

การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV
ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์
FAULT LOCATING IN 22 kV SYSTEM
IN FORM OF GEOGRAPHIC COORDINATE

เอกภพ ดวงจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

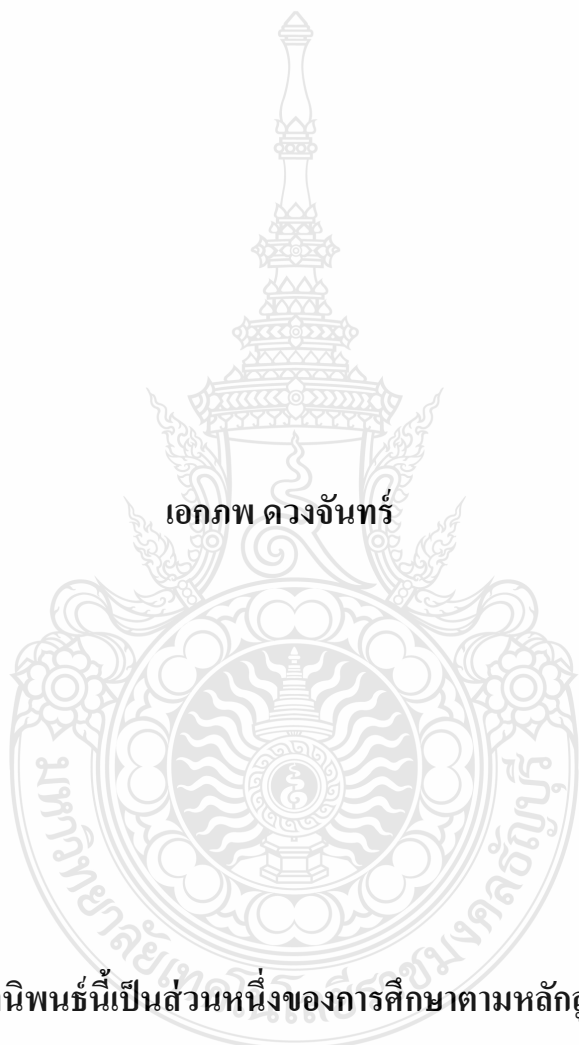
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV
ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์



เอกภพ ดวงจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทาง
ภูมิศาสตร์
Fault Locating in 22 kV System in form of Geographic Coordinate

ชื่อ - นามสกุล นายเอกภพ ดวงจันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล, Ph.D.

ปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ แห่งมงาม, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สำเริง อินท่าไม้ วศ.ด.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐภัทร พันธุ์คง, Ph.D.)

..... กรรมการ
(อาจารย์ฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 31 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์
ชื่อ – นามสกุล	นายเอกภพ ดวงจันทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, Ph.D.
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การแจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ศูนย์วิเคราะห์แก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องจะแจ้งข้อมูลของประเภทที่เกิดความผิดปกติ ขนาดกระแส และตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติ เพื่อให้พนักงานเข้าไปแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ในการแจ้งตำแหน่งผิดปกติจะแจ้งลักษณะเป็นโซน คือ โซนที่ห่างจากสถานีไฟฟ้าในระยะ 5 กิโลเมตร และโซนที่อยู่ห่างที่มีระยะมากกว่า 5 กิโลเมตร ซึ่งทำให้ขอบเขตการตรวจสอบหาตำแหน่งความผิดปกติกว้างและใช้เวลานานในการเข้าแก้ไขไฟฟ้าขัดข้อง

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบแรงดันไฟฟ้า 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรม DIGSILENT จำลองหาค่ากระแสผิดปกติตามความยาวของสายไฟ มาทำแผนที่ระบุพิกัดบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และนำเอาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้มานั้นประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยในช่วงจรที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 เป็นกรณีศึกษา

ผลการทดลองของวิธีที่นำเสนอสามารถจำกัดพื้นที่ในการตรวจสอบหาตำแหน่งผิดปกติ แคมลงและรวดเร็ว โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2 ต้นเสาไฟฟ้า หรือคิดเป็นระยะห่างประมาณ 86 เมตร และค่ากระแสผิดปกติมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.96% เมื่อเทียบกับข้อมูลที่บันทึกการเกิดการผิดปกติที่เคยเกิดขึ้นในช่วงจรที่ 3 ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

คำสำคัญ: ตำแหน่งความผิดปกติ พิกัดภูมิศาสตร์ DIGSILENT

Thesis Title	Fault Locating in 22 kV System in form of Geographic Coordinate
Name-Surname	Mr. Eakkapop Daungchan
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Mr. Chatchai Suppitaksakul, Ph.D.
Academic Year	2016

ABSTRACT

The power failure notification of the Provincial Electricity Authority (PEA) 22 kV distribution system, the Power Correction Center was informed for a type of fault, amplitude of the fault current and a fault location to the power failure repair staff so that they could check and correct the failure. The fault location is informed in zones within and over 5 kilometers from the power station. This caused wide scope of examining the fault and time consuming to correct the failure.

This thesis presented a determining fault location method of 22 kV distribution systems in the form of geographic ordinate. DIgSILENT program was applied to simulate the amplitude of fault currents according to the length of the cable. The simulation results were used to determine the coordinates on the geographic map which could be applied to the Geographic Information System program of the PEA. In this study, the 3rd circuit of Bang Pa-in 3 power station was conducted as a case study.

The results revealed that this proposed method could narrow down and speed up the area of the fault location. The error was averagely counted as the distance of two electricity poles or 86 meters. Besides, the average fault current error was 1.96% compared to the recorded fault data occurred in the 3rd circuit of Bang Pa-in 3 power station.

Keywords: location faults, geographic coordinates, DIgSILENT

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำจาก ดร. นัทรชัย ศุภพิทักษ์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ซึ่งแนะแนวทาง ตลอดจนเสนอแนะข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณคณะกรรมการวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกท่าน ที่ให้ความรู้ และประสบการณ์ จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณกรรมการคุมสอบ วิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจน นายโบนัส ทรงวิจิตร มา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจน เพื่อน รุ่นพี่ และรุ่นน้องคณะวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ที่ช่วยให้คำแนะนำ และวิธีการในการ จัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขออน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความรักและเมตตา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานค้นคว้าฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจศึกษา หากวิทยานิพนธ์นี้ขาดบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบอภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกภพ ดวงจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	14
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	15
1.5 วิธีการวิจัย.....	15
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	16
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ระบบจำหน่าย	17
2.2 ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า	24
2.3 การคำนวณกระแสผิดปกติ	29
2.4 ความต้านทานดิน	33
2.5 โปรแกรม DIgSILENT	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	43
3.1 ศึกษาสภาพการจ่ายไฟของระบบจำหน่าย 22 kV.....	45
3.2 สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DIgSILENT	46
3.3 สร้างพิกัดทางภูมิศาสตร์	51
3.4 สร้างตารางข้อมูลพิกัด กระแสผิดปกติ	52
3.5 เปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลอง	53
3.6 สรุป.....	60

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา วิเคราะห์ การจำลองระบบ	61
4.1 การหาข้อมูลสำหรับจำลองค่ากระแสผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟ.....	61
4.2 ผลการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดด้วยโปรแกรม DIGSILENT.....	63
4.3 เปรียบเทียบผลการจำลองจากเหตุการณ์จริงที่เกิดความผิดพลาดในสถานีไฟฟ้า บางปะอิน 3	70
4.4 ผลการจำลองสถานะมีความต้านทานดิน.....	75
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	77
4.6 สรุปผล.....	82
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปงานวิจัย	83
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	85
บรรณานุกรม.....	87
ภาคผนวก.....	89
ภาคผนวก ก ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าตามรายงานค่ากระแสลัดวงจร ในระบบไฟฟ้า ของ กฟภ.	90
ภาคผนวก ข ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายบ่อนวงจรที่ 3	92
ภาคผนวก ค ผลการจำลอง โปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์ พิกัดกระแสผิดพลาด.....	97
ภาคผนวก ง คุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ในสถานีไฟฟ้า	113
ภาคผนวก จ คุณสมบัติฟังก์ชันการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานดิน.....	117
ภาคผนวก ฉ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	119
ประวัติผู้เขียน.....	134

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3	47
ตารางที่ 3.2 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3.....	47
ตารางที่ 3.3 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3.....	48
ตารางที่ 3.4 ค่ากระแสผิดพลาดและฟีกัด.....	52
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลอง โปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์ฟีกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault ในรูปแบบ Excel.....	64
ตารางที่ 4.2 ผลการจำลอง โปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์ฟีกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault.....	65
ตารางที่ 4.3 ผลการจำลอง โปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์ฟีกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault.....	66
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน	67
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน .	68
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน....	69
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของกระแสที่ได้จากการ จำลองและกระแสที่ได้จากข้อมูล กฟภ.	75
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยผลต่างกระแสผิดพลาด กรณีมีค่าความต้านทานดิน	77

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สถานีไฟฟ้าย่อยของ กฟภ.	17
รูปที่ 2.2 รูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า แบบ Radial System	18
รูปที่ 2.3 รูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า แบบ Network System	19
รูปที่ 2.4 สายจำหน่ายแรงสูงหรือสายป้อน	20
รูปที่ 2.5 หม้อแปลงจำหน่าย	21
รูปที่ 2.6 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ	21
รูปที่ 2.7 การขนานหม้อแปลงในระบบจำหน่ายแรงต่ำ	22
รูปที่ 2.8 ระบบจำหน่ายเฟสเดียว 2 สาย 220 โวลต์.....	22
รูปที่ 2.9 ระบบจำหน่ายเฟสเดียว 3 สาย 220/440 โวลต์.....	23
รูปที่ 2.10 ระบบจำหน่าย 3 เฟส 3 สาย 220 โวลต์	23
รูปที่ 2.11 ระบบจำหน่าย 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์.....	24
รูปที่ 2.12 คลื่นแรงดันเมื่อเกิดผิดปกติแบบสมมาตร.....	25
รูปที่ 2.13 การเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมมาตรในระบบไฟฟ้า 3 เฟส.....	26
รูปที่ 2.14 องค์ประกอบของความไม่สมมาตรของแรงดัน 3 เฟส.....	27
รูปที่ 2.15 Connection Diagram ของ Three Phase Fault	31
รูปที่ 2.16 Connection Diagram ของ Single Line to Ground Fault	31
รูปที่ 2.17 Connection Diagram ของ Single Line to Line Fault	32
รูปที่ 2.18 Connection Diagram ของ Double Line to Line Fault	33
รูปที่ 2.19 การวัดค่าความต้านทานดิน.....	34
รูปที่ 2.20 วงจรการวัดค่าความต้านทานดิน.....	34
รูปที่ 2.21 โปรแกรม DIgSILENR	35
รูปที่ 2.22 หน้าต่าง Data Manager แสดงโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล.....	37
รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าต่าง Window.....	39
รูปที่ 2.24 แสดงส่วนของ Main Tool bar	39
รูปที่ 2.25 แสดงส่วนของ Main Tool bar ด้านบนของ โปรแกรม.....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.1 โครงสร้างผังขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย.....	44
รูปที่ 3.2 ระบบการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3.....	45
รูปที่ 3.3 สภาพการจ่ายไฟวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3.....	45
รูปที่ 3.4 วงจรสมมูลระบบการจ่ายไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3.....	46
รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรมในการจำลอง	46
รูปที่ 3.6 หน้าต่างโปรแกรมการ Import ข้อมูลและสภาพการจ่ายไฟฟ้าของวงจรที่ 3.....	47
รูปที่ 3.7 การจำลองกระแสผิดพลาดของ โปรแกรม.....	49
รูปที่ 3.8 การจำลองกระแสผิดพลาดแบบ 3 เฟส และเวลาที่เกิดกระแสผิดพลาด.....	49
รูปที่ 3.9 การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดของโปรแกรม DIGSILENT	50
รูปที่ 3.10 ผลการจำลองค่ากระแสผิดพลาดและระยะเวลาที่เกิดกระแสผิดพลาด.....	50
รูปที่ 3.11 การจำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดทั้งหมด 57 Section	51
รูปที่ 3.12 การหาค่าพิกัด UTM จากโปรแกรม GIS ของ กฟภ.	51
รูปที่ 3.13 การนำค่าพิกัดจากตารางเพื่อหาตำแหน่งในโปรแกรม GIS และ โปรแกรม Google.....	52
รูปที่ 3.14 พิกัดทางภูมิศาสตร์โปรแกรม Google map	53
รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดงผลรีเลย์กระแสเกินแสดงค่ากระแสผิดพลาด	54
รูปที่ 3.16 อุปกรณ์ควบคุมและแสดงสถานการณ์ทำงานวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3	55
รูปที่ 3.17 ค่ากระแสผิดพลาดจากการจำลองของโปรแกรม	55
รูปที่ 3.18 วงจรและค่าพารามิเตอร์ของระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3	55
รูปที่ 4.1 ค่าพิกัดของเสาไฟฟ้าจากโปรแกรม GIS	62
รูปที่ 4.2 ระยะทางของสายไฟจากสถานีถึงเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 หน้าสถานี.....	62
รูปที่ 4.3 การหาข้อมูลสถานที่หลักตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า	63
รูปที่ 4.4 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 1	70
รูปที่ 4.5 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 2	71
รูปที่ 4.6 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 3	72

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.7 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 4	73
รูปที่ 4.8 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 5.....	74
รูปที่ 4.9 กระแสผิดพลาดแบบ 3 Ø Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน	76
รูปที่ 4.10 กระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน.....	76
รูปที่ 4.11 กระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน.....	77
รูปที่ 4.12 ระยะห่างของสายไฟจากโปรแกรม GIS ของ กฟภ.	79
รูปที่ 4.13 การวัดค่าความต้านทานดินทั้ง 5 เหตุการณ์	80
รูปที่ 4.14 การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดในกรณีจุดต่อไลน์แยก	81
รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ใน โปรแกรม GIS.....	84



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหน่วยงานที่จำหน่ายกระแสไฟฟ้า ในระบบจำหน่าย 115 kV, 33 kV และ 22 kV ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมและ ที่อยู่อาศัย ซึ่งปัจจุบัน ความต้องการ การใช้พลังงาน ไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้า ประเภทนิคมอุตสาหกรรมหากเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องขึ้นในระบบจะส่งผลกระทบต่อให้การผลิตหยุด ก่อให้เกิดความเสียหายในภาคธุรกิจ การรักษาเสถียรภาพในการจ่ายไฟ และการแก้ไขกระแสไฟฟ้า ขัดข้องให้รวดเร็วจึงมีความสำคัญเป็นอันมากต่อค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าหรือค่า SAIFI และ SAIDI งานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องจึงเป็นอีกงานที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้ความสำคัญ และเป็นงานที่มีค่าดัชนีชี้วัดที่สำคัญของหน่วยงาน ในการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย 22 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคปัจจุบันนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้องขึ้น ขั้นตอนการ แก้ไขและปฏิบัติงาน ศูนย์สั่งการระบบจ่ายไฟหรือสถานีไฟฟ้าจะโทรแจ้งข้อมูลให้ศูนย์วิเคราะห์ ข้อมูลกระแสไฟฟ้าขัดข้อง (EO) ทราบ โดยจะบอกขนาดกระแสที่ผิดปกติ และ ตำแหน่งที่เกิด กระแสผิดปกติเป็นโซน โดยจะแบ่งเป็นสองโซนคือโซนที่อยู่ใกล้สถานีภายใน 5 กิโลเมตร และ โซน มากกว่า 5 กิโลเมตรขึ้นไป ให้พนักงานแก้ไขไฟทราบเพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดปกติ แต่เนื่องจาก ระยะทางและขอบเขตการหาตำแหน่งกระแสผิดปกติค่อนข้างที่จะกว้างทำให้การค้นหาใช้เวลานาน

งานวิจัยนี้จึงเป็นการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV กรณีศึกษาวงจร ที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้มีความละเอียดมากขึ้นโดยการระบุ ตำแหน่งความผิดปกติตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึง ร้านอาหาร ครัวสุนทร โดยใช้โปรแกรม DigSILENT ในการจำลองสำหรับแสดงค่ากระแสผิดปกติตามตำแหน่ง ของเสาไฟฟ้า นำค่าตำแหน่งเสาไฟฟ้าที่ได้มาทำแผนที่ผังทางภูมิศาสตร์ โดยทำเป็นข้อมูลตาราง Excel แสดงค่ากระแสผิดปกติและตำแหน่งผิดปกติในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ สำหรับให้ พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งที่ผิดปกติ โดยใช้ค่ากระแสผิดปกติที่วัดได้ จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าติดตั้งที่ วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 แจ้งมา ให้พนักงานแก้ไข กระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งกระแสผิดปกติและระยะทางพร้อมพิกัดค่า X และค่า Y เพื่อค้นหาสถานที่หลักซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติ ทำให้พนักงานแก้ไข

กระแสไฟฟ้าขัดข้องที่เข้าใหม่หรือพนักงานที่ยังไม่ชำนาญเส้นทาง ได้หาตำแหน่งกระแสผิดพลาดเร็วขึ้น

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการศึกษาวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการระบุตำแหน่งความผิดพลาด ที่ผ่าน มาและปัจจุบันมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยแต่ละงานวิจัยก็ได้นำเสนอวิธีการต่างๆในการหา ตำแหน่งความผิดพลาดดังต่อไปนี้

1.2.1 วิธีการการใช้การเดินทางของคลื่นจร

Shenxing Shi และ Xinzhou Dong [1] นำเสนอ เรื่อง Analysis of Single-Phase-to-Ground Fault Generated Initial Traveling Waves ใช้หลักการวิเคราะห์ความผิดพลาดแบบ 1 เฟสลงดิน โดยการ สร้างคลื่นจรผ่านความต้านทานตามทฤษฎีช้อนทับและใช้วิธีการ phase-to-module transformation พิจารณาคูณลักษณะการเดินทางของคลื่น ตรวจสอบความถูกต้องโดยโปรแกรม EMTP

Zengwei Guo และ Feng Yan [2] นำเสนอ เรื่อง Fault Location for 10 kV Distribution Line Based on Traveling Wave – DC Theory ใช้การวิเคราะห์คลื่นจรประเภท C ระบุตำแหน่งที่เกิด ความผิดพลาด โดยวิธีการนี้จะรวมคลื่นจรชนิด C เข้ากับสัญญาณ DC ที่ยิงไปหาตำแหน่งที่เกิด ความผิดพลาด เป้าหมายของวิธีนี้จะปรับปรุงความถูกต้องให้กับการระบุตำแหน่ง โดยมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเลือกระยะทางที่แม่นยำโดยใช้คลื่นจรชนิด C ระบุตำแหน่ง ขั้นตอนที่สองระบุตำแหน่ง ของวงจรแยกโดยใช้สัญญาณ DC ตรวจสอบโดยการจำลองโปรแกรม ATP

1.2.2 วิธีการใช้ค่าอิมพีแดนซ์

karl Zimimerman และ David Costollo [3] นำเสนอ เรื่อง impedance-Base fault location Experience วิธีการนี้จะใช้หลักการคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ปรากฏที่คำนวณได้จากแรงดันและกระแสที่ วัดได้ที่ต้นสายป้อน โดยจะถูกตรวจวัดจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ เครื่องบันทึกความผิดพลาดแบบ ดิจิตอล (Digital fault recorder) เป็นต้น จากนั้นจึงนำค่าอิมพีแดนซ์ปรากฏนี้ไปเปรียบเทียบกับ อิมพีแดนซ์ของสายไฟเพื่อระบุตำแหน่งผิดพลาด

นายชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล [4] นำเสนอ เรื่อง การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับตรวจจับ แยกแยะและหาตำแหน่งความผิดพลาดในระบบจำหน่าย ได้นำเสนอการหาตำแหน่งความผิดพลาด จาก รีแอกแตนซ์ที่ปรากฏในขณะที่เกิดความผิดพลาดมาเทียบกับค่ารีแอกแตนซ์ของสายไฟเพื่อระบุ ระยะทางที่เกิดความผิดพลาดจากที่ตัวตรวจจับความผิดพลาดไปถึงตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาด

1.2.3 การใช้การเคลื่อนที่ของสัญญาณและส่วนประกอบความถี่สูง

Bo, Z.Q.; Weller, G. และ Redfern, M.A. [5] นำเสนอ เรื่อง Accurate fault location technique for distribution system using fault-generated high-frequency transient voltage signals วิธีการนี้จะใช้หลักการที่ว่า ขณะเกิดความผิดปกติจะเกิดส่วนประกอบความถี่สูงขึ้นในสัญญาณกระแสและแรงดันเคลื่อนที่ออกจากจุดเกิดความผิดปกติไปที่จุดต่างๆของวงจร ซึ่งอาจจะใช้กับการตรวจจับเวลาในการเคลื่อนที่ของสัญญาณความถี่สูง ทำให้สามารถนำาระบุตำแหน่งผิดปกติได้ ซึ่งส่วนประกอบความถี่สูงนี้จะถูกแยกออกมาด้วยกระบวนการทางสัญญาณ โดยส่วนใหญ่จะใช้การแปลงแบบเวฟเล็ต (Wavelet transform)

1.2.4 การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าล้าลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ผู้เขียน โบนัส ทรงวิจิตร [6] วิธีนี้จะใช้หลักการหาตำแหน่งกระแสผิดปกติจากการจำลองโปรแกรมของระบบ 115 kV ทุก 1 กิโลเมตรตามความยาวของสายไฟและบอกสถานที่หลักบริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งความผิดปกติในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจากข้อ 1.2.1 – 1.2.3 นั้นจะบอกตำแหน่งความผิดปกติเป็นระยะทางจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือสถานีไฟฟ้าไปถึงจุดที่เกิดความผิดปกติ ไม่ได้บอกเป็นพิกัดหรือจุดใดจุดหนึ่ง และ จากข้อ 1.2.4 งานวิจัยดังกล่าวจะบอกตำแหน่งความผิดปกติเป็นพิกัดทุกๆ 1 กิโลเมตรตามความยาวของสายไฟและสถานที่หลักบริเวณใกล้เคียงตำแหน่งกระแสผิดปกติ แต่งานวิจัยที่กล่าวมานั้นขอบเขตในการค้นหาตำแหน่งทุก 1 กิโลเมตรยังค่อนข้างที่จะกว้างและ ในระบบจำหน่าย 115 kV นั้น เหตุการณ์ที่จะเกิดกระแสผิดปกติค่อนข้างที่จะมีน้อยกว่าระบบจำหน่าย 22 kV งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางการระบุตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติ ในระบบจำหน่าย 22 kV ซึ่งแสดงค่าตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติตามระยะช่วงความยาวของไลน์แยก เป็นพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM (Universal Transverse Mercator) โดยเป็นพิกัดที่มีค่า Lat และค่า Long เพื่อจะนำค่าพิกัดที่ได้นี้ไปเป็นข้อมูลในโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับค้นหาสถานที่สำคัญบริเวณใกล้เคียงกับจุดที่เกิดความผิดปกติ ทำให้ไม่ต้องไปตั้งต้นวัดระยะทางที่สถานีไฟฟ้า ทำให้ลดเวลาในการค้นหาสาเหตุและค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ SAIDI ดีขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและจำลองหาค่ากระแสผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โปรแกรม DIgSILENT
2. เพื่อนำค่ากระแสที่ได้จากการจำลองของโปรแกรมมาระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์

3. เพื่อศึกษาแนวทางใหม่ในการนำไปประยุกต์ใช้งานการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาและจำลองชนิดของความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โปรแกรม DIGSILENT สำหรับสร้างข้อมูลกระแสผิดปกติกรณีศึกษาวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3
2. เปรียบเทียบค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลองโปรแกรม และค่ากระแสผิดปกติได้จากข้อมูล กฟภ.
3. นำข้อมูลกระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลองมาทำแผนที่พิกัดทางภูมิศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GIS ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4. จัดทำตารางความสัมพันธ์กระแสผิดปกติ พิกัด UTM สถานีหลักที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งกระแสผิดปกติ
5. ทดสอบค่าพิกัดที่เกิดความผิดปกติจากงานวิจัย โดยใช้โปรแกรม GIS ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติแล้วเปรียบเทียบข้อมูลจริงจาก กฟภ.

