

การพัฒนาระบบประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ (Development of an automatic power loss evaluation for low-voltage distribution systems)

นายเชตร์ จุฬาคำ¹, นายกรกช ยศสมบัติ², น.ส.ภาณุมาส สอาดวงศ์³ และนายเจษฎจักร ทรัพย์มาร⁴

¹ กองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค khet.chu@pea.co.th

² กองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค korakot.yot@pea.co.th

³ กองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค phanumat.saa@pea.co.th

⁴ กองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค jettajak.sap@pea.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบประเมินหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ โดยจะนำข้อมูลของระบบจำหน่ายแรงดันต่ำมาจากระบบ GIS ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จากนั้นจะนำข้อมูลของระบบจำหน่ายแรงดันต่ำมาทำการคำนวณและประเมินหน่วยสูญเสีย ด้วยโปรแกรม DigSILENT PowerFactory โดยจะใช้โปรแกรม Python เพื่อจัดการให้ระบบประเมินหน่วยสูญเสียสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ

คำสำคัญ: โปรแกรม DigSILENT PowerFactory, โปรแกรม Python

1. บทนำ

ปัจจุบันการประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟผ.) นั้น จะทำการประเมินพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค (Non-technical energy loss) และพลังงานไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค (Technical energy loss)

โดยพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค (Non-technical energy loss) สาเหตุเกิดจากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง หรือการลักลอบใช้ไฟฟ้า เป็นต้น และพลังงานไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค (Technical energy loss) สาเหตุเกิดจากพลังงานสูญเสียภายในสายป้อน และหม้อแปลงไฟฟ้า

ซึ่งการประเมินหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำของ กฟผ. จะทำการประเมินโดยวิธีการคำนวณมือ (Manual) ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้า และอาจเกิดความผิดพลาดในการประเมินหน่วยสูญเสียได้ ดังนั้นการพัฒนาระบบประเมินหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติสามารถช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและลดเวลาในการทำงานลงได้

โดยการพัฒนาาระบบประเมินดังกล่าว จะใช้โปรแกรม DigSILENT Power Factory ทำงานร่วมกับโปรแกรม Python ซึ่งข้อมูลของระบบจำหน่ายแรงดันต่ำจะถูกนำเข้ามามีจากระบบ GIS ของ กฟผ. ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากระบบ GIS นั้น บางส่วนยังไม่ถูกต้อง ครบถ้วน จะส่งผลทำให้การคำนวณด้วยโปรแกรม DigSILENT PowerFactory เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้น ก่อนนำข้อมูลจากระบบ GIS ไปใช้งานจึงจำเป็นต้องปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้ถูกต้อง โดยการปรับปรุงข้อมูลจะผ่านโปรแกรม DigSILENT PowerFactory เช่นกัน

2. ทฤษฎีที่นำเสนอ

การประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำของ กฟผ. จะทำการประเมิน 2 หัวข้อ ดังนี้

1. พลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค (Non-technical energy loss) [1]

เป็นพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้อง ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัดปริมาณไฟฟ้า หรือติดตั้งมิเตอร์วัดไฟฟ้าไม่ครบถ้วน ตลอดจนการจดหน่วยการใช้ไฟฟ้า การเรียกเก็บเงินลูกค้าได้ไม่ครบถ้วน

และการลักลอบใช้ไฟฟ้า เป็นต้น การประเมินพลังงานไฟฟ้าสูญเสียประเภทนี้โดยตรงสามารถทำได้ยาก ในปัจจุบันจึงใช้วิธีการวัดผลต่างระหว่างหน่วยซื้อและหน่วยขายไฟฟ้า โดยใช้จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ซื้อจาก กฟผ. หรือ VSPP รวมกับจำนวนหน่วยไฟฟ้าผลิตเอง และหักออกด้วยจำนวนหน่วยขายให้แก่ลูกค้า จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่สาธารณะ และหน่วยสูญเสียทางเทคนิค สรุปได้ดังรูปที่ 1 และสมการที่ (1)



