฉพาะจากสาเหตุ temporary fault และสาเหตุที่เกิดจากอุปกรณ์ทำงานไม่สัมพันธ์กัน ระหว่าง Branch Lines และ Sub-Branch อุปกรณ์ Trip Saver จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวและลดสถิติการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, “Reliability Dashboard S2” รายงานไฟฟ้าขัดข้อง พื้นที่ กฟต.2 ปี 2563 (ข้อมูลอุปกรณ์ป้องกันไลน์แยก *Dropout Fused Cutouts*). 2562.
- [2] R. L. Myer, “Parametric oscillators and nonlinear materials,” in *Nonlinear Optics*, vol. 4, P. G. Harper S. and B. Wherret, Eds. San Francisco, CA: Academic, 1977, pp. 47-160.
- [3] *Siemens Fusesaver*, 2019 , [online] Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a41603a9-4cf2-49ce-88f0-6fb5e5253e6e/fusesaver-brochure-2019.pdf>
- [4] "S and C TripSaver II Cutout-Mounted Recloser" , *S&C Electrical Company*, 2014.
- [5] ขจรศักดิ์ ทองพบ , *One Point Knowledge “Work Process of Outage Management System”*. 2561.
- [6] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, “รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาอัตราเสียหายเนื่องจากไฟดับ (*Outage cause*)”. 2556.
- [7] A. Pregelj, M. Begovic and A. Rohatgi, “Recloser allocation for improved reliability of DG-enhanced distribution networks,” in *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 21, no. 3, pp. 1442-1449, Aug. 2006, doi: 10.1109/TPWRS.2006.876649.
- [8] ผลการทดลองติดตั้ง Trip Saver ใช้งานในพื้นที่กฟต.2 เป็นระยะเวลา 4 เดือน
<https://www.youtube.com/watch?v=X0gcXkvONa4&t=124s>