1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องระบบจำหน่าย 22 kV การไฟฟ้าส่วนภูมิกภาคนั้น เมื่อเกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องขึ้น ศูนย์สั่งการจ่ายไฟหรือสถานีไฟฟ้าย่อยจะอ่านค่ากระแสผิดปกติที่ได้และด้านที่เกิดกระแสไฟฟ้าผิดปกติให้พนักงานแก้ไขไฟทราบแล้วทำการค้นหาตำแหน่งโดยเริ่มต้นจากสถานีไฟฟ้าจนถึงตำแหน่งที่เกิดกระแสผิดปกติ ซึ่งมีขอบเขตค่อนข้างกว้างทำให้เสียเวลาในการเข้าปฏิบัติงานอันจะมีผลกระทบต่อค่าดัชนีความเชื่อถือในระบบไฟฟ้าหรือค่า SAIDI ซึ่งในงานวิจัยจะศึกษาการระบุตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ สำหรับเป็นข้อมูลในโปรแกรม GIS ของการไฟฟ้าสำหรับค้นหาสถานที่สำคัญที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติเพื่อลดเวลาในการค้นหาสาเหตุ

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้น

- 1.5.2.1 ศึกษาทฤษฎีการเกิดและชนิดของความผิดปกติ
- 1.5.2.2 ศึกษาการทำงานของรีเลย์กระแสเกิน (Over Current Relay)
- 1.5.2.3 ศึกษาพารามิเตอร์และชนิดของวงจรระบบ 22 kV

1.5.2.4 ศึกษาการสร้างแบบจำลองในระบบ 22 kV ด้วยโปรแกรม DIGSILENT

1.5.3 ขั้นตอนการทดลอง

1.5.3.1 ศึกษาอุปกรณ์และวงจรการจ่ายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ของ
วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

1.5.3.2 ศึกษาและทำการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าเพื่อวัดค่ากระแสผิดพลาด
และใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม

1.5.3.3 สร้างแบบจำลองสำหรับสร้างข้อมูลกระแสผิดพลาดผิดพลาดในระบบ
จำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 โดยใช้โปรแกรม DIGSILENT

1.5.3.4 ข้อมูลได้จากแบบจำลองมาทำแผนที่ผังสำหรับหาค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์
UTM (Universal Transverse Mercator)

1.5.4 ทำการทดสอบข้อมูลที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.5.5 สรุปผลการทดสอบ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ได้ทราบถึงระบบการจ่ายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย 22 kV
ของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

1.6.2 ได้ทราบและได้ศึกษาทำความเข้าใจในการคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดชนิดต่างๆ

1.6.3 ได้เรียนรู้และทำความเข้าใจ โปรแกรม DIGSILENT สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อ
สร้างข้อมูลกระแสผิดพลาดระบบจำหน่าย 22 kV

1.6.4 ได้แนวทางใหม่ในการระบุตำแหน่งความผิดพลาดระบบจำหน่าย 22 kV เพื่อนำไป
ประยุกต์ใช้งานสำหรับหน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่าย หมายถึงระบบที่มีการลดขนาดแรงดันลงมาจากมีระดับที่เหมาะสมต่อการให้บริการกับผู้ใช้งานไฟฟ้า ในประเทศไทยนั้นระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะมีระดับแรงดันอยู่ที่ 11,12,22,24, 33,69 และ 115 kV โดยจะอยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดย กฟน. จะดูแลครอบคลุม 3 จังหวัดนั้นคือ กรุงเทพมหานคร ฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ นอกเหนือจากนั้นจะอยู่ในความรับผิดชอบของ กฟภ. ทั้งหมด

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคประเทศไทย จะอยู่ในความดูแลของ กฟภ. ซึ่งจะรับกำลังไฟฟ้าจากระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. และจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

2.1.1 สถานีไฟฟ้าย่อย มีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. เพื่อแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลง แล้วส่งไปยังสายจำหน่ายแรงสูงต่อไป ลักษณะของสถานีย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทยเองโดยส่วนมากจะรับแรงดันไฟฟ้าระดับ 115 kV เข้ามาเพื่อลดระดับเป็น 22 kV และหน้าที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของสถานีไฟฟ้าย่อยคือ จะมีหน้าที่เป็นจุดเชื่อมโยงของสายส่งไฟฟ้าระดับ 115 kV ที่ส่งมาจากระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. เพื่อที่จะเชื่อมโยงไปหาสถานีไฟฟ้าย่อยอื่นๆ ดังรูปที่ 2.1

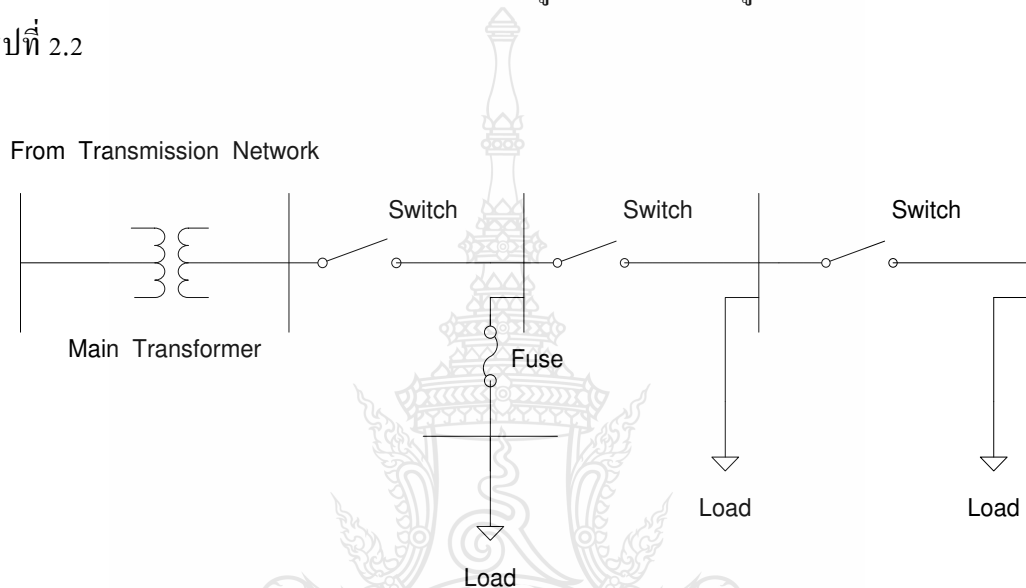


รูป 2.1 สถานีไฟฟ้าย่อยของ กฟภ.

ซึ่งในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อยให้ผู้ใช้ไฟฟ้านั้น โดยหลักๆแล้วจะมีรูปแบบ การจ่ายกระแสไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ [7]

- การจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบระบบแหล่งจ่ายเดียว (Radial System)
- การจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบระบบโครงข่าย (Network System)

ก. การจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ Radial System เป็นระบบไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายเพียงแหล่งเดียว กระแสไหลทิศทางเดียวจากแหล่งจ่ายไปสู่โหลด จะแสดงรูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ Radial System [7]

โครงสร้างแบบ Radial เป็นโครงสร้างที่ดีแบบหนึ่ง โดยใช้แหล่งจ่ายเพียงแหล่งเดียวแต่สามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดหลายจุด ข้อดีและข้อเสียของโครงสร้างแบบ Radial มีดังต่อไปนี้

ข้อดี

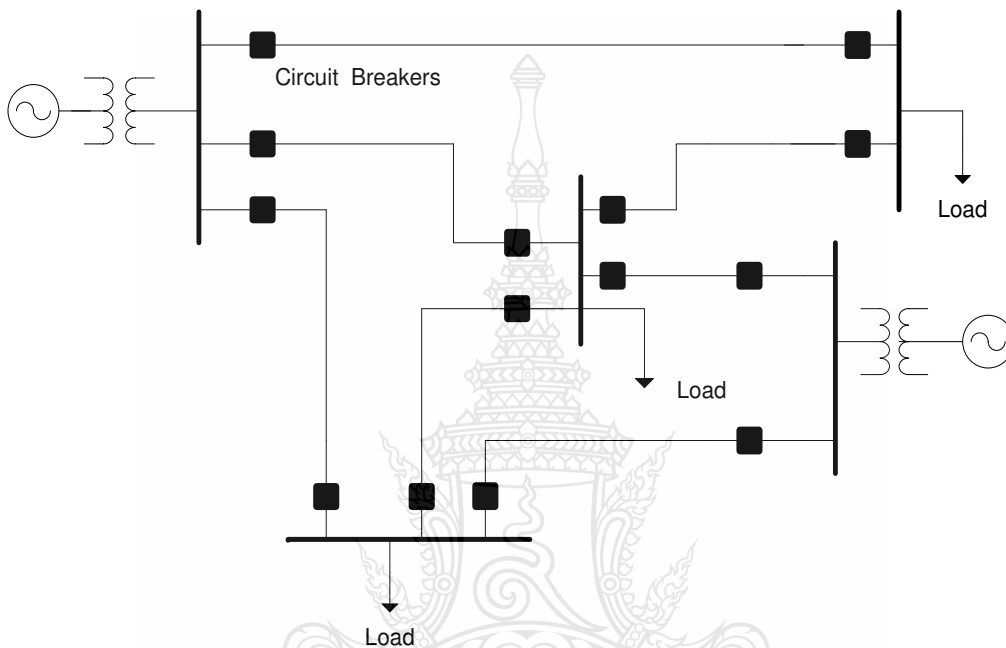
- เป็นระบบที่ง่ายที่สุดและประหยัดที่สุด เนื่องจากใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเพียงแหล่งเดียว แต่สามารถจ่ายพลังงานให้แก่โหลดได้หลายๆจุด

ข้อเสีย

- ถ้าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเกิดขัดข้อง จะไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับระบบทั้งระบบ
- ถ้าอุปกรณ์ต้นทางเปิดวงจร อุปกรณ์ที่อยู่ถัดจากอุปกรณ์ตัวนี้ไปจนถึงอุปกรณ์ปลายทาง จะไม่มีไฟฟ้าใช้
- กระแส Fault ไหลได้จากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า ไปยังจุดที่เกิด Fault ได้เพียงทิศทางเดียว

- ความเชื่อถือได้ของระบบค่อนข้างต่ำ คือถ้าแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นทั้งระบบจะไม่มีไฟฟ้า

ข. การจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ Network System เป็นระบบไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไป โดยกระแสอาจไหลได้สองทิศทาง ซึ่งจะแสดงรูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ Network System [7]

โครงสร้างการจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ Network System จะมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

- เป็นระบบที่มีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหลายแหล่งในระบบเดียวกัน และมีวงจรเป็นวงจรปิดอีกหลายวงจรต่อเชื่อมกันอยู่

- มีความยืดหยุ่นในการจ่ายพลังงานไฟฟ้า หากแหล่งจ่ายไฟอันหนึ่งไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแหล่งอื่นก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนจึงไม่ทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งหมดหยุดทำงาน

- การซ่อมบำรุงและการดูแลรักษามีความสะดวกสบายมากกว่าระบบแบบ Radial

- ถ้าแหล่งจ่ายไฟตัวใดตัวหนึ่ง หรือสายส่งเส้นใดเส้นหนึ่ง หลุดออกจากระบบไฟฟ้า จะส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมน้อย

- กระแส fault สามารถไหลหลายๆทิศทาง

- ความเชื่อถือได้ของระบบสูงกว่าระบบแบบ Radial คือโอกาสที่ไฟจะดับมีน้อยลง ดังนั้นจึงนิยมใช้ในการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้มากขึ้น มีความยืดหยุ่นในการส่งจ่ายพลังงาน และยังสะดวกในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ โดยส่งผลกระทบต่อ การจ่ายพลังงานไฟฟ้ามากนัก

ข้อเสีย

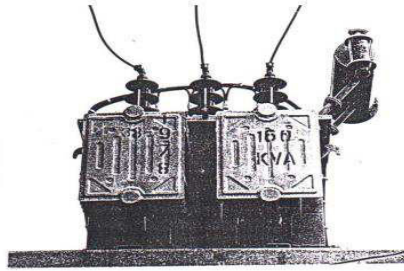
- ระบบต้องใช้แหล่งจ่ายหลายแหล่ง และมีราคาสูงกว่าแบบ Radial

2.1.2 สายจำหน่าย มีหน้าที่รับแรงดันจากสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อส่งเข้าหม้อแปลงจำหน่าย เพื่อทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้เป็นแรงต่ำ 380 V นำส่งให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือโหลดต่อไปและยังสามารถส่งเข้าหม้อแปลงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็น โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นของตนเอง โดยระดับแรงดันบนสายจำหน่ายนี้ จะมีความแตกต่างกันระหว่าง กฟภ. จะใช้ระดับแรงดันอยู่ที่ 22 และ 33 kV ซึ่งส่วนมากจะเป็นระดับแรงดัน 22 kV เกือบทั้งหมด แต่ระดับแรงดันที่ กฟน. ใช้จะเป็นระดับแรงดันที่ 12 และ 24 kV ดังรูปที่ 2.4

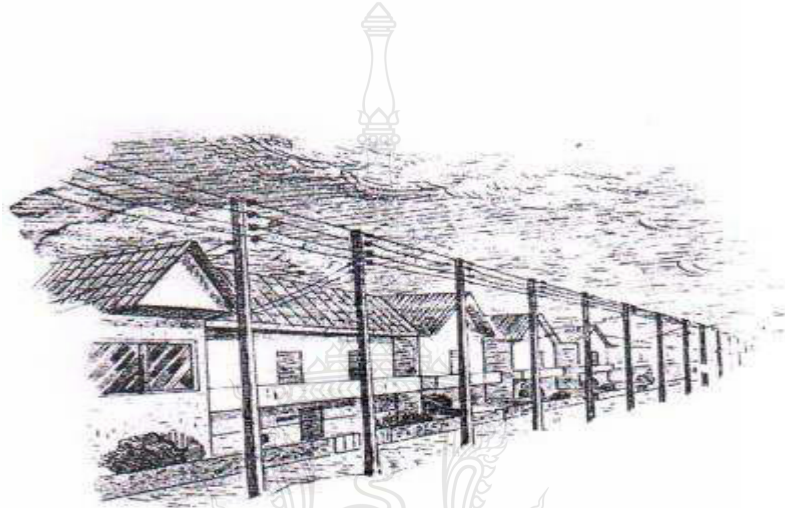


รูปที่ 2.4 สายจำหน่ายแรงสูง หรือ สายป้อน [13]

2.1.3 หม้อแปลงจำหน่าย มักพบติดตั้งอยู่ตามเสาของสายจำหน่ายแรงสูงมีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากสายจำหน่ายแรงสูง (11 kV, 12 kV, 22 kV, 24 kV และ 33 kV) แล้วแปลงแรงดันให้ต่ำลง เป็นขนาด 220 โวลต์ 1 เฟส และ 380 โวลต์ 3 เฟส (สำหรับในประเทศไทย) เพื่อป้อนเข้าสายจำหน่ายแรงต่ำ (Secondary Distribution Line) ดังรูปที่ 2.5 และระบบจำหน่ายแรงต่ำดังรูปที่ 2.6

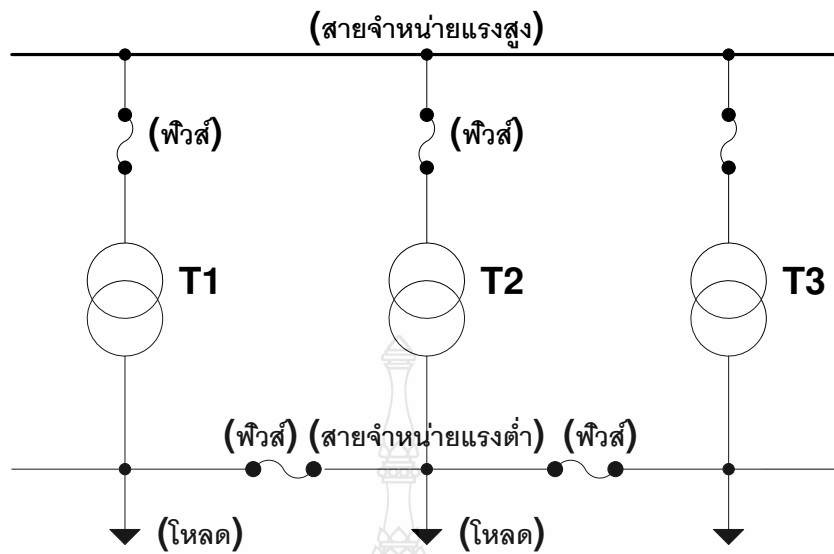


รูปที่ 2.5 หม้อแปลงจำหน่าย [13]



รูปที่ 2.6 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ [13]

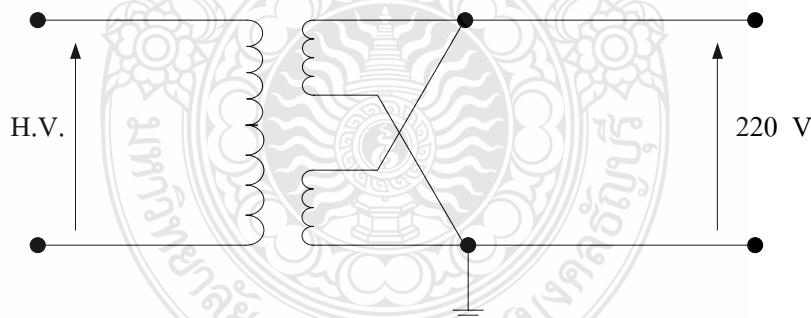
2.1.4 สายจำหน่ายแรงต่ำ มีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าแรงต่ำ 220 โวลต์ 1 เฟส หรือ 380 โวลต์ 3 เฟส เพื่อส่งเข้าบ้านเรือนหรือโหลดโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กต่อไป ในปัจจุบันสายจำหน่ายแรงต่ำนิยมใช้ระบบ 3 เฟส 4 สาย (สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม) และระบบ 1 เฟส 2 สาย หรือ 1 เฟส 3 สาย สำหรับจำหน่ายให้กับบ้านเรือนของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วสายจำหน่ายแรงต่ำอาจต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรเหมือนกับสายจำหน่ายแรงสูงก็ได้ แต่ระบบมักจะเล็กกว่า นอกจากนั้นในการจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงต่ำนี้อาจต่อหม้อแปลงไฟฟ้าหลายๆขนาดกัน (Transformer Banking) ซึ่งจะช่วยให้อจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น และลดปัญหาเรื่องแรงดันที่ไฟฟ้าตกปลายสายลงได้ หรือลดการกระพริบของไฟฟ้าเมื่อมีการสับโหลดขนาดใหญ่ หรือเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ ซึ่งจะมีกระแสสูง ช่วงขณะหนึ่ง การทำลักษณะนี้เท่ากับเป็นการเพิ่มเสถียรภาพให้กับระบบไฟฟ้าด้วย ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การขนานหม้อแปลงในระบบจำหน่ายแรงต่ำ [7]

แต่อย่างไรก็ดี ระบบจำหน่ายในประเทศไทย ก็สามารถแบ่งออกเป็นระบบจำหน่ายเฟสเดียว (Single Phase) และระบบจำหน่าย 3 เฟส (Three Phase) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระบบจำหน่ายเฟสเดียว จำแนกเป็นชนิดเฟสเดียว 2 สาย 220 โวลต์ และชนิดเฟสเดียว 3 สาย 220/440 โวลต์ดังรูปที่ 2.8