รูปที่ 1 วิธีการประเมินพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค
หน่วยสูญเสียที่ไม่ใช่ทางเทคนิค = หน่วยซื้อ + หน่วยผลิตเอง – หน่วยจำหน่าย – ไฟฟรี – หน่วยสูญเสียทางเทคนิค (1)

2. พลังงานไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค (Technical energy loss) [1]

การประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิคโดยอาศัยแบบจำลองไฟฟ้าของอุปกรณ์หลักต่างๆ เช่น สายตัวนำ หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามการประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิคหรือพลังงานไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลของระบบไฟฟ้าเป็นปริมาณมาก ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิค (P_L) ขึ้นอยู่พารามิเตอร์ 3 ชนิด คือ

- ประเภท ขนาด และการจัดเรียงของระบบไฟฟ้า (Network Topology, τ)
- ขนาดและมุมแรงดันไฟฟ้า (Voltage, V)
- ปริมาณความต้องการไฟฟ้าที่จุดต่างๆ (Load Demand, D)

สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าสูญเสียและพารามิเตอร์หลักได้ดังนี้

$$P_L = f(\tau, V, D) \quad (2)$$

ในทางปฏิบัติเรามักทราบ Network Topology ผ่าน Single Line Diagram และข้อมูลประกอบสำหรับการประเมินค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียทางเทคนิคให้ได้แม่นยำนั้นเรา

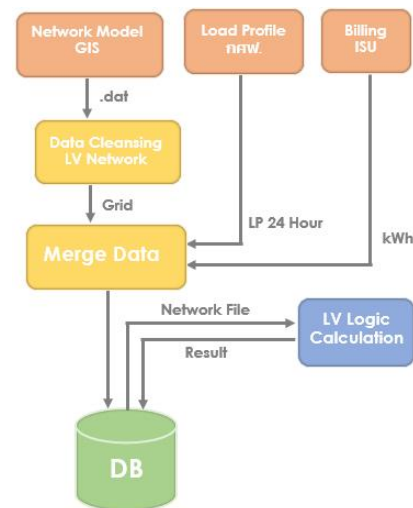
จำเป็นต้องทราบ V , D และ τ อย่างชัดเจน ซึ่งตามปกติจะทราบค่าโดยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow) ผลต่อเนื่องจากกำลังสูญเสียในสมการที่ (2) ทำให้สามารถประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย (E_L) ตลอดช่วงเวลาที่จะพิจารณา (T) ได้ดังสมการที่ (3)

$$E_L = \int_{t_0}^{t_0+T} P_L(t) dt \quad (3)$$

การสูญเสียทางเทคนิคเกิดจากพลังงานกระจายตัวในตัวนำอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับสายส่ง หม้อแปลง สายส่งย่อยและสายจำหน่ายป้อน การสูญเสียสนามแม่เหล็กในหม้อแปลงไฟฟ้า

3. ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของระบบประเมินหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบประเมินหน่วยสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ

โดยขั้นตอนการทำงานอธิบายได้ดังนี้

- 1) นำข้อมูลจากระบบ GIS ของ กฟผ. ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

- ข้อมูลสารสนเทศระบบไฟฟ้า (GIS) ประกอบไปด้วย โครงสร้างการจ่ายไฟ อุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบ และ ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยรูปแบบของข้อมูล GIS จะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ ไฟล์ dat และไฟล์ dgs ซึ่งคณะผู้จัดทำ เลือกใช้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ dat เนื่องจากมีขนาดไฟล์ที่ไม่ใหญ่และสามารถแก้ไขได้ง่ายกว่า

- ข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้า (ISU) เป็นข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้าที่มีการปรับปรุงทุกครั้งที่มีการจดหน่วย ซึ่งจะทำให้การประเมินหน่วยสูญเสียมีความถูกต้องและเป็นปัจจุบัน

- ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท (Load Profile) ที่ได้มาจากกองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า (กศพ.) ในการประเมินหน่วยสูญเสียจะใช้ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้การประเมินหน่วยสูญเสียมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีการคำนึงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา

2) การแก้ไขข้อผิดพลาดของไฟล์ dat (GIS Data Cleansing) โดยใช้โปรแกรม DigSILENT PowerFactory โดยมีขั้นตอนดังตารางที่ 1

กรณีที่	อุปกรณ์	ปัญหา	การแก้ไข
1	โหลด	ชนิดของโหลดไม่มีใน Library	แก้ไขชนิดของโหลด อ้างอิงตาม Library
2	สายป้อน	ชนิดของสายป้อนไม่มีใน Library	แก้ไขชนิดของสายป้อน อ้างอิงตาม Library
3	หม้อแปลงไฟฟ้า	- ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีใน Library - จุด Neutral ไม่เชื่อมต่อ	- แก้ไขชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า อ้างอิงตาม Library - แก้ไขเพื่อเชื่อมต่อจุด Neutral
4	เทอร์มินอล	Phase Technology ของเทอร์มินัลไม่เชื่อมต่อ Neutral	เชื่อมต่อ Neutral ให้กับเทอร์มินอล

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทำ Data Cleansing

Name	Grid	Type	TypLoad	TypLoadInd
General Load				
Load_188_1453990	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453991	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453992	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453993	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453996	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453997	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453998	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1453999	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454001	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454002	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454003	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454004	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454005	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454007	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454008	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454137	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454139	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454140	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454141	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454142	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454143	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454144	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454146	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454147	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454148	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		
Load_188_1454149	61-014877	const_PQ_1P-1Yn		

(ก)

(ข)

รูปที่ 3 ชนิดของโหลด (ก) ที่มีปัญหา (ข) แก้ไขแล้ว

Name	Grid	Type	N-Connection
Trf_1	61-014877	MT3160D_1	Separate on LV

(ก)

Name	Grid	Type	N-Connection
Trf_1	61-014877	MT3160D	At terminals (ABC-N)

(ข)

รูปที่ 4 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

(ก) ที่มีปัญหา (ข) แก้ไขแล้ว

Name	Grid	Phase Technology
188_1457613	59-018438	1PH
188_1457614	59-018438	1PH
188_1457615	59-018438	1PH
188_1457617	59-018438	1PH
188_1457618	59-018438	1PH
188_1457619	59-018438	1PH
188_1457621	59-018438	1PH
188_1457622	59-018438	1PH

(ก)

(ข)

รูปที่ 5 Phase Technology ของเทอร์มินัล

(ก) ที่มีปัญหา (ข) แก้ไขแล้ว

3) นำเข้าข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้า (Load Profile) และข้อมูลหน่วยการใช้ไฟฟ้า (ISU) มารวมกับข้อมูลโหลดที่ได้มาจากระบบ GIS โดยการจัดเก็บเข้าฐานข้อมูลเป็นรูปแบบไฟล์ dgs เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป

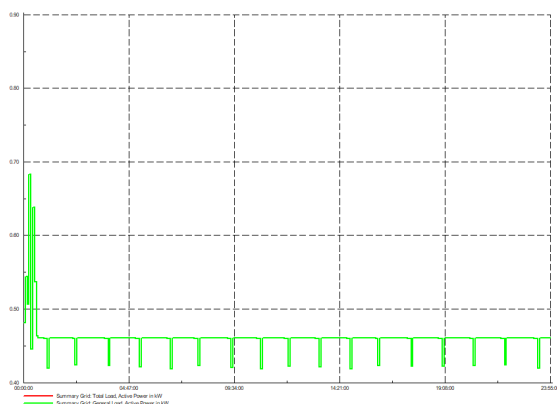
4) นำไฟล์ dgs ที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว มาคำนวณหาการสูญเสียพลังงาน (Loss) ด้วยโปรแกรม DigSILENT PowerFactory โดยควบคุมขั้นตอนการคำนวณด้วยโปรแกรม Python [2] จากนั้นนำไปแสดงผลให้กับผู้ใช้งานต่อไป