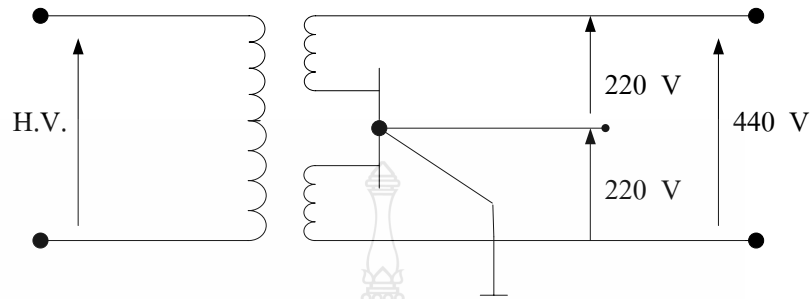


รูปที่ 2.8 ระบบจำหน่ายเฟสเดียว 2 สาย 220 โวลต์ [7]

ระบบเฟสเดียว 2 สายนี้ มีการก่อสร้างใช้งานเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเมื่อโหลดยังมีจำนวนน้อยอยู่ และส่วนมากเป็นโหลดไฟฟ้าจำพวก แสงสว่าง และ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กที่เรียกว่า โหลดสถิต (Static Loads)

ระบบเฟสเดียว 3 สาย 220/440 เป็นอีกประเภทที่มีการใช้ระบบประเภทนี้แพร่หลาย โดยส่วนใหญ่แล้วระบบประเภทนี้โหลดที่ใช้งานจะไม่ค่อยแตกต่างกับระบบเฟสเดียว 2 สายมากนัก

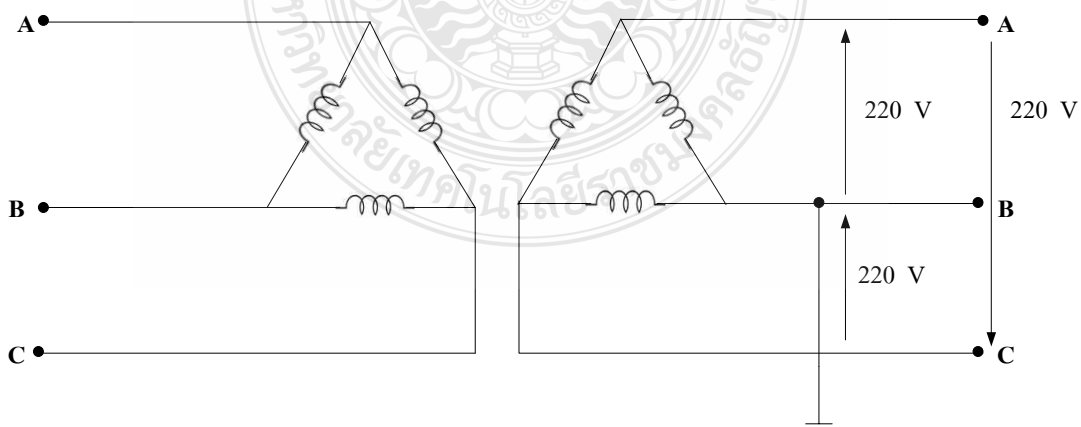
แต่ระบบนี้จะค่อนข้างมีความปลอดภัยในการป้องกันกระแสรั่วจากอุปกรณ์ โดยรูปวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระบบจำหน่ายแรงต่ำเฟสเดียว 3 สาย 220/440 โวลต์ [7]

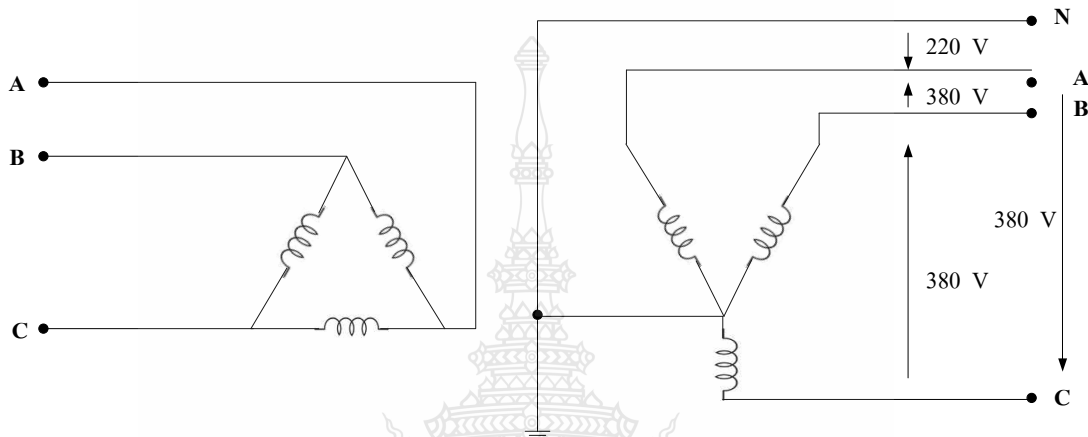
สายจำหน่ายแบบนี้ เหมือนกับแบบเฟสเดียว 2 สาย แต่มีวงจร 2 วงจร และใช้สายไฟฟ้าร่วมกัน 1 สาย จึงทำให้สายทั้งหมดมี 3 สาย ส่วนหม้อแปลงที่ใช้เป็นแบบ เฟสเดียวด้านแรงดันไฟฟ้าต่ำ มีแท็ปอยู่ตรงกลาง (Ground Center Tap) แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายออกมาระหว่าง สายใดสายหนึ่งกับจุดแท็ปกลางนี้ จะมีค่า 220 โวลต์ ส่วนแรงดันระหว่างสาย จะมีค่าเป็น 2 เท่า คือ 440 โวลต์ จึงเรียกชื่อว่าระบบ 1 เฟส 3 สาย 220/440 โวลต์

ระบบจำหน่าย 3 เฟส จำแนกเป็นชนิด 3 เฟส 3 สาย 220 โวลต์ และ ชนิด 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ และชนิด 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ โดยรูปวงจรจะแสดงดังรูปที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.10 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 3 เฟส 3 สาย 220 โวลต์ [7]

จากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าระบบนี้ต้องใช้หม้อแปลง 3 เฟส ทั้งทางด้านแรงดันสูง (High tension) และด้านแรงดันต่ำ (Low tension) ต่อแบบเดลต้า เมื่อพิจารณาทางด้านแรงดันต่ำสามารถทำให้เป็น ระบบ 1 เฟส 220 โวลต์ได้โดยต่อสายใดสายหนึ่งลงกราวด์หรือจะใช้เป็น 3 เฟส 3 สาย 220 โวลต์



รูปที่ 2.11 ระบบจำหน่ายแรงต่ำ สามเฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ [7]

จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 2.9 ระบบนี้ต้องใช้หม้อแปลง 3 เฟส หรือ 1 เฟส 3 ตัว ต่อเข้าด้วยกัน (Bank) แต่ทางด้านแรงดันต่ำต้องเป็นแบบสตาร์ และ สายนิวตรอน (N) ลงกราวด์ ทำให้สามารถใช้เป็นระบบ 3 เฟส 380 โวลต์ และระบบเฟสเดียว 220 โวลต์ก็ได้ (โดยจับสายใดสายหนึ่งกับจุดนิวตรอน) ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทยในปัจจุบัน

2.2 ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า

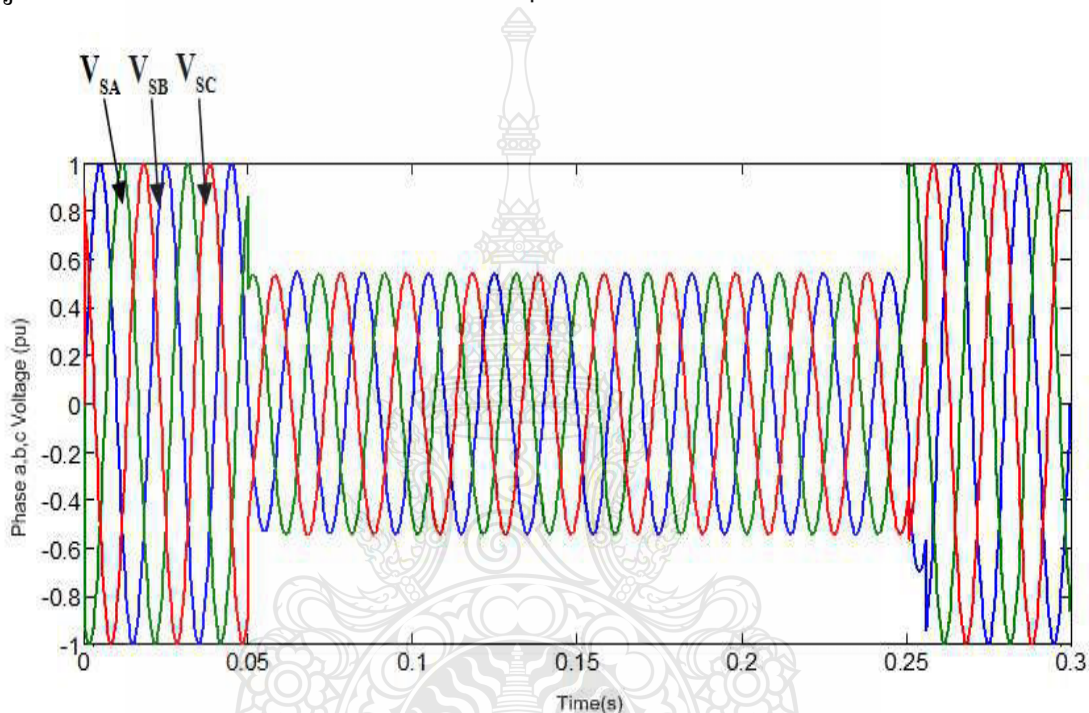
ในการศึกษาเพื่อทำการจำลองความผิดปกติในระบบจำหน่ายจำเป็นต้องศึกษาและวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบจำหน่ายว่ามีกี่แบบและมีกี่ชนิด ซึ่งในการวิเคราะห์ความผิดปรองงานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบจำหน่ายไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 kV แยกการศึกษาประเภทของความผิดปกติต่างๆดังนี้

การศึกษาสภาวะความผิดปกติของระบบไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

ก. ความผิดปกติแบบสมมาตร (Symmetrical Faults) คือ ความผิดปกติ 3 เฟส (Three Phase Fault)

ข. ความผิดปกติแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical Fault) คือ ความผิดปกติเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground Fault), ความผิดปกติ 2 เฟส (Line to Line Fault), และความผิดปกติ 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault)

2.2.1 การวิเคราะห์ความผิดปกติแบบสมมาตร การเกิดความผิดปกติแบบสมมาตรเป็นการเกิดความผิดปกติตัวจรแบบ 3 เฟสพร้อมกันซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าเกิดขึ้นจะทำให้เกิดปัญหากับระบบเหมือนกับความผิดปกติชนิดอื่นๆ เช่นกัน

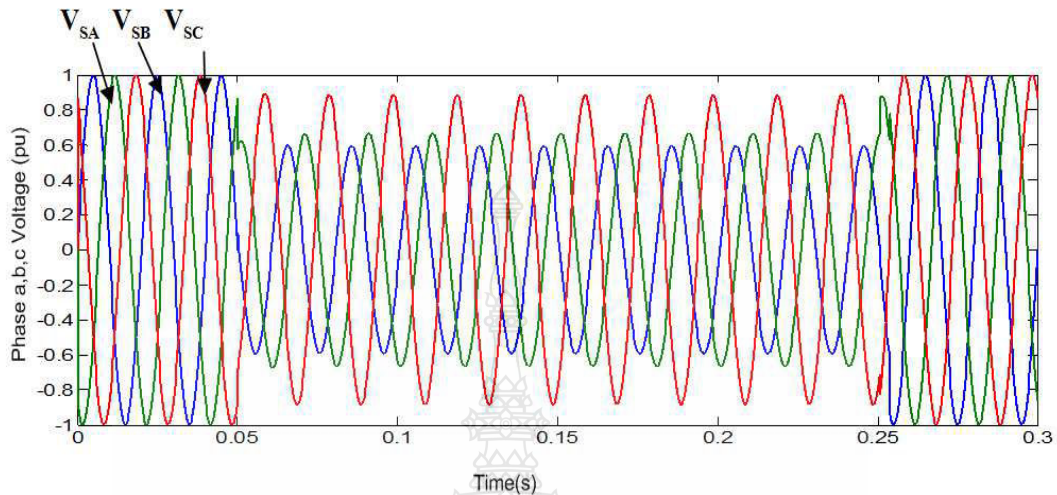


รูปที่ 2.12 คลื่นแรงดันเมื่อเกิดผิดปกติแบบสมมาตร [7]

2.2.2 การวิเคราะห์ความผิดปกติแบบไม่สมมาตร การวิเคราะห์ความผิดปกติในระบบไฟฟ้าแบบไม่สมมาตรเป็นการลัดวงจรระหว่างสายสองเส้น สายสองเส้นลัดวงจรแล้วลงดิน หรือสายเส้นเดียวลัดวงจรแล้วลงดิน ความผิดปกติแบบนี้มีโอกาสเกิดขึ้นเยอะมาก ซึ่งอาจเกิดจากสายตัวนำเส้นใดเส้นหนึ่งขาด หรือโหลดไม่สมดุล ดังนั้นการเกิดความผิดปกติแบบนี้ทำให้กระแสไม่สมดุลไหลเข้าระบบ

ความไม่สมมาตรของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Unbalance) คือความไม่สมมาตรกันในระบบไฟฟ้า 3 เฟส ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งของขนาด , มุมต่างเฟส (แต่ละเฟสห่างกัน 120°) องค์ประกอบของสัญญาณ ไฟฟ้า ทั้งลำดับบวก (Positive Sequence) ลำดับลบ (Negative Sequence) และลำดับศูนย์

(Zero Sequence) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการเกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าหรือการสาร์ทโหลดขนาดใหญ่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.13 การเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมมาตรในระบบไฟฟ้า 3 เฟส [7]

ระดับค่าแรงดันไฟฟ้าประสิทธิผลไม่สมมาตรหาได้จากสมการดังนี้

$$V_{Ub} = \frac{[V_{3\phi(\text{MaxAvg})}]}{V_{3\phi(\text{Avg})}} \quad (2.1)$$

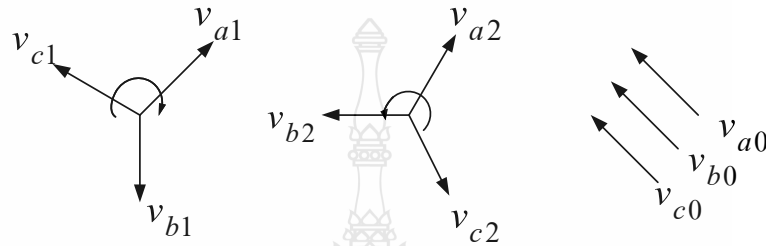
โดยที่ V_{Ub} คือ แรงดันไฟฟ้าไม่สมมาตร
 $V_{3\phi(\text{MaxAvg})}$ คือ ค่าสูงสุดของแรงดันเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยของแรงดันทั้ง 3 ϕ
 $V_{3\phi(\text{Avg})}$ คือ แรงดันเฉลี่ยแรงดันทั้ง 3 ϕ

การเกิดสถานะไม่สมมาตรของแรงดัน 3 เฟส (V_a , V_b และ V_c) สามารถทำให้องค์ประกอบของแรงดันมีความแตกต่างกันด้วย ดังนี้

ก. องค์ประกอบลำดับบวก (Positive – Sequence Components) นั่นคือ V_{a1} , V_{b1} , V_{c1} ซึ่งประกอบไปด้วยแรงดันทั้ง 3 เฟส มีขนาดแรงดันเท่ากัน มีมุมต่างกัน 120° ในแต่ละเฟส และมีการลำดับเฟสเหมือนกันกับแรงดันเริ่มต้น (Original)

ข. องค์ประกอบลำดับลบ (Negative – Sequence Components) นั่นคือ V_{a2}, V_{b2}, V_{c2} ซึ่งประกอบไปด้วยแรงดันทั้ง 3 เฟส มีขนาดแรงดันเท่ากัน มีมุมต่างกัน 120° ในแต่ละเฟส และมีการลำดับเฟสตรงกันข้ามกับ แรงดันเริ่มต้น

ค. องค์ประกอบลำดับศูนย์ (Zero - Sequence Components) นั่นคือ V_{a0}, V_{b0}, V_{c0} ซึ่งประกอบไปด้วยแรงดันทั้ง 3 เฟส มีขนาดแรงดันเท่ากัน และมีเฟสไปในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 2.14 องค์ประกอบของความไม่สมมาตรของแรงดัน 3 เฟส [7]

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} \quad (2.2)$$

$$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0} \quad (2.3)$$

$$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0} \quad (2.4)$$

จากสมการด้านบนสามารถเขียนในรูปของเมทริกซ์ได้ดังสมการที่ 2.5

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

โดยที่ V_a, V_b และ V_c คือ ค่าแรงดันระหว่าง เฟสกับนิวทรัล

V_a^0, V_b^+, V_c^- หรือ v_a^0, v_a^+, v_a^- คือ ค่าองค์ประกอบแรงดันลำดับศูนย์ ลำดับบวก และลำดับลบ ที่แสดงนี้เป็นแรงดันที่เฟส A

$\alpha = e^{j2\pi/3}$ คือ ตัวแปรของการเลื่อนเฟส (Phase - Shift)

ความผิดปกติแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical fault) ได้แก่

- ความผิดปกติเฟส a ลงดิน (a-g)
- ความผิดปกติเฟส b ลงดิน (b-g)
- ความผิดปกติเฟส c ลงดิน (c-g)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส a และเฟส b (b-c)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส b และเฟส c (b-c)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส c และเฟส a (c-a)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส a และเฟส b ลงดิน (a-b-g)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส b และเฟส c ลงดิน (b-c-g)
- ความผิดปกติระหว่างเฟส c และเฟส a ลงดิน (c-a-g)

นอกจากนี้ สามารถแบ่งความผิดปกติตามลักษณะการเกิดออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

- ความผิดปกติชั่วคราว (Transient Fault) เป็นความผิดปกติที่เกิดชั่วคราวแล้วหายไป เช่น กิ่งไม้หรือใบไม้ถูกลมพัดมาแตะสัมผัสเข้ากับสายไฟฟ้าแล้วจากออกไป เป็นต้น ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหนือพื้นดินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ความผิดปกติชั่วคราว มีโอกาสเกิดขึ้นประมาณ 90% ของความผิดปกติทั้งหมด

- ความผิดปกติถาวร (Permanent Fault) เป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นแบบถาวร เช่น สายไฟฟ้าหลุดออกจากลูกถ้วยไฟฟ้า ต้นไม้ล้มทับสายไฟฟ้า หรือรถชนเสาไฟฟ้า เป็นต้น ในระบบไฟฟ้าจำหน่ายไฟฟ้าเหนือพื้นดินของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ความผิดปกติถาวร มีโอกาสเกิดขึ้นประมาณ 10 % ของความผิดปกติทั้งหมด

- ความผิดปกติอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance Fault) เป็นความผิดปกติชนิดขานานที่มีขนาดของกระแสผิดปกติต่ำ ไม่สามารถจับด้วยรีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Over Current Relay) โดยทั่วไปมีสาเหตุเกิดจากสายไฟฟ้าขาดตกลงบนพื้นผิวที่มีค่าความต้านทานสูง ความผิดปกติอิมพีแดนซ์สูงเป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตที่อยู่ใกล้ มีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับความผิดปกติชั่วคราวและความผิดปกติถาวร

2.2.3 สาเหตุการเกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้าระบบจำหน่ายไฟฟ้าเหนือพื้นดิน มีสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติได้หลายสาเหตุ ดังนี้

- ก. สาเหตุเกิดจากต้นไม้แตะสายไฟฟ้า เช่น ต้นยางพารา ต้นปาล์ม น้ำมัน เป็นต้น
- ข. สาเหตุเกิดจากการล้มเหลวของการฉนวนของอุปกรณ์ เช่น ลูกถ้วยแตก ร้าว กัดกัด เจริญช้ำ รูด เป็นต้น

- ก. สาเหตุเกิดจากสัตว์ เช่น งู ลิงลม กระรอก เป็นต้น
- ง. สาเหตุเกิดจากมนุษย์ เช่น คนใช้ปืนยิงนกไปโดนลูกถ้วยไฟฟ้าแตก สายว่าพาดเข้ากับสายไฟฟ้า เป็นต้น
- จ. สาเหตุจากมลภาวะ เช่นระบบจำหน่ายไฟฟ้าใกล้ชายทะเล มีคราบเกลือจับเกาะบนผิวลูกถ้วยจนทำให้เกิดความไวไฟตามผิว เป็นต้น
- ฉ. สาเหตุจากภัยธรรมชาติ เช่น พายุ ลมพายุทำให้สายไฟฟ้าแกว่งสัมผัสกับแผ่นโฆษณา เป็นต้น
- ช. สาเหตุจากยานพาหนะ หรือรถยนต์ชนเสาไฟฟ้า
- ซ. สาเหตุอื่นๆ

2.3 การคำนวณกระแสผิดพลาด

ในปัจจุบันระบบไฟฟ้ากำลัง จะผลิตและส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นแบบระบบ 3 Phase สมดุลและกระแสของโหลดก็ใกล้เคียงกับกระแสพิกัด แต่เมื่อเกิดความผิดพลาด (Fault) ขึ้นเป็นระบบซึ่งความผิดพลาด (Fault) สามารถเกิดได้เสมอ โดยทั่วไปกระแสผิดพลาด การคำนวณกระแสผิดพลาดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ปริมาณกระแสผิดพลาดที่คำนวณได้ จะสามารถนำไปใช้ในการเลือกพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า (Protection Devices) และการตั้งค่า Relays ได้อย่างเหมาะสม และปลอดภัยในระบบป้องกัน

ในการคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

- การคำนวณด้วยเครื่องคำนวณ หรือการคำนวณโดยใช้มือนิยมใช้คำนวณระบบที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เช่นระบบ Radial ซึ่งในระบบ Medium Voltage ของการไฟฟ้า และตามสถานประกอบการในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งวิศวกรทุกคนควรจะสามารถคำนวณได้ เพื่อใช้ในการหาพิกัดอุปกรณ์ป้องกันและการจัดทำ Coordination

- การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้มากกว่าคำนวณด้วยมือ และเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากคือวิธี Bus Impedance Method การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ นิยมใช้กับระบบที่มีความยุ่งยากเช่นในระบบ Network และระบบ High Voltage ของการไฟฟ้าตั้งแต่ 69 kV ขึ้นไป

การที่จะคำนวณกระแสผิดพลาดได้ถูกต้องนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้หลายส่วน ดังต่อไปนี้
Per – Unit Quantities, ประเภทของ Faults , Symmetrical Faults , Symmetrical Components , Power System Components, Fault Equations, Fault Calculation Using Z_{BUS}

2.3.1 Per – Unit Quantities (pu.) ในระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีระดับแรงดันอยู่หลายๆ ระดับ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ระบบ เราจะต้องทำการแปลงค่าต่างๆ ในระบบโดยเทียบกับ ค่าฐานค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Base Quantities และเรียกค่าที่คำนวณได้ว่า Per – Unit Quantities (pu.) Per – Unit Quantities (pu.) คืออัตราส่วนระหว่างค่าของปริมาณทางไฟฟ้าจริงกับค่าฐานของปริมาณ ทางไฟฟ้าที่พิจารณานั้นๆ อันได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (V) , กระแส (A) , Impedance (Z) และกำลังไฟฟ้า (VA)

$$Pu = \frac{\text{Actual Quantities}}{\text{Base Quantities}} \quad (2.5)$$

Base Quantities

ระบบ 3 Phase

$$I_b = \frac{MVA_b}{\sqrt{3}kV_b} \quad (2.6)$$

$$Z_b = \frac{(kV_b)^2}{MVA_b} \quad (2.7)$$

Base Quantities

ระบบ 1 Phase

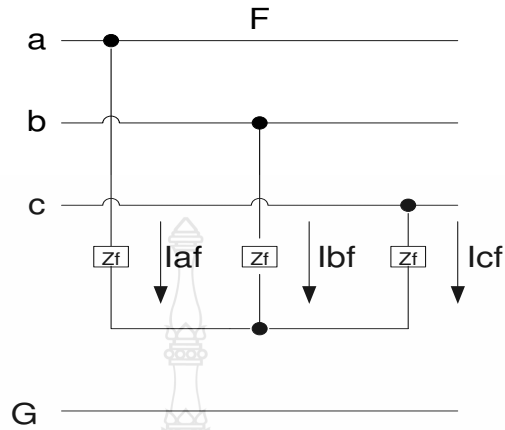
$$I_b = \frac{MVA_B}{kV_{L-n}} \quad (2.8)$$

$$Z_b = \frac{(kV_{b,L-n})^2}{MVA_{b,1\phi}} \quad (2.9)$$

2.3.2 ประเภทของ ความผิดปกติ ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นสามารถแบ่งประเภทของ Faults ออกเป็น 4 แบบ ดังต่อไปนี้

ก. Three Phase Fault ความผิดปกติประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อ Line ทั้ง 3 Phase ของระบบ ถูก Short Circuit พร้อมกัน และเนื่องจากระบบไฟฟ้าเป็นแบบ 3 Phase สมดุล เราอาจเรียก

ความผิดพลาดชนิดนี้ว่า Balance Fault หรือ Symmetrical Fault ซึ่งมี Connection Diagram ดังรูป 2.15

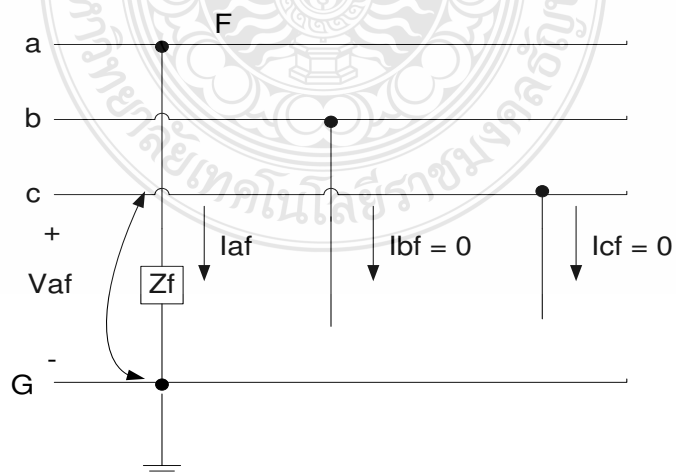


รูปที่ 2.15 Connection Diagram ของ Three Phase Fault [7]

การคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_f} \quad (2.10)$$

ข. Single Line-to-Ground Fault ความผิดพลาดประเภทนี้เกิดขึ้น เมื่อ Line ใด Line หนึ่งของระบบไฟฟ้าถูก Short Circuit ลงดิน ซึ่งมี Connection Diagram ดังรูปที่ 2.16

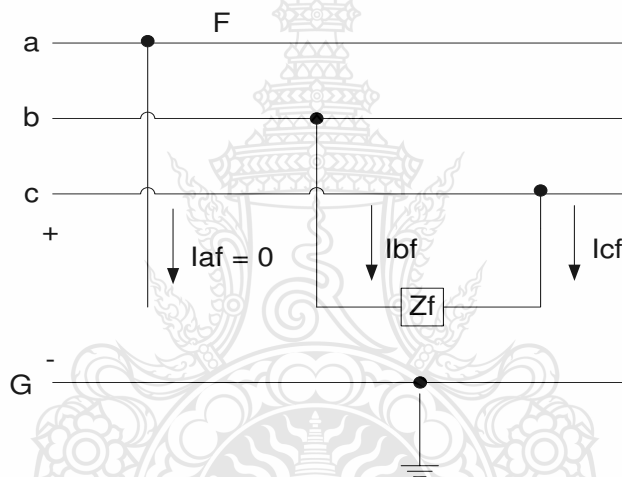


รูปที่ 2.16 Connection Diagram ของ Single Line-to-Ground Fault [7]

การคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{a1} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \quad (2.11)$$

ค. Line-to-Line Fault ความผิดพลาดประเภทนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ Line 2 Line คู่ใดคู่หนึ่งของระบบถูก Short Circuit ซึ่งมี Connection Diagram ดังรูปที่ 2.17

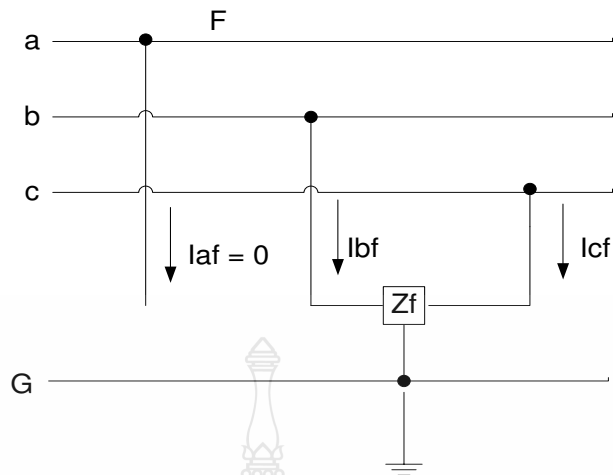


รูปที่ 2.17 Connection Diagram ของ Line-to-Line Fault [7]

การคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$-I_{a2} = \frac{V_F}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (2.12)$$

ง. Double Line-to-Ground Fault ความผิดพลาดประเภทนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ Line 2 Line คู่ใดคู่หนึ่งของระบบถูก Short Circuit ลงดินพร้อมกัน ซึ่งมี Connection Diagram ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Connection Diagram ของ Double Line-to-Ground Fault [7]

การคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_{a0} = -I_{a1} \left(\frac{Z_2}{Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \right) \quad (2.13)$$

2.4 ความต้านทานดิน

การต่อความต้านทานลงดินของระบบไฟฟ้า เป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรมไฟฟ้าที่มีความสำคัญคือ เพื่อป้องกันความเสียหายของระบบไฟฟ้าที่อาจจะเกิดฟ้าผ่า หรือไฟฟ้าลัดวงจรซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อให้เกิดความเสียหายต่อผู้ใช้งาน เพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องต่อสายความต้านทานดิน

- ประโยชน์ของการติดตั้งสายความต้านทานลงสู่พื้นดิน (สายกราวด์)

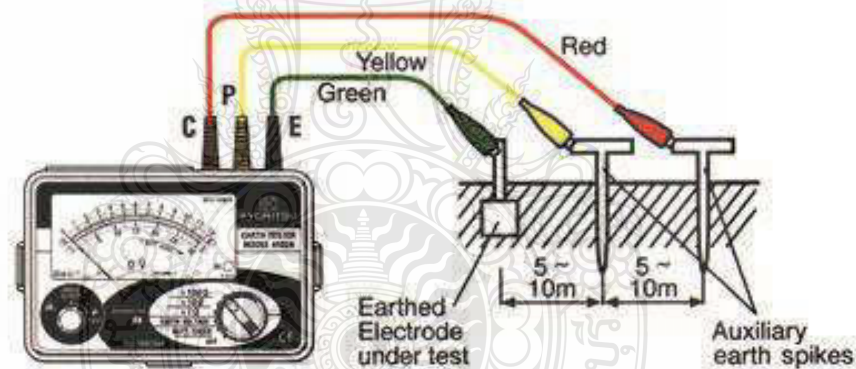
ป้องกันไฟฟ้ารั่วไหลลงสู่ร่างกายมนุษย์ เช่น ไฟดูด ไฟช็อต ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจรป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

- การวัดความต้านทานดิน ระบบกราวด์หรือระบบดินเปรียบประหนึ่งคั้งแหล่งที่ใช้สำหรับทิ้งขยะทางไฟฟ้าเช่น สัญญาณรบกวน (Noise) ตลอดถึงกำลังไฟฟ้าเกินชั่วขณะที่ไม่พึงประสงค์ ศักยภาพในการทำงานของระบบดิน ก็จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์ของระบบดินเองยิ่งระบบดินมีค่าความต้านทานหรือค่าอิมพีแดนซ์สูงเท่าไรย่อมส่งผลร้ายต่อระบบงาน โดยตรง

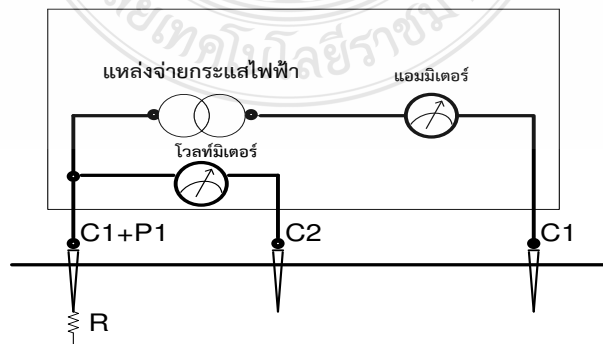
ซึ่งสามารถพิจารณาอย่างง่าย ๆ โดยอาศัยกฎของโอห์ม นั่นก็คือระบบดินมีค่า ความต้านทานหรือค่า อิมพีแดนซ์อยู่ค่าหนึ่งจึงส่งผลให้เกิดศักย์ไฟฟ้าปรากฏที่ระบบดินในช่วงเวลานั้น

การวัดค่าความต้านทานของระบบกราวด์ ถือเป็นกระบวนการหนึ่งในการติดตั้งระบบกราวด์ ค่าความต้านทานของระบบกราวด์ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญเป็นอย่างยิ่ง และจะเกิดความมั่นใจได้อย่างไร ว่า ความต้านทานของระบบกราวด์ที่วัดมีความถูกต้องหรือไม่ “เครื่องวัดกราวด์ไม่โกหกเราแต่เราใช้อย่างถูกต้องหรือไม่”

หลักการการทำงานของเครื่องมือวัดค่าความต้านทานดินสามารถอธิบายได้ว่า เครื่องมือวัดค่าความต้านทานดินจะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านทางหลักทดสอบ C1 (สายยาวสุด) ลงสู่ระบบดิน กระแสไฟฟ้าที่ถูกจ่ายออกมานี้ ก็จะไหลกลับมาครบวงจรที่หลักทดสอบร่วม (G) หรือเป็นจุดที่ต้องการวัดค่าความต้านทานดินนั่นเอง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ระบบดินแน่นอนที่สุดว่าย่อมจะต้องเกิดแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งปรากฏตกคร่อมอยู่ที่ระบบดิน ณ ขณะนั้น ซึ่งค่าแรงดันที่ปรากฏก็จะถูกดำเนินการตรวจวัด โดยเครื่องมือแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) ที่อยู่ภายในเครื่องวัดค่าความต้านทานดิน ดังรูปการวัดค่าความต้านทานดินและรูปวงจรการต่อ รูปที่ 2.19 และ รูปที่ 2.20 ตามลำดับ



รูปที่ 2.19 การวัดค่าความต้านทานดิน [14]



รูปที่ 2.20 วงจรการวัดค่าความต้านทานดิน [14]

2.5 โปรแกรม DIgSILENT

ความเป็นมาและการใช้งานโปรแกรม DIgSILENT นั้น ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย และยังใช้ภายในหน่วยงานในการจำลอง วิเคราะห์ระบบไฟฟ้าภายในหน่วยงานอีกด้วย โปรแกรม DIgSILENT นั้น เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบกำลังไฟฟ้าได้อย่างครอบคลุม เช่น การวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow Analysis) การวิเคราะห์การลัดวงจร (Short Circuit Analysis) และการวิเคราะห์การสูญเสีย (Losses Analysis) เป็นต้น โปรแกรมนี้ยังสามารถวิเคราะห์ระบบในเรื่องต่างๆ โดยวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานต่างๆ ได้อีกด้วย และจุดเด่นในการทำงานกับโปรแกรมนี้คือสามารถแบ่งพื้นที่การวิเคราะห์ (Page) เป็นหน้าๆ ได้โดยไม่ต้องนำเอาวงจรทั้งหมดที่จะทำการวิเคราะห์มาไว้ในหน้าเดียวกันจึงทำให้ง่ายต่อการทำงานและเป็นระบบชัดเจน อีกทั้งในตัวโปรแกรมยังสามารถดาวน์โหลดหรือนำเข้าข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของอุปกรณ์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เลยโดยไม่ต้องสร้างเพิ่มจึงทำให้ค่อนข้างมีความสะดวกต่อการใช้งานและจำลองระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเอง



รูปที่ 2.21 โปรแกรม DIgSILENT [12]

2.4.1 คุณลักษณะทั่วไปของโปรแกรม DIgSILENT

โปรแกรม DIgSILENT เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้วิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังที่สามารถสร้างแบบจำลองด้วยรูปภาพหรือป้อนข้อมูลด้วย Text file สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในระบบผลิต ระบบสายส่ง ระบบจำหน่าย และภาคอุตสาหกรรมซึ่งความสามารถของโปรแกรมมีดังนี้

- Load Flow and Fault Analysis of Complete AC/DC Network Representation ,Meshed & Mixed 1-2and 3 Phase AC and /or DC networks
- Low Voltage Networks Analysis
- Distribution Networks Optimization
- IEC Cable Sizing
- Dynamic Simulation
- EMT Simulation
- Eigen Value Analysis
- System Identification
- Protection Analysis
- Harmonic Analysis
- Reliability
- Production Planning
- Voltage Stability Analysis
- Contingency Analysis
- Power Electronic Device Modeling DPL User Script
- A/D Interfacing
- DOLE Interfaces for SCADA/GIS
- PSS/E& Pss/U Compatibility
- Multi-User Database
- Virtual Instruments

ซึ่งจะเห็นได้ว่าโปรแกรม มีความสามารถในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าทั้งในสภาวะคงตัว (Steady State) และสภาวะทรานเซียน (Transient State)

2.4.2 โครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรม DIgSILENT

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างการจัดการของข้อมูลระบบไฟฟ้าต่างๆ ที่ถูกสร้างและจัดเก็บในโปรแกรม DIgSILENT , ส่วนประกอบต่างๆ ของหน้าต่าง Main Window และแนะนำ Tool bar ต่างๆ ที่ใช้งานพื้นฐาน

-โครงสร้างการจัดการข้อมูลในโปรแกรม DIgSILENT

ในหน้าต่างของ Data Manager จะแสดงถึงโครงสร้างการจัดเก็บของไฟล์เตอร์ข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ภายใต้ Database ได้แก่ Main Library folder ประกอบด้วย Types และ Models มาตรฐานต่างๆ ของโปรแกรม DIgSILENT ซึ่งการที่จะปรับปรุงแก้ไขได้ต้อง Log On ใน User account ของ Administrator เท่านั้น โดยถ้า Log On ใน Normal User จะสามารถดูข้อมูลได้อย่างเดียวไม่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้

- System folder ประกอบด้วย Object ต่างๆ ที่ใช้ภายในโปรแกรม DIgSILENT เอง ซึ่งการที่จะปรับปรุงแก้ไขได้จะต้อง Log On ใน User account ของ Administrator เท่านั้น และหากต้องการแก้ไขควรทำภายใต้การแนะนำจากฝ่ายสนับสนุนลูกค้าของ DIgSILENT เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรแกรมได้

- Administrator folder ประกอบด้วย Object ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้งานสำหรับการสร้างการจัดการกับ User group หรือ User Account และการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับการ Setting ค่าต่างๆ ที่เป็น Global Setting

- Demo folder ประกอบด้วยตัวอย่างโครงการ (Project) ต่างๆ ที่เตรียมไว้สำหรับให้ Demo-User ทดลองใช้งาน

- User account folders ประกอบด้วยไฟล์เตอร์ของ Project ต่างๆ และค่า Setting ต่างๆ ที่กำหนดโดย Normal User ตามตัวอย่างมี 2 User คือ User PEA และ User Train



รูปที่ 2.22 หน้าต่าง Data Manager แสดงโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล [12]

- การจัดเก็บข้อมูลใน User account folder (User : Train ตามภาพ) จะประกอบด้วยโฟลด์เดอร์ดังต่อไปนี้

- Project Folder เป็นโฟลด์เดอร์ของโครงการที่สร้างขึ้นใหม่ หรือจากการ Import เข้ามา

- Recycle Bin Folder เป็นโฟลด์เดอร์ที่จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ถูกลบไปใน User นั้นๆ

- Settings Folder เป็นโฟลด์เดอร์ที่จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการ Setting ค่าในการใช้งานต่างๆ ของโปรแกรมสำหรับ User นั้นๆ และใน Project หนึ่งๆ นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักดังต่อไปนี้ (Project : Test ตามภาพ)

- Grid Folder เป็นโฟลด์เดอร์ที่จัดเก็บส่วนประกอบต่างๆ ของระบบไฟฟ้าในโครงการนั้น (Element Data) โดยจัดเก็บทั้งในส่วนของรูปภาพ (Graphic) และค่าพารามิเตอร์ (Attribute) ตัวอย่างเช่น แหล่งจ่ายไฟ, จุดโหนด, สายไฟ, จุดโหลด และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นค่าเฉพาะของแต่ละอุปกรณ์นั้นๆ เช่น ระยะทางสาย, ค่าการะทางไฟฟ้าของแต่ละจุดโหลด เป็นต้น

- Study Case Folder เป็นโฟลด์เดอร์ที่จัดเก็บเกี่ยวกับการ Setting ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการรันโปรแกรม เช่น Grid ใดบ้างที่ต้องการรัน, รูปแบบการแสดงผลลัพธ์ในการรัน และ Option ที่ใช้ในการรัน Load Flow เป็นต้น

- Library Folder เป็นโฟลด์เดอร์ที่จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ Type ต่างๆ ของอุปกรณ์ (Library) ที่จัดเก็บอยู่ใน User นั้นๆ ตัวอย่างเช่น ค่า Impedance per unit length ของสายไฟ, ค่าพิกัด kVA ของหม้อแปลง, ค่าแรงดัน Norminal เป็นต้น

2.4.3 ส่วนประกอบต่างๆ ของหน้าต่าง Main Window ส่วนประกอบของหน้าต่าง Main Window ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 10 ส่วนตามภาพ ได้แก่

2.4.3.1 Title bar แสดงชื่อและ Version ของโปรแกรม

2.4.3.2 Menu bar แสดงรายชื่อคำสั่งหลักของโปรแกรม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับโปรแกรมอื่น

2.4.3.3 Main Tool bar เป็นปุ่มที่ใช้แทนคำสั่งใน Menu bar หลัก ซึ่งสามารถเรียกใช้งานทันที

2.4.3.4 Drawing Tool bar เป็นปุ่มที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าในแบบจำลองต่างๆ

2.4.3.5 Data Manager Window เป็นหน้าต่างย่อยที่แสดงโครงสร้างการจัดเก็บของข้อมูลทั้งหมดโดยมีการใช้งานคล้ายกันกับ Window Explorer คือ เมื่อคลิกเลือกโฟลด์เดอร์ที่อยู่ด้านซ้าย ทางฝั่งขวาก็จะแสดงโฟลด์เดอร์ต่างๆ ที่อยู่ภายใต้โฟลด์เดอร์นั้น

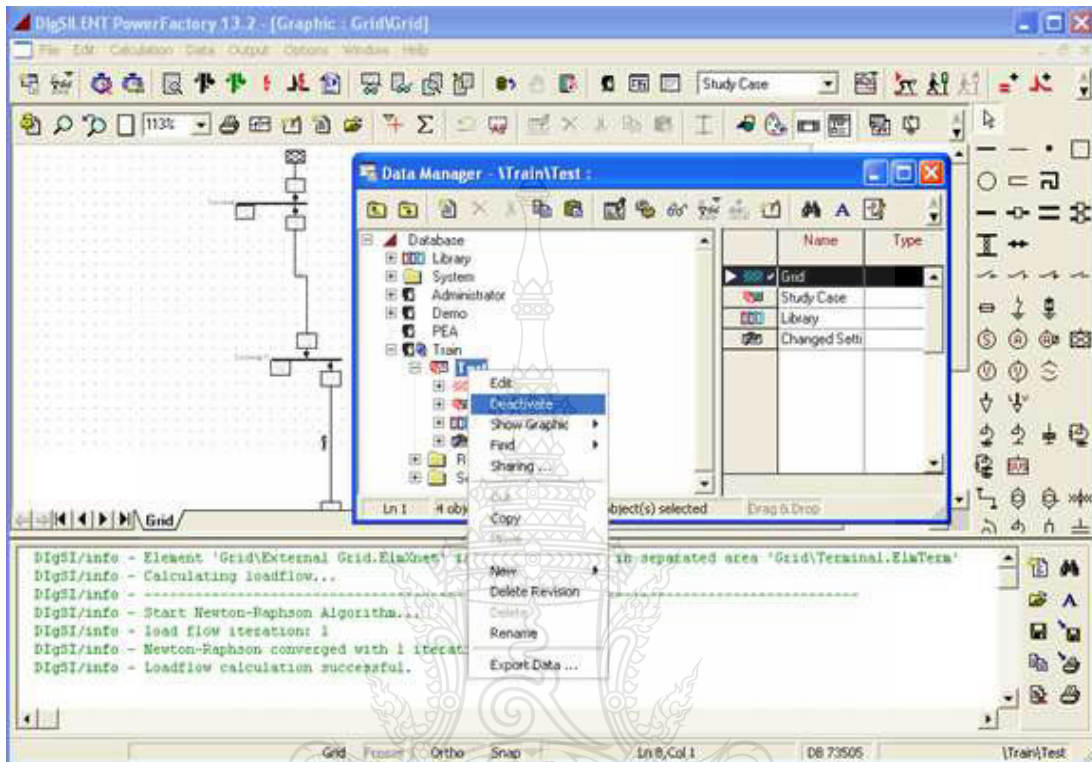
2.4.3.6 Context Menu เป็นหน้าต่างที่แสดงเมื่อคลิกขวาที่ Object

2.4.3.7 Output Window เป็นหน้าต่างที่แสดงผลการคำนวณ หรือแสดง error

2.4.3.8 Output Tool bar เป็น Tool bar ซึ่งใช้งานประกอบกับหน้าต่างของ Output Window

2.4.3.9 Workspace เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการสร้าง Single line diagram

2.4.3.10 Status bar แสดงสถานการณ์ การกระทำใด ๆ บนชั้นงานที่กำลัง Active อยู่



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าต่าง Main Window [12]

2.4.4 แนะนำ Tool bar ต่างๆ ในที่นี้จะขอล่าวถึง 2 ส่วนหลัก ได้แก่ Main Tool bar และ Drawing Tool bar



รูปที่ 2.24 ส่วนของ Main Tool bar [12]



รูปที่ 2.25 ส่วนของ Main Tool bar ด้านบนของโปรแกรม [12]



New Database Manager

Main Tool bar ปุ่มที่ใช้งานพื้นฐานมีดังนี้ (สามารถดูเพิ่มเติมได้จาก Help โดยกดปุ่ม F1)
เปิดหน้าต่าง Data Manager ซึ่งสามารถเปิดได้พร้อมกันมากกว่า 1 หน้าต่าง



Edit Relevant Objects for Calculation

ตารางสำหรับเรียกดูและแก้ไข Electrical Data ต่างๆ ที่อยู่ใน Study Case



Calculate Load-Flow

คำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบตามที่มีอยู่ใน Study Case



Calculate Short-Circuit

คำนวณกระแสลัดวงจรในระบบตามที่มีอยู่ใน Study Case



Output Calculation Analysis

สำหรับเลือกรูปแบบการแสดงผลรายงานผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ



Documentation of Device Data

แสดงข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดที่มีในระบบ



Update database

เมื่อต้องการให้นำค่าการ Set ของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการคำนวณ ไป Update ลงในฐานข้อมูล



Reset Calculation

Reset ค่าที่ตั้งไว้สำหรับการคำนวณหลังจากการคำนวณครั้งล่าสุด



User Settings

สำหรับตั้งค่าต่างๆ ของระบบที่ต้องการใช้งานภายใน User นั้นๆ



Select ToolBar

เลือก Toolbar Group ที่ใช้รัน Stability, Data Acquisition, Harmonics, Optimal Capacitor

Placement



Rebuild

ให้วาดหน้าจอกกราฟฟิคใหม่อีกครั้ง



Freeze Mode

ตรึงหน้าจอกวาดกราฟฟิคไว้หลังจากวาดอุปกรณ์ต่างๆ แล้วเสร็จ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถแก้ไขรูปได้



Graphic Options

สำหรับจัดการกับหน้าจอที่ใช้วาดกราฟฟิก เช่น แสดง/ไม่แสดง จุดกริด, Snap or Not, วาดเส้นตั้งฉากหรือไม่



Show layer...

สำหรับเลือกชั้นข้อมูลต่างๆ ที่ต้องการให้แสดงบนหน้าจอกราฟฟิก เช่น Result, Object Name เป็นต้น



Mark All Elements

เลือก (Select) อุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่บนหน้าจอกราฟฟิก เช่น ต้องการ Move ทั้งระบบไปบริเวณอื่น เป็นต้น



Edit and Browse Data

แสดงข้อมูลที่ถูกละเลือก (Selected) ในหน้าจอกราฟฟิก เพื่อให้ทำการแก้ไขข้อมูล



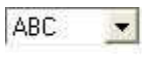
Color Representation

เลือก Option ในการให้แสดงเฉดสีต่างๆ บนหน้าจอกราฟฟิก เช่น แสดงสีบริเวณที่ไม่มีการจ่ายไฟไปถึง



Default voltage levels for Terminals and Busbars

เมื่อสร้างจุดโนด หรือบัสในกราฟฟิก โปรแกรมจะนำค่าที่อยู่ใน Box นี้ไปเป็นค่าแรงดันของบัสนั้น



Default Phase Technologies for Terminals

เมื่อสร้างจุดโนด หรือบัสในกราฟฟิก โปรแกรมจะนำค่าที่อยู่ใน Box นี้ไปเป็นค่าเฟสของบัสนั้น

Drawing Toolbar ปุ่มอุปกรณ์พื้นฐานซึ่งใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบไฟฟ้ามีดังนี้ (ดูเพิ่มเติมได้จาก Help)



Terminal

ใช้สร้างจุดโนดซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น Bus ที่สถานีไฟฟ้า



Short Terminal

ใช้สร้างจุดโนดซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น Bus ที่สถานีไฟฟ้า



Point Terminal

ใช้สร้างจุดโนดซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้า ในกรณีนี้มักใช้บริเวณที่เป็นทางแยก



Disconnecter

ใช้สร้างสวิตช์ในสถานีไฟฟ้า หรือในระบบส่ง ระบบจำหน่าย



External Grid

ใช้สร้างแหล่งจ่ายไฟของระบบ ได้แก่ Source จาก EGAT หรือจากสถานีไฟฟ้าของ PEA



General Load

ใช้สร้างโหลดของระบบ



Shunt/Filter C

ใช้สร้างคาปาซิเตอร์แบบต่อขนานระบบ



Line

ใช้สร้างสายส่ง หรือสายจำหน่าย



Fuse

ใช้สร้างฟิวส์ เช่น ฟิวส์ที่ต่ออยู่บริเวณ Line แยกของระบบจำหน่าย



2-Winding Transformer : ใช้สร้างหม้อแปลงกำลังที่สถานีไฟฟ้า และหม้อแปลงจำหน่าย

22,33/0.4 kV



3-Winding Transformer : ใช้สร้างหม้อแปลงกำลังที่สถานีไฟฟ้าแบบ 3 ขดลวดซึ่งมีอยู่ในบาง

พื้นที่



Auto Transformer

ใช้สร้าง AVR หรือ Auto Voltage Regulator ในระบบจำหน่าย

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาและวิจัยการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ นั้น จะใช้วิธีการทดสอบค่ากระแสที่ผิดปกติและตำแหน่งโดยทำการจำลองโปรแกรมระบบจำหน่ายด้วยโปรแกรม DIGSILENT โดยเสนอวิธีการในการศึกษาวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จำลองหาค่ากระแสผิดปกติตามความยาวของสายไฟบนหัวเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงหัวเสาไฟฟ้าต้นสุดท้ายบริเวณถัดจากหน้าร้านอาหารครัวสุนทรจนถึงทางแยก แล้วนำค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลองมาระบุพิกัดบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และนำเอาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้มานั้นประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อช่วยค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาสภาพการจ่ายไฟของระบบจำหน่าย 22 kV

3.2 สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT เพื่อหาค่ากระแสผิดปกติ โดยทำการจำลองกระแสผิดปกติและชนิดที่กระแสผิดปกติในตำแหน่งที่กระแสผิดปกติเกิดขึ้นจริงตามประวัติการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟภ.

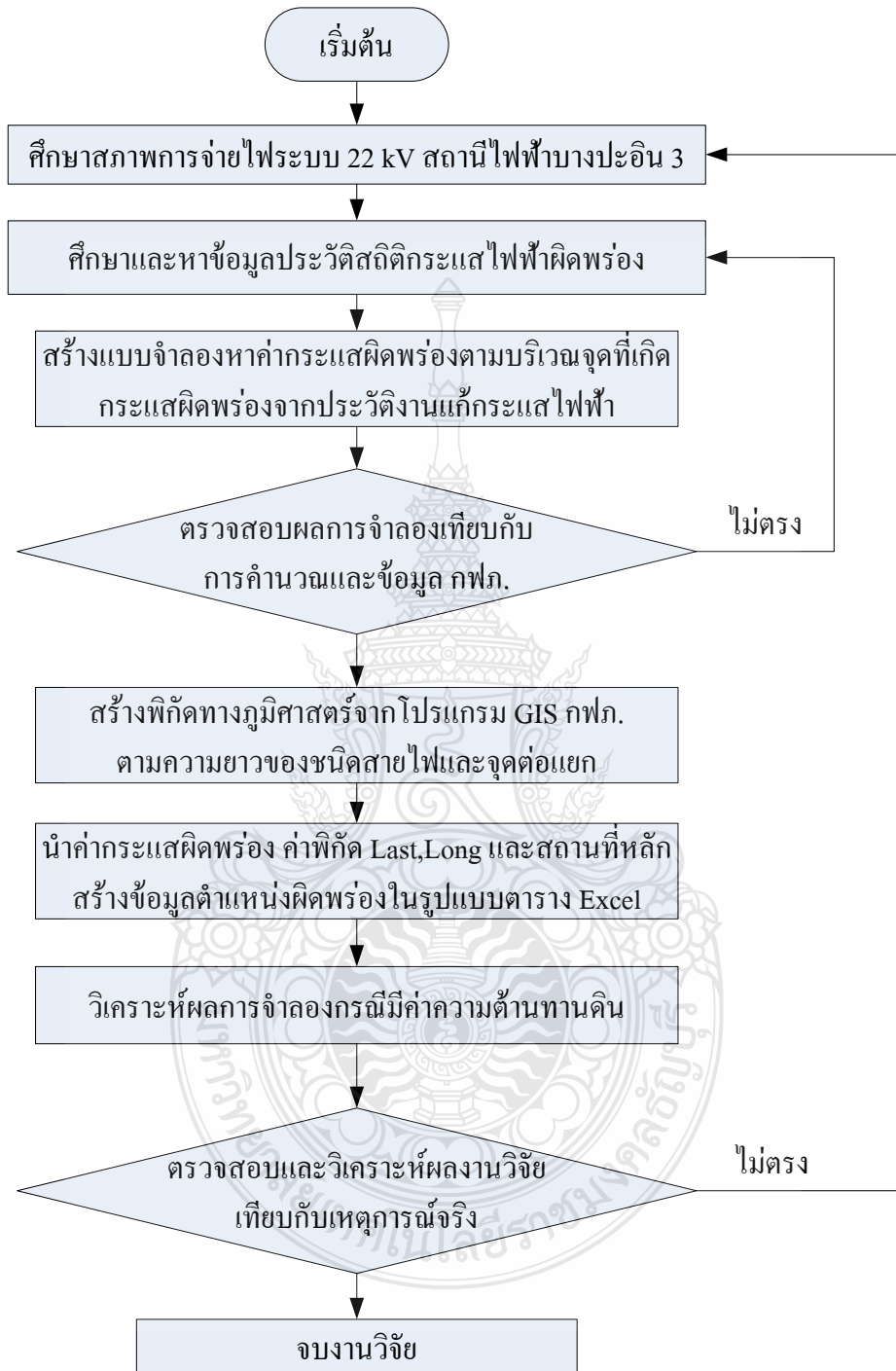
3.3 สร้างพิกัดทางภูมิศาสตร์จากโปรแกรม GIS ของ กฟภ.

3.4 สร้างตารางข้อมูล พิกัด กระแสผิดปกติ สถานที่หลัก และ ระยะทางที่ห่างจากสถานี

3.5 เปรียบเทียบค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลอง โปรแกรมและข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงของ กฟภ. เพื่อทดสอบแบบจำลอง และหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ทำการจำลองกระแสผิดปกติด้วยโปรแกรมในตำแหน่งต่างๆ โดยเริ่มต้นจากเสาไฟฟ้าต้นแรกบริเวณหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ห่างจากสถานี 131 เมตร และต้นถัดไปตามความยาวของชนิดและประเภทของสายจนถึงจุดต่อไลน์แยก แล้ว จำลองโปรแกรมเพื่อหาค่ากระแสผิดปกติในเสาต้นถัดไปเรื่อยๆจนถึงเสาต้นสุดท้ายบริเวณเสาถัดจากหน้าร้านอาหารครัวสุนทร ระยะทาง 9.625 km

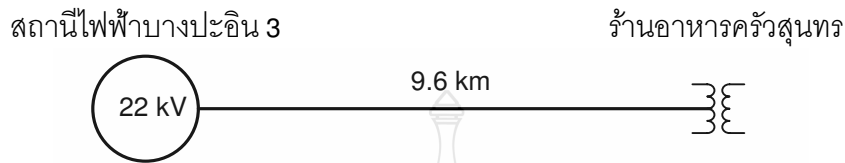
ซึ่งในการวิจัยกรณีศึกษาการระบุตำแหน่งกระแสผิดปกติในครั้งนี้ได้กำหนดและอธิบายลำดับขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1



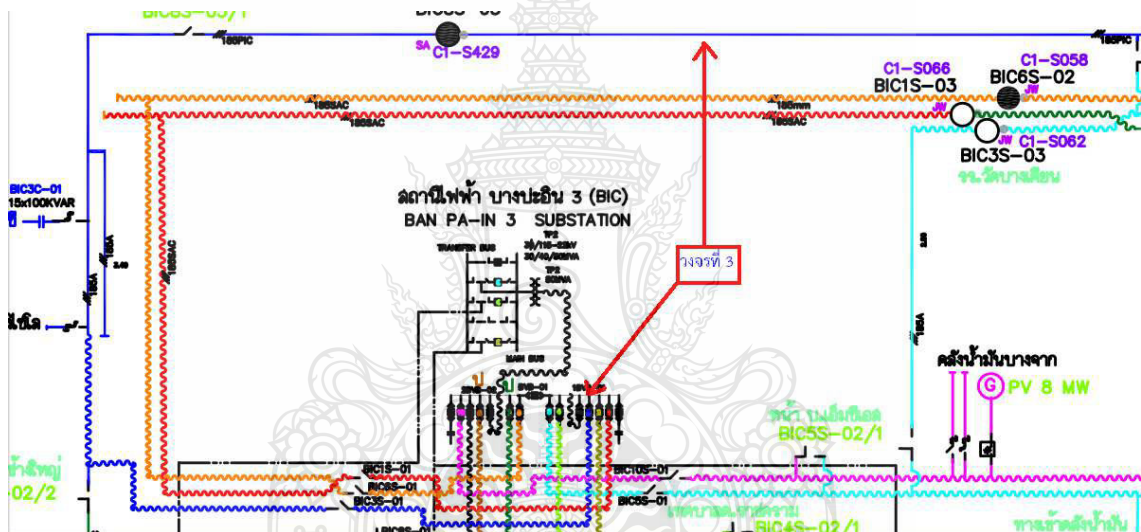
รูปที่ 3.1 โครงสร้างผังขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพการจ่ายไฟของระบบจำหน่าย 22 kV

ทำการศึกษาสภาพการจ่ายไฟของระบบจำหน่าย 22 kV โดยในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและระบุตำแหน่งที่กระแสลัดพ่วง วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ดังรูปที่ 3.2

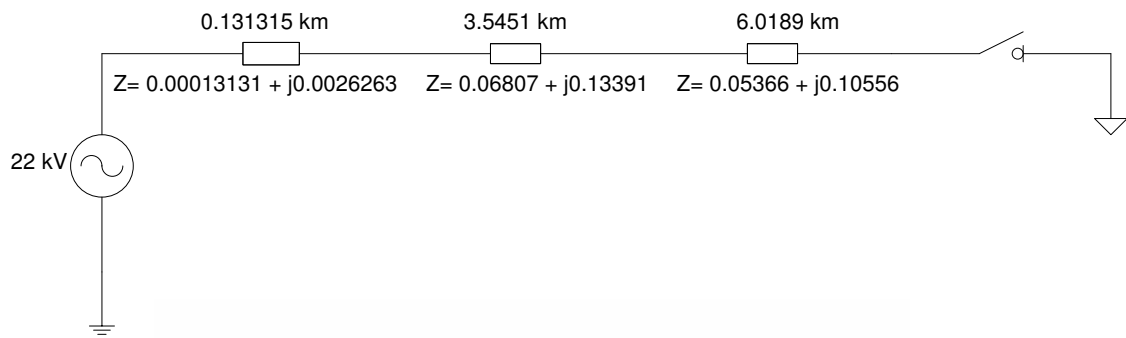


รูปที่ 3.2 ระบบการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3



รูปที่ 3.3 สภาพการจ่ายไฟวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

จากรูปที่ 3.2 และ 3.3 จะเป็นสภาพการจ่ายไฟของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ซึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นระยะทางตามความยาวของสายไฟ 9.625 กิโลเมตร ถึงเสาต้นถัดจากร้านอาหารครัวสุนทร โดยมีสายส่งระบบจำหน่าย 2 ชนิด คือสาย Cable Line เป็นระยะทาง 131 เมตรแรก และสาย Overhead line เป็นระยะทาง 9.494 กิโลเมตร ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของสายจะแตกต่างกันตามระยะทางของสายป้อน โดยค่าพารามิเตอร์ของสาย Cable Line จะมี 1 ค่า และค่าพารามิเตอร์ของสาย Overhead line จะมี 60 ค่า โดยสามารถเขียนเป็นวงจรสมมูล และขอยกตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ 3 ช่วงหลักๆดังรูปที่ 3.4

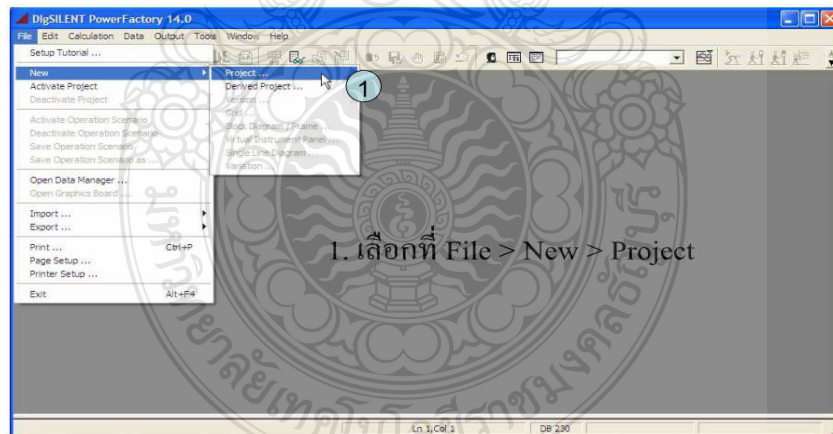


รูปที่ 3.4 วงจรสมมูลระบบการจ่ายไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

3.2 สร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DIgSILENT

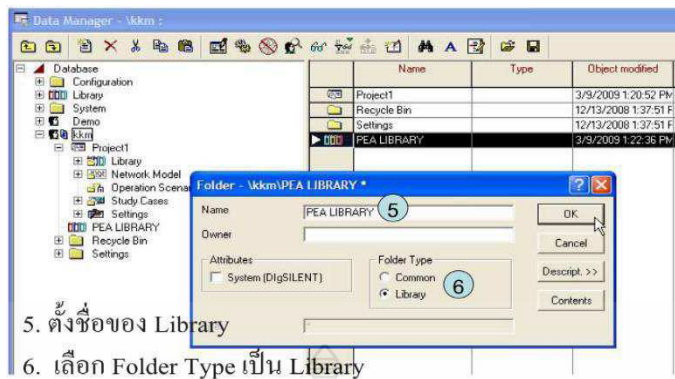
ในการศึกษาเพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดพลาดในงานวิจัยนี้จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DIgSILENT เพื่อหาค่ากระแสผิดพลาด โดยทำการจำลองกระแสผิดพลาดในตำแหน่งที่กระแสผิดพลาดเกิดขึ้นจริงตามประวัติการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟภ. ซึ่งจะมีรายละเอียดในการจำลองและขั้นตอนในการจำลองดังต่อไปนี้