4 ผลลัพธ์

ผลการทำงานของโปรแกรมการพัฒนาระบบประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 6 และ 7

Quasi-Dynamic Simulation AC unbalanced Time in s	Summary Grid Total Load, Active Power in kW
2020.06.12 00.00.00	0.457406
2020.06.12 00.15.00	0.460712
2020.06.12 00.30.00	0.460781
2020.06.12 00.45.00	0.460819
2020.06.12 01.00.00	0.460843
2020.06.12 01.15.00	0.460858
2020.06.12 01.30.00	0.460869
2020.06.12 01.45.00	0.460877
2020.06.12 02.00.00	0.460882
2020.06.12 02.15.00	0.460887
2020.06.12 02.30.00	0.46089
2020.06.12 02.45.00	0.460893
2020.06.12 03.00.00	0.460895
2020.06.12 03.15.00	0.460897
2020.06.12 03.30.00	0.460898
2020.06.12 03.45.00	0.4609
2020.06.12 04.00.00	0.460901
2020.06.12 04.15.00	0.460902
2020.06.12 04.30.00	0.460902
2020.06.12 04.45.00	0.460903
2020.06.12 05.00.00	0.460904
2020.06.12 05.15.00	0.460904
2020.06.12 05.30.00	0.460905
2020.06.12 05.45.00	0.460905
2020.06.12 06.00.00	0.460906
2020.06.12 06.15.00	0.460906
2020.06.12 06.30.00	0.460906
2020.06.12 06.45.00	0.460907
2020.06.12 07.00.00	0.460907
2020.06.12 07.15.00	0.460907
2020.06.12 07.30.00	0.460907
2020.06.12 07.45.00	0.460907
2020.06.12 08.00.00	0.460908
2020.06.12 08.15.00	0.460908
2020.06.12 08.30.00	0.460908
2020.06.12 08.45.00	0.460908
2020.06.12 09.00.00	0.460908
2020.06.12 09.15.00	0.460908
2020.06.12 09.30.00	0.460908
2020.06.12 09.45.00	0.460909
2020.06.12 10.00.00	0.460909
2020.06.12 10.15.00	0.460909
2020.06.12 10.30.00	0.460909
2020.06.12 10.45.00	0.460909
2020.06.12 11.00.00	0.460909
2020.06.12 11.15.00	0.460909
2020.06.12 11.30.00	0.460909
2020.06.12 11.45.00	0.460909
2020.06.12 12.00.00	0.460909
2020.06.12 12.15.00	0.460909
2020.06.12 12.30.00	0.460909
2020.06.12 12.45.00	0.46091

รูปที่ 6 ตารางผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss)



รูปที่ 7 กราฟผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Loss)

5 สรุป

โปรแกรมการพัฒนาระบบประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายแรงดันต่ำแบบอัตโนมัติ นั้น สามารถประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และสามารถลดเวลาและลดความผิดพลาดในการประเมินโดยวิธีการคำนวณมือ

ทั้งนี้ โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้น ยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ข้อมูล GIS ที่นำเข้ามาใช้งาน หากข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถนำมาคำนวณ Load Flow ด้วยโปรแกรม DigSILENT PowerFactory จะส่งผลทำให้การคำนวณของโปรแกรมผิดพลาดได้ และในส่วน of โปรแกรม DigSILENT PowerFactory ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการประมวลผลได้จำกัด ซึ่งมีผลทำให้การประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียเกิดความล่าช้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองวิจัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค , “รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยเพื่อลดกำลังสูญเสียในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระยะที่ 2”, 2008
- [2] DigSILENT GmbH., “DigSILENT PowerFactory User Manual”, 2019