3.2.1 เปิดโปรแกรม และ สร้างไฟล์งานใหม่ตามหน้าต่างของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าต่างโปรแกรมในการจำลอง

3.2.2 Import (นำเข้า) ข้อมูล สภาพการจ่ายไฟและอุปกรณ์ในวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ดังรูปที่ 3.6



5. ตั้งชื่อของ Library

6. เลือก Folder Type เป็น Library

รูปที่ 3.6 หน้าต่างโปรแกรมการ Import ข้อมูลและสภาพการจ่ายไฟฟ้าของวงจรที่ 3

3.2.3 ใส่ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ลงในโปรแกรม ตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และ ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 [10]

สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3							
BUS kV	R_1	X_1	R_2	X_2	R_0	X_0	หน่วย
22	0.0169	0.3632	0.0172	0.3654	0.0063	0.2957	Ω

ตารางที่ 3.2 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

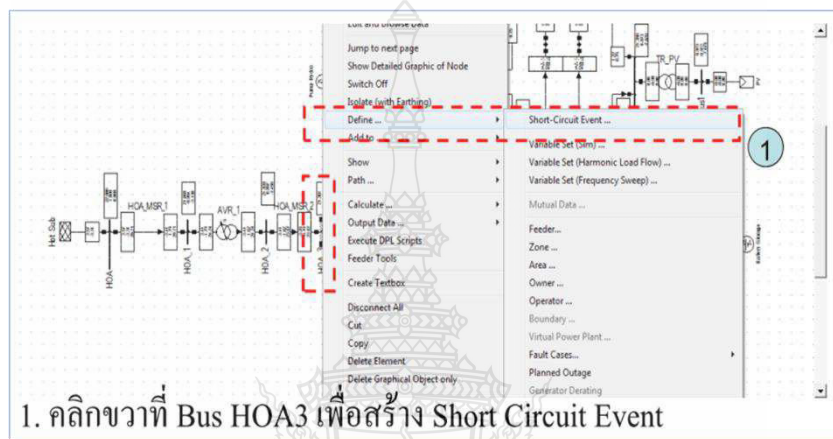
$Z_1=R_1+X_1$	$Z_1 \angle \theta$	$Z_0=R_0+X_0$	$Z_0 \angle \theta$
Ohm	Ohm Degree	Ohm	Ohm Degree
0.01695+j0.36328	0.36367 87.32	0.00638+j0.29576	0.29582 88.76

3.2.4 ใส่ค่าพารามิเตอร์ของสายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV วงจรที่ 3 โดยในวงจรที่ 3 นั้นมีสายอยู่ 2 ชนิดคือ สาย Cable และสาย Overhead Line ในช่วงแรกของวงจรระยะทาง 131 เมตรจะเป็นสายชนิด Cable และ 9.49 กิโลเมตรที่เหลือจะเป็นสายชนิด Overhead Line ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของสายจะแตกต่างกันตามระยะทางของสายป้อนโดยค่าพารามิเตอร์ของสาย Cable จะมี 1 ค่า และค่าพารามิเตอร์ของสาย Overhead Line จะมี 59 ค่า ดังตารางที่ 3.3

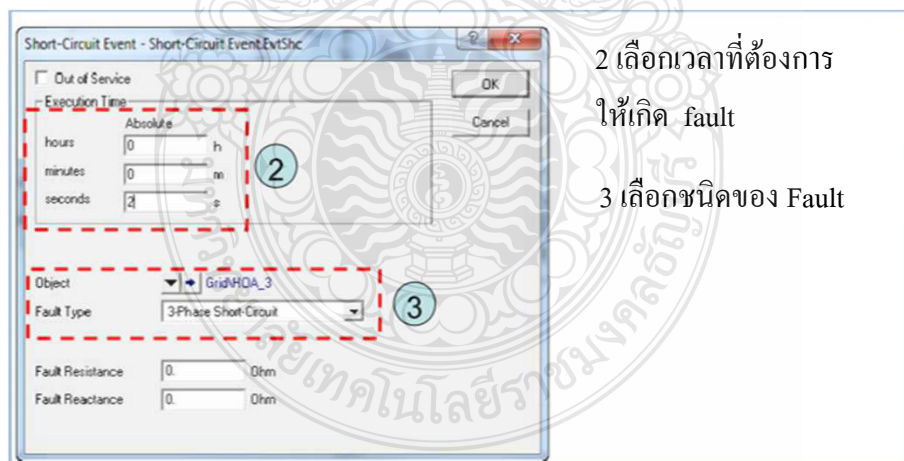
ตารางที่ 3.3 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3

สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3								
ช่วงเสาต้นที่	ระยะห่างระหว่างเสา	ชนิดของสาย	R_1 Ω/km	X_1 Ω/km	R_0 Ω/km	X_0 Ω/km	$Z_1 \angle \theta$ Ω/km	Degree
1 ถึง 2	0.131315	Cable	0.00013131	0.0026263	0.00026263	0.00433339	0.00262958	87.1376
2 ถึง 3	0.0165614	Overhead Line	0.00348882	0.00494499	0.00667328	0.03076901	0.00605185	54.79604
3 ถึง 11	0.0313134	Overhead Line	0.00659647	0.00934973	0.01261748	0.05817638	0.0114425	54.79604
11 ถึง 38	0.149515	Overhead Line	0.0314968	0.04464301	0.06024588	0.2777802	0.05463558	54.79604
38 ถึง 45	0.513321	Overhead Line	0.1081361	0.1532702	0.2068386	0.9536862	0.1875771	54.79604
45 ถึง 48	0.0787315	Overhead Line	0.01658556	0.02350808	0.03172423	0.1462733	0.02876997	54.79604
48 ถึง 49	0.0592581	Overhead Line	0.0124833	0.01769361	0.02387758	0.1100941	0.02165402	54.79604
49 ถึง 50	0.0327762	Overhead Line	0.00690463	0.0097865	0.01320691	0.06089408	0.01197704	54.79604
50 ถึง 66	0.013949	Overhead Line	0.00293843	0.00578055	0.00495848	0.02294241	0.00648453	63.05439
66 ถึง 84	0.383023	Overhead Line	0.08068755	0.1143651	0.1543361	0.7116088	0.1399638	54.79604
84 ถึง 87	0.646814	Overhead Line	0.1362577	0.1931293	0.2606285	1.201699	0.236358	54.79604
87 ถึง 96	0.114331	Overhead Line	0.02408495	0.03413758	0.04606876	0.2124127	0.04177869	54.79604
96 ถึง 117	0.286356	Overhead Line	0.0603237	0.08550175	0.1153849	0.5320137	0.1046399	54.79604

3.2.5 จำลองหาค่ากระแสผิดพลาดและชนิดกระแสผิดพลาดในตำแหน่งที่เกิดกระแสผิดพลาดขึ้นจริงตามข้อมูลของ กฟภ. ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้กรณีศึกษาการเกิดความผิดพลาดแบบ 3 เฟส และระยะเวลาที่เกิดกระแสผิดพลาด ตามข้อมูลการปลดวงจรของอุปกรณ์สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ดังรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 ตามลำดับ

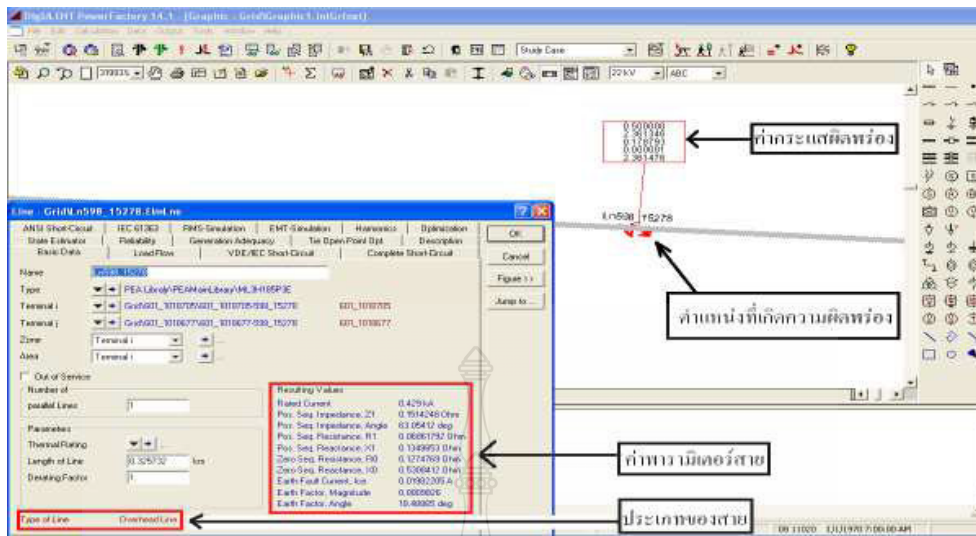


รูปที่ 3.7 การจำลองกระแสผิดพลาดของโปรแกรม

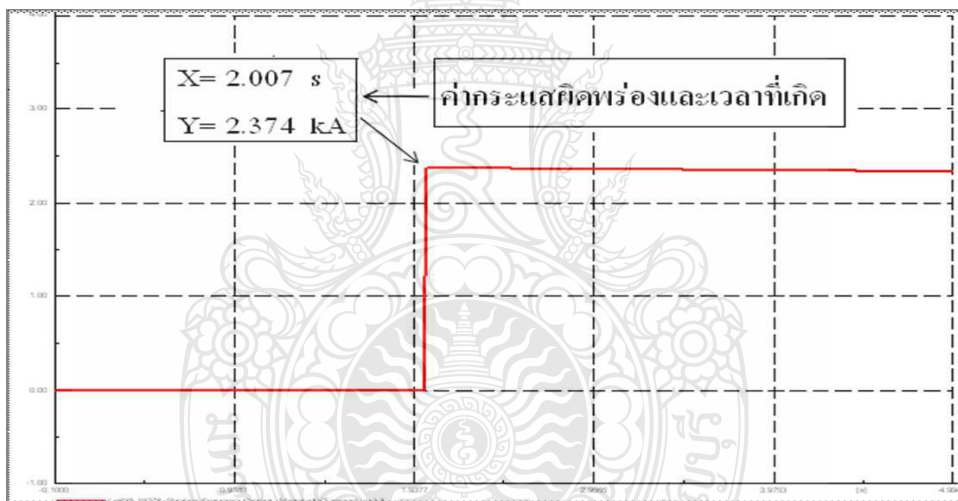


รูปที่ 3.8 การจำลองกระแสผิดพลาดแบบ 3 เฟส และเวลาที่เกิดกระแสผิดพลาด

3.2.6 คำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดจากโปรแกรม และ ผลการจำลองค่ากระแสผิดพลาดจากรูปกราฟดังรูปที่ 3.9 และ รูปที่ 3.10 ตามลำดับ

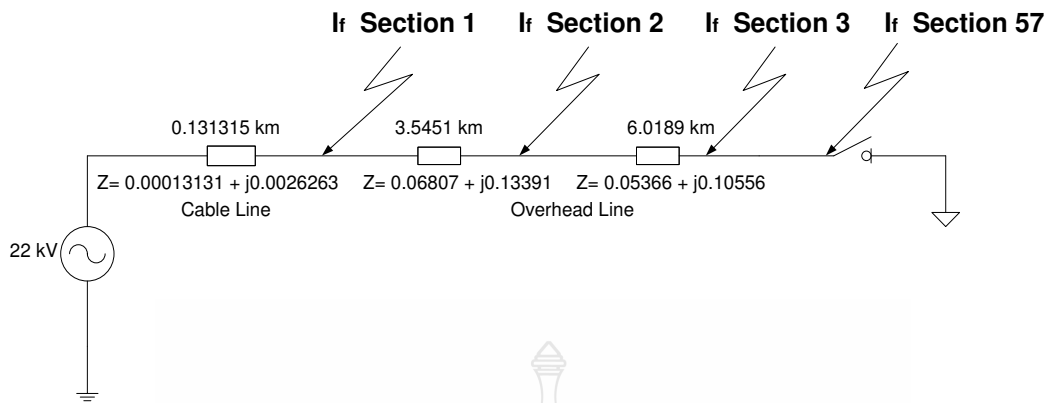


รูปที่ 3.9 การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดของโปรแกรม DIgSILENT



รูปที่ 3.10 ผลการจำลองค่ากระแสผิดพลาดและระยะเวลาที่เกิดกระแสผิดพลาด

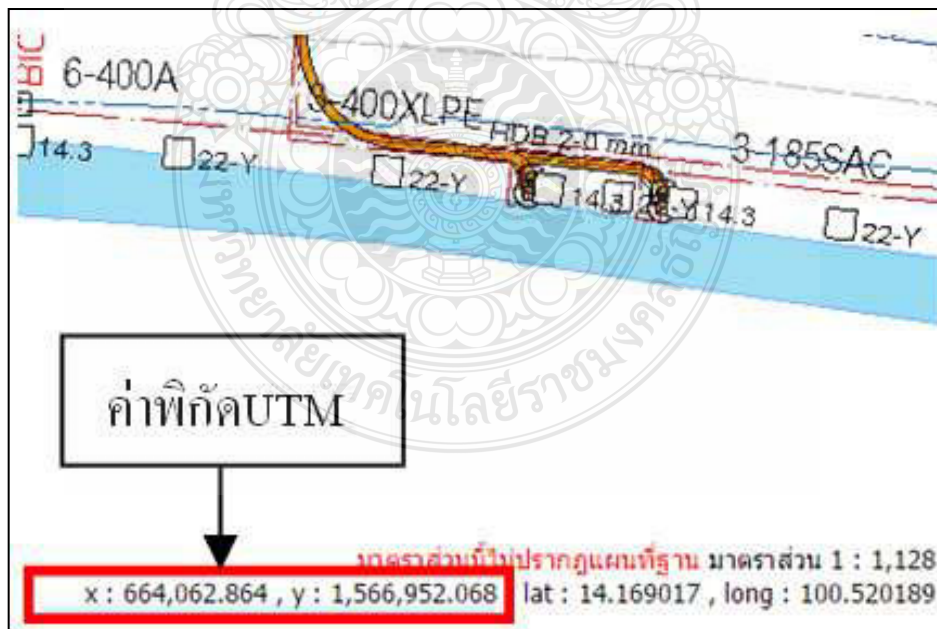
จากนั้นนำผลค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองเทียบกับค่ากระแสผิดพลาดจากข้อมูลของ กฟภ. ได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงและยอมรับได้จึงทำการจำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดตามความยาวของสายทุกๆ ช่วง โดยแต่ละช่วงจะแบ่งตามค่าพารามิเตอร์ของสายและจุดต่อไลน์แยก โดยระยะทางรวมทั้งวงจรที่ 3 จะมีอยู่ 57 ช่วง ดังนั้นจึงทำการจำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาด 57 ช่วง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การจำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดทั้งหมด 57 Section

3.3 สร้างพิกัดทางภูมิศาสตร์

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้จะใช้การสร้างรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์เพื่อหาค่าพิกัด UTM ในโปรแกรม GIS ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยจะทำการหาค่าพิกัดของเสาไฟฟ้าตามความยาวของสายไฟแต่ละประเภทซึ่งในวงจรการจ่ายไฟของวงจรที่ 3 จะมีประเภทของสายไม่เหมือนกัน และมีไลน์แยกหม้อแปลงย่อยจำนวนมาก ดังนั้นจึงทำการหาพิกัดต้นเสาไฟฟ้าตามจุดต่อไลน์ต่างๆจนถึงเสาต้นสุดท้ายเป็นระยะทาง 9.625 กิโลเมตร ดังรูปที่ 3.12



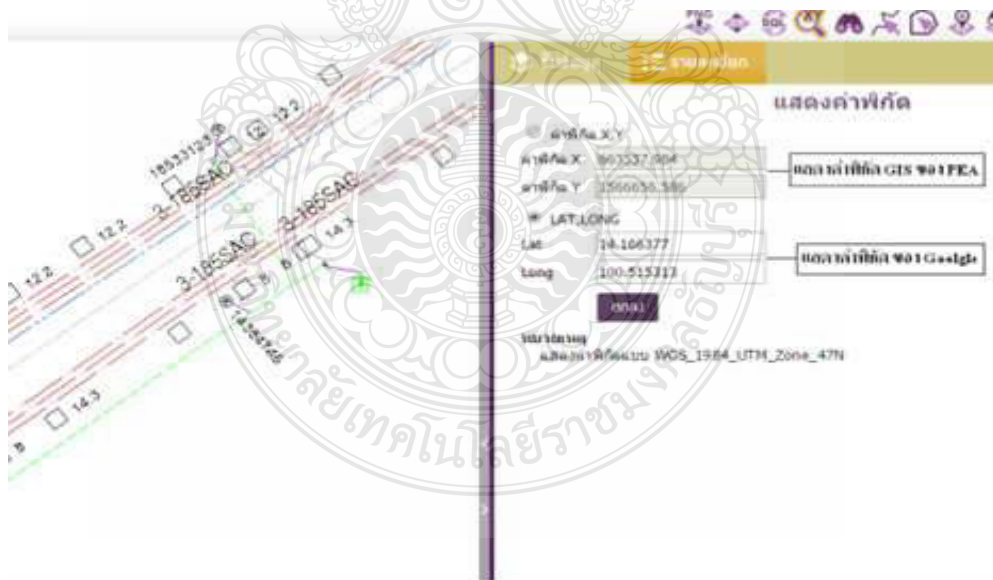
รูปที่ 3.12 การหาค่าพิกัด UTM จากโปรแกรม GIS ของ กฟภ.

3.4 สร้างตารางข้อมูล พิกัด กระแสผิดปกติ

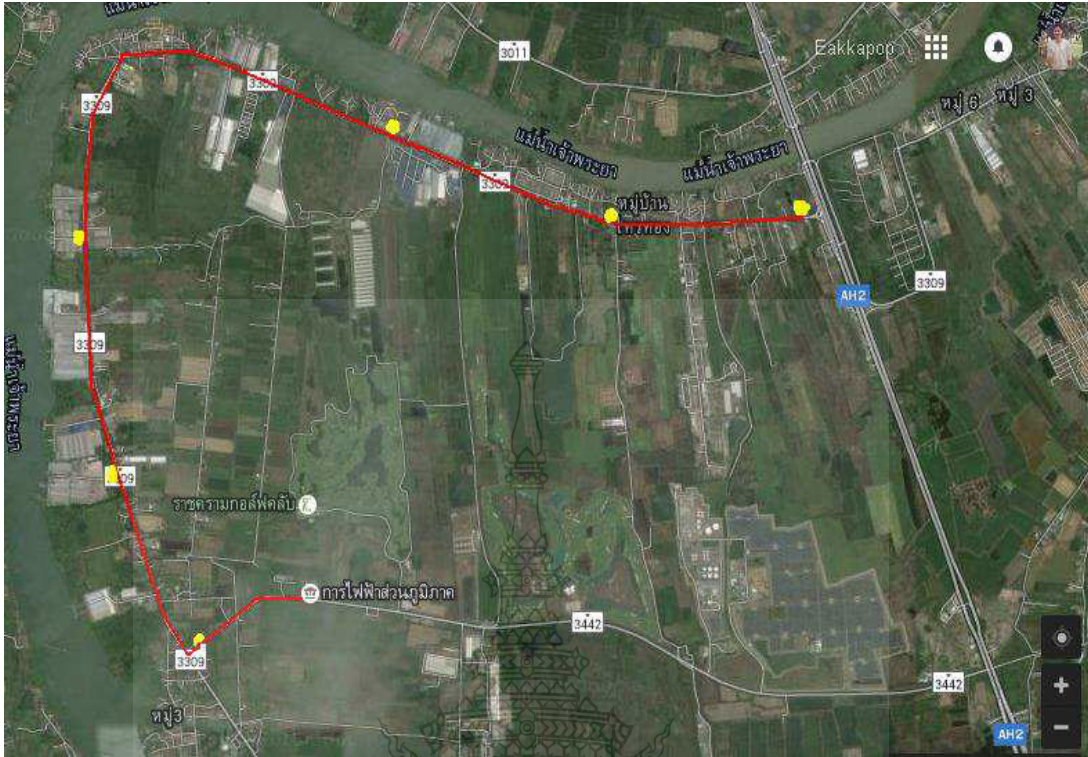
เมื่อได้ข้อมูลค่ากระแสผิดปกติ ค่าพิกัดในตำแหน่งต่างๆ ทำการสร้างตารางดังตารางที่ 3.4 เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้พนักงานช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ยังไม่ชำนาญเส้นทางในการนำค่าพิกัดจากค่ากระแสผิดปกติที่ศูนย์จ่ายไฟมาระบุในโปรแกรม GIS ของ กฟภ. หรือ ในโปรแกรม Google map เพื่อหาดำแหน่งกระแสผิดปกติ ดังรูปที่ 3.12 และ รูปที่ 3.13 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่ากระแสผิดปกติและพิกัด [9]

กระแส If เฟส A (kA)	พิกัด X	พิกัด Y	ระยะห่างจาก สถานี (km)	สถานที่หลัก
6.495004	663537.984	1566656.586	0.78	ร้านครัวป่าลั่น
4.784707	662985.193	1567673.071	2.08	บ.ชัยขงการเกษตร
3.591609	662746.008	1569108.679	3.56	คลังปุ๋ยอยุธยา
2.997568	664720.995	1569818.511	6.50	วัดโบสถ์สมพรชัย
2.394295	665846.383	1569387.768	7.86	บ.บางปะอินชัย



รูปที่ 3.13 การนำค่าพิกัดจากตารางเพื่อหาดำแหน่งในโปรแกรม GIS และ โปรแกรม Google

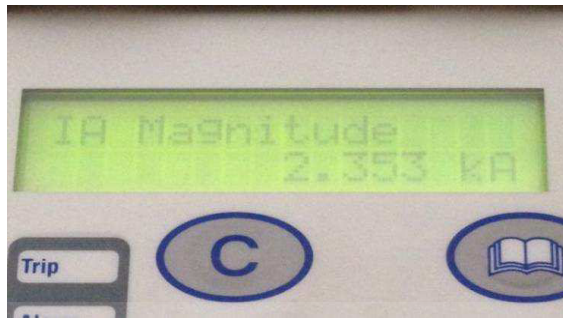


รูปที่ 3.14 พิกัดทางภูมิศาสตร์โปรแกรม Google map [9]

3.5 เปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลอง

ในการศึกษาและวิจัยการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์นั้น เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีประสิทธิภาพมีความเชื่อถือได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องได้จริงนั้น จำเป็นต้องมีการทดสอบแบบจำลองของระบบจำหน่ายดังกล่าวโดยการทดสอบแบบจำลอง จะทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาด 3 ค่า ได้แก่ ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของ กฟภ. และค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐานการคำนวณ IEC 60909 ซึ่งจะทำการทดสอบแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาด 3 ค่าดังนี้

3.5.1 ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการบันทึกข้อมูล งานแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟภ. ซึ่ง จะทำการบันทึกข้อมูลกระแสผิดพลาดจากอุปกรณ์ป้องกันที่ติดตั้งที่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 3 อุปกรณ์ รีเลย์กระแสเกิน (Over current) บันทึกค่ากระแสผิดพลาดสูงสุดที่ได้ 2.353 kA ดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16 ตามลำดับ

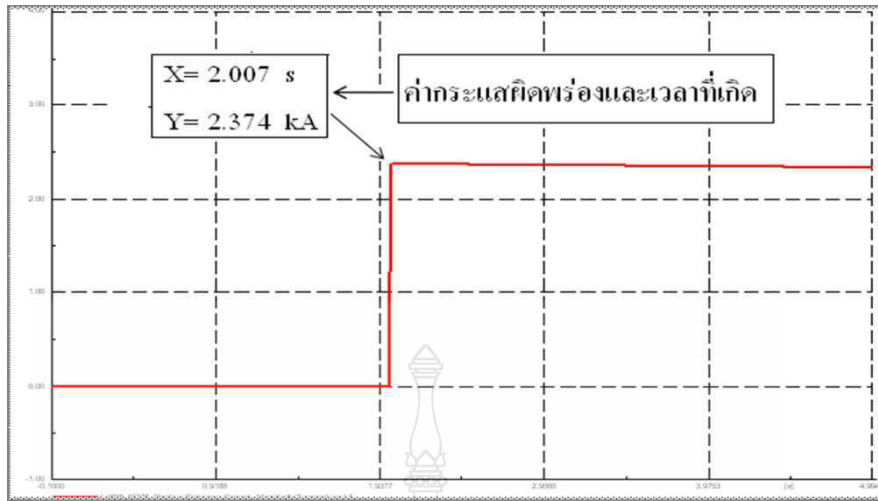


รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดงผล รีเลย์กระแสเกิน แสดงค่ากระแสผิดพลาด



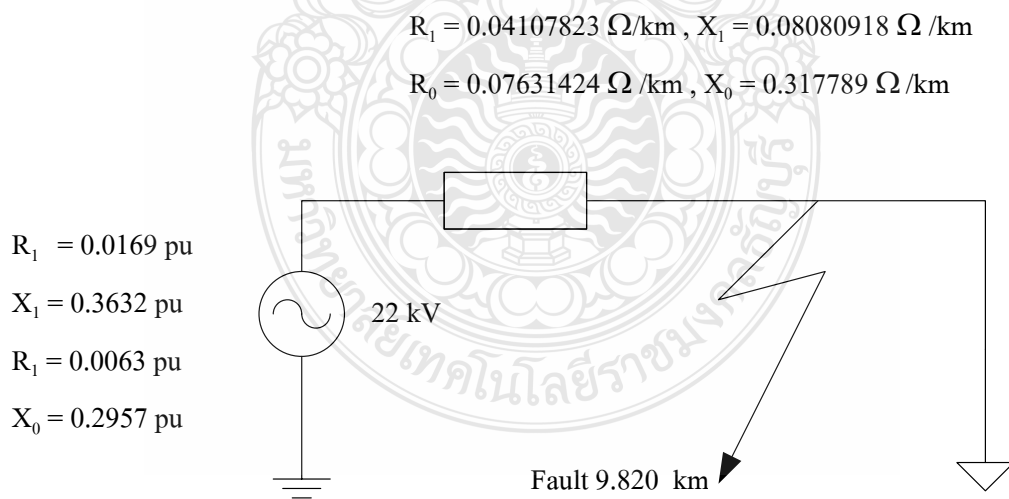
รูปที่ 3.16 อุปกรณ์ควบคุมและแสดงสถานะการทำงาน วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

3.5.2 ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม ทำการจำลองโปรแกรม โดยการสร้างกระแสผิดพลาดแบบ 3 เฟสฟอลต์ และระยะเวลากระแสผิดพลาด ที่จุดต้นเสาไฟฟ้า บริเวณที่เกิดเหตุกระแสผิดพลาดจากเหตุการณ์จริงตามข้อมูลที่ได้จากการบันทึก ของงานแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง กฟภ. ผลการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดได้ค่ากระแสผิดพลาด 2.374 kA. ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ค่ากระแสผิดพลาดจากผลการจำลองของโปรแกรม [9]

3.3.3 ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณ ทำการคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดตามข้อมูล ที่บันทึกได้จากงานแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง กฟภ. ซึ่งเกิดเหตุกระแสผิดพลาดบริเวณเสาไฟฟ้าในวงจร ที่ 3 ห่างจากสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 เป็นระยะทาง 9.820 กิโลเมตร แสดงการคำนวณ วงจรการ จ่ายไฟและค่าพารามิเตอร์สายและแหล่งจ่าย ดังนี้



รูปที่ 3.18 วงจรและค่าพารามิเตอร์ของระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

ข้อมูลพารามิเตอร์ของแหล่งจ่ายตามภาคผนวก ข.

$$R_1 = 0.0169 \text{ pu} \quad X_1 = 0.3632 \text{ pu}$$

$$R_0 = 0.0063 \text{ pu} \quad X_0 = 0.2957 \text{ pu}$$

ข้อมูลพารามิเตอร์ของสายป้อนในระยะห่างจากสถานีที่ 9.820 km

$$R_1 = 0.04107823 \text{ } \Omega/\text{km} , X_1 = 0.08080918 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$R_0 = 0.07631424 \text{ } \Omega/\text{km} , X_0 = 0.317789 \text{ } \Omega/\text{km}$$

วิธีคำนวณ แปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆให้อยู่ในเบสเดียวกัน โดยให้เบสของระบบเท่ากับ 100 MVA

$$Z_{\text{base}} (22 \text{ kV}) = \frac{22^2}{100} = 4.84 \text{ } \Omega , I_{\text{base}} (22 \text{ kV}) = \frac{100}{\sqrt{3} \times 22} = 2.624 \text{ kA}$$

Impedance แหล่งจ่าย - $R_1 = 0.0169 \text{ pu.}, X_1 = 0.3632 \text{ pu}$

$$R_0 = 0.0063 \text{ pu.}, X_0 = 0.2957 \text{ pu}$$

Impedance สายส่งขณะเกิดลัดวงจรที่ระยะทาง 9.820 km

$$R = \frac{0.04107823}{4.84} = 0.008 \text{ pu}$$

$$X_1 = \frac{0.08080918}{4.84} = 0.0167 \text{ pu}$$

$$R_0 = \frac{0.07631424}{4.84} = 0.0157 \text{ pu}$$

$$X_0 = \frac{0.317789}{4.84} = 0.0656 \text{ pu}$$

คำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด I_f ที่ $R_f = 0 \Omega$

$$I_f = \frac{1E}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \quad (3.1)$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{2(0.0169 + 0.008 + j0.3632 + j0.0167) + 0.0063 + 0.0157 + j0.2957 + j0.0656}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{0.0718 + j1.1211} = 0.089015 \text{ pu}$$

$$I_f = 0.089015 \times 2.624 = 2.335 \text{ kA}$$

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 2.335 kA

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมีค่าเท่ากับ 2.374 kA

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากเหตุการณ์จริง มีค่าเท่ากับ 2.353 kA

คำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด I_f ที่ $R_f = 2.5 \Omega$

$$Z_f = \frac{2.5}{4.84} = 0.5165 \text{ pu}, \quad 1Z_f = 0.5165 \text{ pu}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{2(0.0169 + 0.008 + j0.3632 + j0.0167) + 0.0063 + 0.0157 + 0.5165 + j0.2957 + j0.0656}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{0.5883 + j1.1211} = 0.7898 \text{ pu}$$

$$I_f = 0.7898 \times 2.624 = 2.0724 \text{ kA}$$

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 2.0724 kA

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมีค่าเท่ากับ 1.934 kA

คำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด I_f ที่ $R_f = 5 \Omega$

$$Z_f = \frac{5}{4.84} = 1.033 \text{ pu}, \quad 1Z_f = 1.033 \text{ pu}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{2(0.0169 + 0.008 + j0.3632 + j0.0167) + 0.0063 + 0.0157 + 1.033 + j0.2957 + j0.0656}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{1.1048 \times j1.1211} = 0.6353 \text{ pu}$$

$$I_f = 0.6353 \times 2.624 = 1.6670 \text{ kA}$$

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 1.6670 kA

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมีค่าเท่ากับ 1.542 kA

คำนวณหาค่ากระแสผิดพลาด I_f ที่ $R_f = 10 \Omega$

$$R_f = \frac{10}{4.84} = 2.0661 \text{ pu}, \quad Z_f = 2.0661 \text{ pu}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{2(0.0169 + 0.008 + j0.3632 + j0.0167) + 0.0063 + 0.0157 + 2.0661 + j0.2957 + j0.0656}$$

$$I_f = \frac{1 \times 1.0}{2.1379 + j1.1211} = 0.4142 \text{ pu}$$

$$I_f = 0.4142 \times 2.624 = 1.0868 \text{ kA}$$

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 1.0868 kA

ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมีค่าเท่ากับ 1.043 kA

เมื่อได้ค่ากระแสผิดพลาดจากการคำนวณแล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองในโปรแกรม DIGSILENT ระบบ 22 kV ของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 มีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้จำลองหาค่ากระแสผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงได้

หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและเปรียบเทียบระหว่าง ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณและ ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม จากสมการ 3.2

$$\% \text{ ความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการคำนวณ} - \text{ค่าที่ได้จากการจำลองโปรแกรม}}{\text{ค่าที่ได้จากการคำนวณ}} \times 100 \quad (3.2)$$

ที่ $R_f = 0 \ \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{2.335 - 2.374}{2.335} \times 100\% \\ &= 1.670 \% \end{aligned}$$

ที่ $R_f = 2.5 \ \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{2.072 - 1.934}{2.072} \times 100\% \\ &= 6.66 \% \end{aligned}$$

ที่ $R_f = 5 \ \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{1.667 - 1.542}{1.667} \times 100\% \\ &= 7.49 \% \end{aligned}$$

ที่ $R_f = 10 \ \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{1.086 - 1.043}{1.086} \times 100\% \\ &= 3.95 \% \end{aligned}$$

หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและเปรียบเทียบระหว่าง ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการคำนวณ และค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการบันทึกข้อมูลงานแก่กระแสไฟฟ้า กฟภ. จากสมการ 3.3

$$\% \text{คลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการบันทึกของ กฟภ.} - \text{ค่าที่ได้จากการจำลองโปรแกรม}}{\text{ค่าที่ได้จากการบันทึกของ กฟภ.}} \times 100\% \quad (3.3)$$

ที่ $R_f = 0 \ \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{2.353 - 2.335}{2.353} \times 100\% \\ &= 0.764 \% \end{aligned}$$

หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนและเปรียบเทียบระหว่าง ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม และค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จาก การบันทึกข้อมูลงานแก่กระแสไฟฟ้า กฟภ. จาก สมการ 3.4

$$\% \text{คลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการบันทึกของ กฟภ.} - \text{ค่าที่ได้จากการจำลองโปรแกรม}}{\text{ค่าที่ได้จากการบันทึกของ กฟภ.}} \times 100\% \quad (3.4)$$

ที่ $R_f = 0 \Omega$

$$\begin{aligned} \% \text{ ความคลาดเคลื่อน} &= \frac{2.353 - 2.374}{2.353} \times 100\% \\ &= 0.89 \% \end{aligned}$$

จากการคำนวณดังสมการผลการคำนวณ ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเป็นที่ยอมรับได้ สามารถนำแบบจำลองมาจำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดเพื่อสร้างตารางในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์

3.6 สรุป

จากการศึกษาการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV พบว่าในการจำลองโปรแกรม DigSILENT เพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดด้วยระบบจริงของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ได้ค่ากระแสใกล้เคียงกับค่ากระแสผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงที่อ่านได้จากรีเลย์กระแสเกิน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.88% จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองและวิธีที่นำเสนอ สามารถนำมาคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดในระยะต่างๆ ได้ และสามารถทำการบันทึกค่าพิกัดค่า X และ Y จัดทำเป็นตารางข้อมูลเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาด ให้ทราบพิกัดแล้วทำการใส่ค่าพิกัด X และ พิกัด Y ลงในโปรแกรม GIS ของ กฟภ. จากนั้นจะทราบตำแหน่ง พิกัด Last, Long ที่มีอยู่ในโปรแกรม Google map ก็จะทำให้ทราบสถานที่หลัก และ ระยะห่างจากสถานีละเอียดยิ่งขึ้น ทำให้พนักงานแก้ไขที่ไม่ชำนาญทาง เดินทางยังตำแหน่งที่กระแสผิดพลาดเกิดได้เร็วขึ้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา วิเคราะห์ การจำลองระบบ

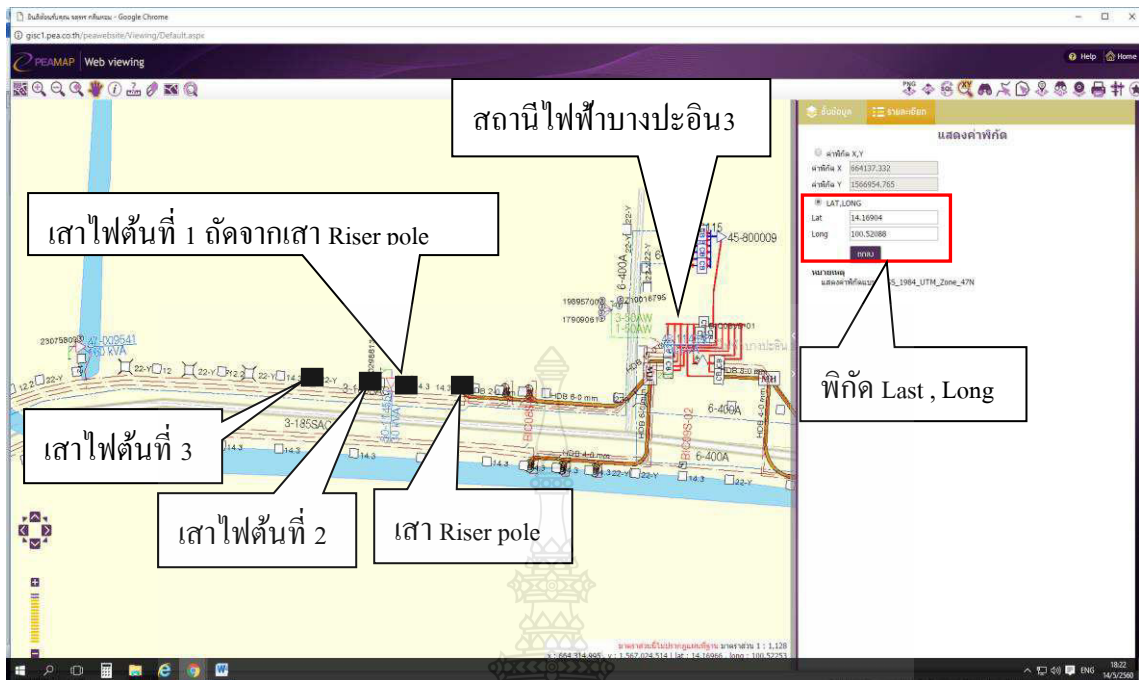
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการระบุตำแหน่งผิดพลาดของระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 กรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรม DIGSILENT จำลองหาค่ากระแสผิดพลาด แบบสายหนึ่งเฟสลงดิน (Single Line to Ground Fault) 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) และ 3 เฟสฟอลต์ (Three Phase Fault) เนื่องจากเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดตามลำดับ แล้วนำค่ากระแสผิดพลาดมาทำแผนที่ผังเพื่อที่จะระบุตำแหน่งที่ผิดพลาดเป็นค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ตามตำแหน่งเสาไฟฟ้าต้นแรกจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในวงจรที่ 3 ถึงสิ้นสุดท้ายบริเวณถัดจากร้านอาหารครัวสุนทรถึงทางแยก และสถานที่หลักซึ่งอยู่ใกล้เคียงมาสร้างข้อมูลตารางในรูปแบบ Excel ซึ่งตำแหน่งผิดพลาดที่ได้จากงานวิจัยจะมาเปรียบเทียบกับข้อมูล ที่ได้จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้าในเขตของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอบางปะอิน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและวิเคราะห์ถึงความแตกต่าง พร้อมทั้งทดลองใช้ตารางข้อมูลเพื่อที่จะศึกษาผลการจำลองว่ามีค่าใกล้เคียงและถูกต้องมากน้อยเพียงใด อีกทั้งยังเป็นการเปรียบเทียบกับเวลาในการเดินทางเพื่อเข้าพื้นที่ปฏิบัติงานในจุดที่เกิดกระแสผิดพลาด เพื่อทำการแก้ไข ต่อไป

4.1 การหาข้อมูลสำหรับจำลองค่ากระแสผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า

การจำลองค่ากระแสผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าต้องใช้ข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้

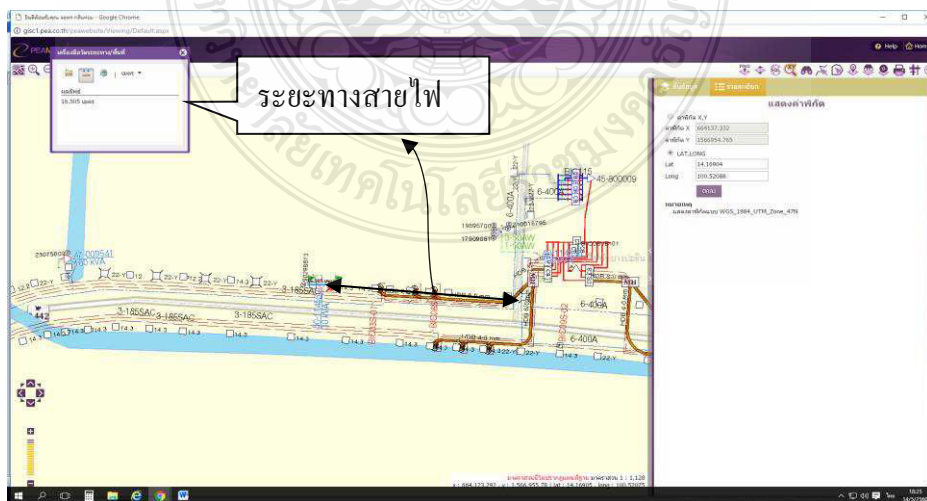
- ข้อมูลระยะทางของสายไฟ
- ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า ข้อมูลสถานที่หลัก หาค่าพิกัด

ตำแหน่งเสาไฟฟ้าจากโปรแกรม GIS แสดงวิธีการหาพิกัดเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 หน้าสถานีแล้ว พบว่า มีค่าพิกัด last เท่ากับ 14.16908 และพิกัด long เท่ากับ 100.52046 ดังรูปที่ 4.1



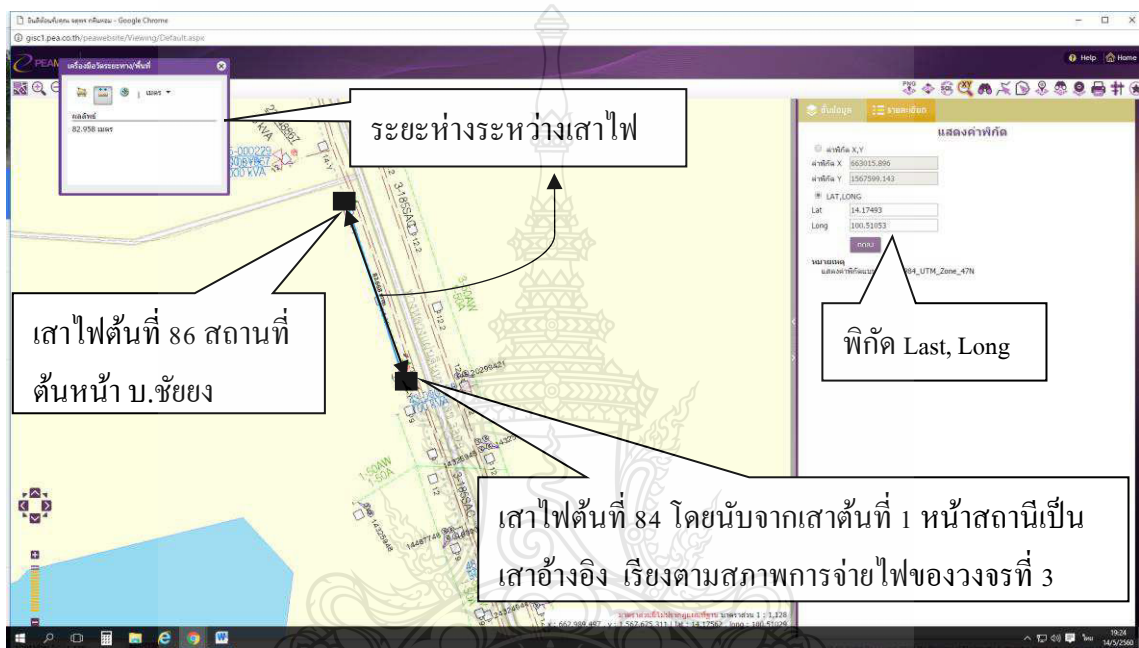
รูปที่ 4.1 ค่าพิกัดของเสาไฟจากโปรแกรม GIS

4.1.1 ข้อมูลระยะทางของสายไฟ หาค่าระยะทางของสายไฟโดยใช้โปรแกรม GIS วัดระยะทางของสายไฟจากสถานีไฟฟ้าจนถึงตำแหน่งของเสาไฟจากต้นที่ 1 หน้าสถานีไฟฟ้าจนถึงเสาไฟต้นสุดท้ายของวงจรที่ 3 มีจำนวนเสาไฟ 331 ต้น มีระยะของสายไฟ 57 ค่า จากรูปที่ 4.2 แสดงวิธีการหาระยะทางของสายไฟจากสถานีถึงเสาไฟต้นที่ 1 หน้าสถานีไฟฟ้า จากโปรแกรม GIS วัดได้ระยะทาง 0.131 km



รูปที่ 4.2 ระยะทางของสายไฟจากสถานีถึงเสาไฟต้นที่ 1 หน้าสถานี

4.1.2 ข้อมูลสถานที่หลักตามตำแหน่งของเสาไฟ ทำแผนที่ผังข้อมูลสถานที่หลักตามตำแหน่งของเสาไฟ จากรูปที่ 4.3 สถานที่หลัก ของข้อมูลเสาไฟต้นที่ 86 คือเสาไฟต้นหน้าบริษัทชัยยง การเกษตร โดยการนับเสาไฟจะนับจากเสาต้นที่ 1 (เสาที่ถัดจากเสา Riser pole) เป็นเสาไฟต้นอ้างอิง และเสาไฟต้นถัดไปตามสภาพการจ่ายไฟของวงจรที่ 3 เป็นเสาไฟต้นที่ 2 และเสาไฟต้นที่ 3 ตามลำดับจนถึงเสาไฟต้นที่ 331 เป็นเสาต้นสุดท้าย



รูปที่ 4.3 การหาข้อมูลสถานที่หลักตามตำแหน่งของเสาไฟ

4.2 ผลการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดด้วยโปรแกรม DIGSILENT

จำลองหาค่ากระแสผิดพลาด ตามแบบจำลองของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 โดยใช้ระยะทางของสายไฟจากสถานีเริ่มจากเสาไฟต้นที่ 1 (ต้นถัดจากเสา Riser pole) หน้าสถานี ตามรูปที่ 4.1 มีค่าระยะทางห่างจากสถานี 0.131 km หลังจากนั้นทำการจำลองโปรแกรมโดย Import อุปกรณ์ ชนิดสาย และจุดต่อไลน์แยก สวิตช์ไบมิด ทั้งหมดของระบบจำหน่าย วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 มาเป็นข้อมูลให้กับพารามิเตอร์ของสายไฟและแหล่งจ่าย ในโปรแกรม DIGSILENT จำลองเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดทั้งสามแบบ ผลการจำลองแบบ (Three Phase Fault) แบบ (Double Line to Ground Fault) แบบ หนึ่งเฟสลงดิน (Single line to ground fault) ตามตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 ตามลำดับ กรณีคิดค่าความต้านทานดินตามตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
1	14.16908	100.52046	1	2	16.5614	0.131	7.187	เสาต้นแรก (เสาต้น Riser Pole)
2	14.16905	100.52078	2	3	31.3134	0.148	7.150	เสาต้นที่ 2 ถัดจากเสาต้น Riser Pole
3	14.16908	100.52046	3	11	140	0.179	6.979	เสาต้นหน้าทางเข้า บ.ลิมไทย
11	14.16906	100.51922	11	38	513.32	0.319	6.443	ต้นหม้อแปลง โหลดแยกเข้า บ.ลิมไทย
38	14.1664	100.51524	38	45	78.7	0.833	6.367	เสาต้นหน้าร้านครัวป่าลั่น
45	14.16605	100.51465	45	48	59.2	0.911	6.311	ต้นทางแยกบริเวณร้านซ่อมมอเตอร์ไซค์
48	14.16639	100.51429	48	49	32.77	0.970	6.280	ต้นหลังป้ายบอกทางคลังน้ำมัน F P T
49	14.16629	100.5141	49	50	13.94	1.003	6.262	ต้นตรงกันข้ามกับเสาต้นที่ 49
50	14.1665	100.513	50	66	383	1.017	5.925	ต้นหลังป้ายบอกทาง บางปะอิน 16
66	14.16935	100.5125	66	84	646	1.400	5.423	ต้นที่ 2 ถัดจากทางเข้า บ.เวสต์ เฟอท
84	14.17493	100.51053	84	87	114.3	2.046	5.343	ก่อนถึงต้นหน้าทางเข้า บ.ชัยยง
87	14.17593	100.5197	87	96	286	2.160	5.151	ต้น โหลดแยกเข้า บ.ชัยยง
96	14.17853	100.50927	96	117	553	2.446	4.802	ต้น โหลดแยกเข้า บ. YARA
117	14.18344	100.50838	117	120	132	2.999	4.728	ต้น โหลดแยกเข้า บ. แคปปิตัล

ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
1	14.16908	100.52046	1	2	16.5614	0.131	6.307	เสาต้นแรก (เสาต้น Riser Pole)
2	14.16905	100.52078	2	3	31.3134	0.148	6.274	เสาต้นที่ 2 ถัดจากเสาต้น Riser Pole
3	14.16908	100.52046	3	11	140	0.179	6.122	เสาต้นหน้าทางเข้า บ.ลิ้มไทย
11	14.16906	100.51922	11	38	513.32	0.319	5.646	ต้นหม้อแปลง โหลดแยกเข้า บ.ลิ้มไทย
38	14.1664	100.51524	38	45	78.7	0.833	5.578	เสาต้นหน้าร้านครัวป่าลั่น
45	14.16605	100.51465	45	48	59.2	0.911	5.529	ต้นทางแยกบริเวณร้านซ่อมมอเตอร์ไซค์
48	14.16639	100.51429	48	49	32.77	0.970	5.501	ต้นหลังป้ายบอกทางคลังน้ำมัน F P T
49	14.16629	100.5141	49	50	13.94	1.003	5.486	ต้นตรงกันข้ามกับเสาต้นที่ 49
50	14.1665	100.513	50	66	383	1.017	5.187	ต้นหลังป้ายบอกทาง บางปะอิน 16
66	14.16935	100.5125	66	84	646	1.400	4.743	ต้นที่ 2 ถัดจากทางเข้า บ.เวสต์ เฟอท
84	14.17493	100.51053	84	87	114.3	2.046	4.672	ก่อนถึงต้นหน้าทางเข้า บ.ชัยยง
87	14.17593	100.5197	87	96	286	2.160	4.502	ต้น โหลดแยกเข้า บ.ชัยยง
96	14.17853	100.50927	96	117	553	2.446	4.491	ต้น โหลดแยกเข้า บ. YARA
117	14.18344	100.50838	117	120	132	2.999	4.195	ต้น โหลดแยกเข้า บ. แคปปิตัล

ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
1	14.16908	100.52046	1	2	16.5614	0.131	7.846	เสาต้นแรก (เสาต้น Riser Pole)
2	14.16905	100.52078	2	3	31.3134	0.148	7.732	เสาต้นที่ 2 ถัดจากเสาต้น Riser Pole
3	14.16908	100.52046	3	11	140	0.179	7.228	เสาต้นหน้าทางเข้า บ.ลิมไทย
11	14.16906	100.51922	11	38	513.32	0.319	5.899	ต้นหม้อแปลง โหลดแยกเข้า บ.ลิมไทย
38	14.1664	100.51524	38	45	78.7	0.833	5.736	เสาต้นหน้าร้านครัวป่าลั่น
45	14.16605	100.51465	45	48	59.2	0.911	5.619	ต้นทางแยกบริเวณร้านซ่อมมอเตอร์ไซค์
48	14.16639	100.51429	48	49	32.77	0.970	5.557	ต้นหลังป้ายบอกทางคลังน้ำมัน F P T
49	14.16629	100.5141	49	50	13.94	1.003	5.530	ต้นตรงกันข้ามกับเสาต้นที่ 49
50	14.1665	100.513	50	66	383	1.017	4.894	ต้นหลังป้ายบอกทาง บางปะอิน 16
66	14.16935	100.5125	66	84	646	1.400	4.093	ต้นที่ 2 ถัดจากทางเข้า บ.เวสต์ เฟอท
84	14.17493	100.51053	84	87	114.3	2.046	3.978	ก่อนถึงต้นหน้าทางเข้า บ.ชัยยง
87	14.17593	100.5197	87	96	286	2.160	3.715	ต้น โหลดแยกเข้า บ.ชัยยง
96	14.17853	100.50927	96	117	553	2.446	3.676	ต้น โหลดแยกเข้า บ. YARA
117	14.18344	100.50838	117	120	132	2.999	3.267	ต้น โหลดแยกเข้า บ. แคปปิตอล

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลกระแสผิดพลาดพร้อมแบบ Three Phase Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	3 Ø Fault Rf = 0 Ω	3 Ø Fault Rf = 2.5 Ω	3 Ø Fault Rf = 5 Ω	3 Ø Fault Rf = 10 Ω
1	1	0.131	7.187	4.211	2.520	1.346
2	2	0.148	7.150	4.197	2.516	1.345
3	3	0.179	6.979	4.133	2.495	1.340
4	11	0.319	6.443	3.926	2.427	1.323
5	38	0.833	6.367	3.896	2.417	1.320
6	45	0.911	6.311	3.874	2.410	1.318
7	48	0.970	6.280	3.758	2.406	1.317
8	49	1.003	6.262	3.755	2.404	1.317
9	50	1.017	5.925	3.718	2.356	1.304
10	66	1.400	5.423	3.506	2.278	1.283
11	84	2.046	5.343	3.471	2.265	1.279
12	87	2.160	5.151	3.386	2.232	1.270
13	96	2.446	4.802	3.381	2.230	1.269
14	117	2.999	4.728	3.228	2.169	1.252
15	120	3.131	4.695	3.194	2.155	1.248
16	122	3.191	4.473	3.178	2.148	1.246
17	130	3.514	4.332	3.081	2.109	1.235
18	140	3.806	4.296	3.012	2.080	1.226
19	144	3.883	4.126	2.994	2.072	1.224
20	156	4.266	4.102	2.909	2.034	1.212
21	161	4.324	4.079	2.897	2.029	1.210
22	164	4.378	3.930	2.885	2.024	1.209
23	179	4.749	3.920	2.808	1.989	1.198

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลกระแสผิดพลาดประเภท D-B-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
1	1	0.131	6.307	5.056	3.665	2.187
2	2	0.148	6.274	5.032	3.653	2.183
3	3	0.179	6.122	4.920	3.597	2.165
4	11	0.319	5.646	4.571	3.417	2.107
5	38	0.833	5.578	4.522	3.390	2.098
6	45	0.911	5.529	4.486	3.371	2.091
7	48	0.970	5.501	4.466	3.360	2.088
8	49	1.003	5.486	4.456	3.355	2.086
9	50	1.017	5.187	4.237	3.235	2.044
10	66	1.400	4.743	3.914	3.050	1.977
11	84	2.046	4.672	3.861	3.020	1.965
12	87	2.160	4.502	3.737	2.946	1.937
13	96	2.446	4.491	3.728	2.941	1.935
14	117	2.999	4.195	3.510	2.807	1.882
15	120	3.131	4.129	3.461	2.777	1.870
16	122	3.191	4.101	3.440	2.764	1.864
17	130	3.514	3.905	3.301	2.679	1.830
18	140	3.806	3.781	3.207	2.619	1.805
19	144	3.883	3.749	3.184	2.603	1.798
20	156	4.266	3.600	3.070	2.529	1.765
21	161	4.324	3.579	3.054	2.518	1.761
22	164	4.378	3.558	3.039	2.508	1.756
23	179	4.749	3.427	2.939	2.441	1.726
24	180	4.769	3.419	2.933	2.438	1.724

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลกระแสผิดพลาดพร้อมแบบ S-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

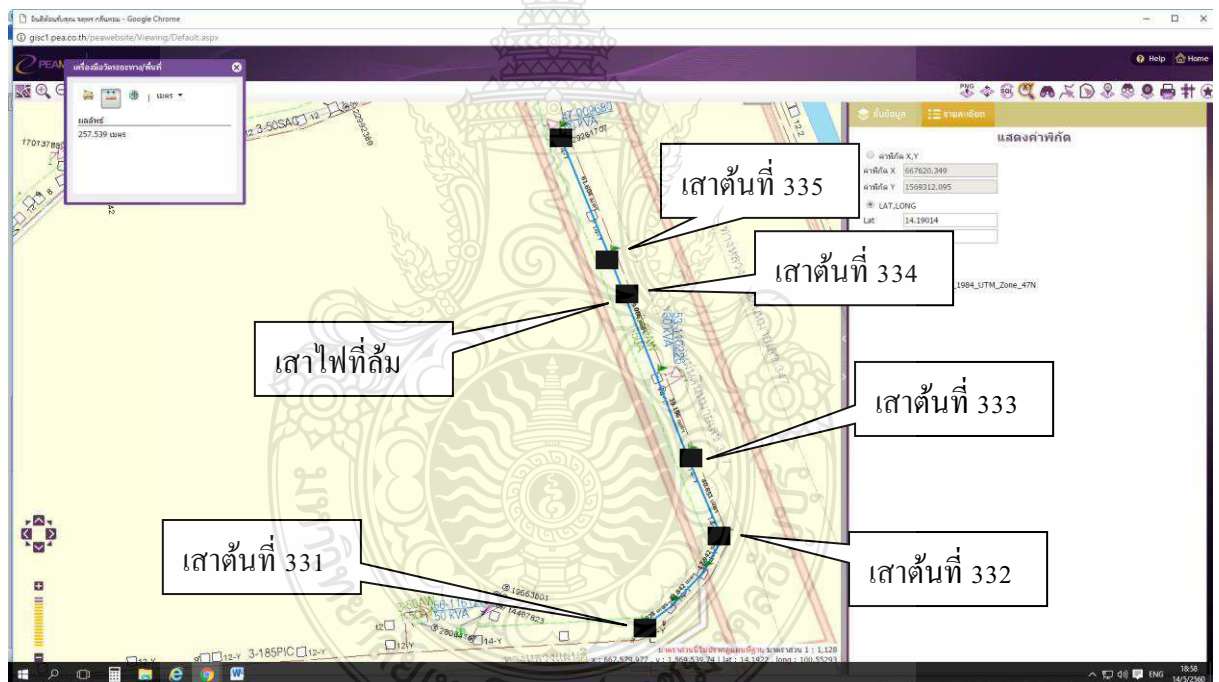
ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
1	1	0.131	7.846	4.410	2.576	1.360
2	2	0.148	7.732	4.365	2.572	1.359
3	3	0.179	7.228	4.228	2.564	1.358
4	11	0.319	5.899	3.805	2.528	1.350
5	38	0.833	5.736	3.745	2.404	1.322
6	45	0.911	5.619	3.702	2.385	1.318
7	48	0.970	5.557	3.678	2.371	1.315
8	49	1.003	5.530	3.668	2.363	1.313
9	50	1.017	4.894	3.409	2.360	1.312
10	66	1.400	4.093	3.037	2.272	1.291
11	84	2.046	3.978	2.978	2.129	1.255
12	87	2.160	3.715	2.840	2.105	1.249
13	96	2.446	3.676	2.813	2.046	1.233
14	117	2.999	3.267	2.583	2.030	1.224
15	120	3.131	3.183	2.533	1.924	1.193
16	122	3.191	3.146	2.511	1.900	1.186
17	130	3.514	2.961	2.399	1.889	1.182
18	140	3.806	2.811	2.304	1.833	1.165
19	144	3.883	2.774	2.280	1.784	1.149
20	156	4.266	2.603	2.169	1.772	1.145
21	161	4.324	2.579	2.153	1.711	1.124
22	164	4.378	2.557	2.138	1.702	1.121
23	179	4.749	2.416	2.042	1.694	1.118
24	180	4.769	2.409	2.038	1.639	1.098

4.3 เปรียบเทียบผลการจำลองจากเหตุการณ์จริงที่เกิดความผิดปกติในสถานีไฟฟ้า

บางปะอิน 3

เหตุการณ์ที่ 1 ในวันที่ 22 มิถุนายน 2558 เบรกเกอร์ระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ปลดวงจร รีเลย์กระแสเกินแสดงสถานะผิดปกติ 3 เฟส A,B,C โฉว์ด้าน T (มีระยะทางห่างจากสถานีเกิน 5 km) แสดงค่ากระแสผิดปกติ IA magnitude 2.353 kA พบว่า เกิดเหตุเสาค้างเนื่องจากพายุลมแรงจำนวน 3 ต้น บริเวณห่างจากร้านอาหารครัวสุนทรประมาณ 200 m มีระยะห่างจากสถานีไฟฟ้า 9 km

ตามเหตุการณ์ที่ 1 จากรีเลย์กระแสเกินของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นำมาเปรียบเทียบข้อมูลค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลอง พบว่า ค่ากระแสผิดปกติ 2.374 kA จากการจำลองมีค่าระยะทาง ที่ 9.082 km อยู่ตำแหน่ง เสาไฟต้นที่ 335 นับตามสภาพการจ่ายไฟวงจรที่ 3 ตามรูปที่ 4.4

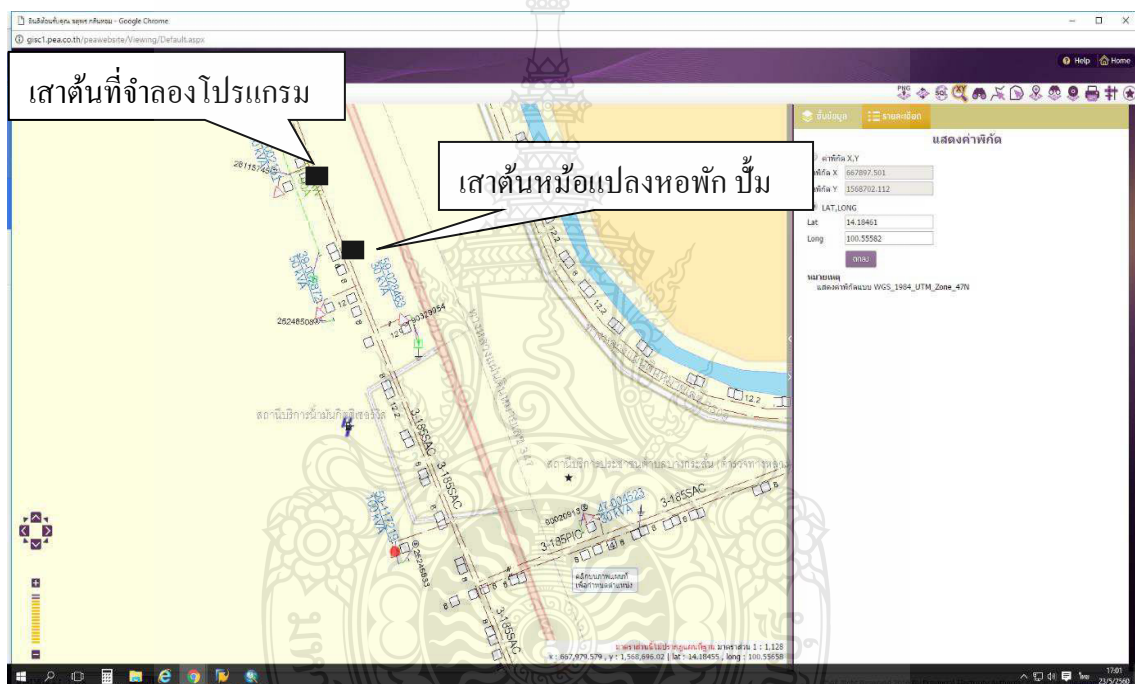


รูปที่ 4.4 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 1

ใช้โปรแกรม GIS ตรวจสอบตำแหน่งที่ผิดปกติจากงานวิจัยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่ 1 พบว่า ระยะทางจากตำแหน่งเสาไฟต้นที่ 334 ถึง เสาไฟต้นที่ 335 วัดระยะทางได้ 82 m ระยะทางคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 82 m

เหตุการณ์ที่ 2 ในวันที่ 26 ก.พ. 2560 เบรกเกอร์ระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 10 ปลดวงจร รีเลย์กระแสเกินแสดงสถานะผิดปกติ 3 เฟส A, B, C โข้วด้าน T แสดงค่ากระแสผิดปกติ 2.615 kA พบว่าเกิดเหตุเนื่องจาก คิวฟเอาท์ที่ฟิวส์หม้อแปลงเฉพาะราย หอพักบิมน้ำมัน PT ถนน 347 เซิงสะพานโรงงานกระดาษ ชำรุด 3 เฟส มีระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 7.00 km

ตามเหตุการณ์ที่ 2 จากรีเลย์กระแสเกินของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลอง พบว่า ค่ากระแสผิดปกติ 2.611 kA ค่าความต้านทานดิน (Rf) 2.75 โอห์ม จากการจำลองมีค่าระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 7.15 km ตามรูปที่ 4.5



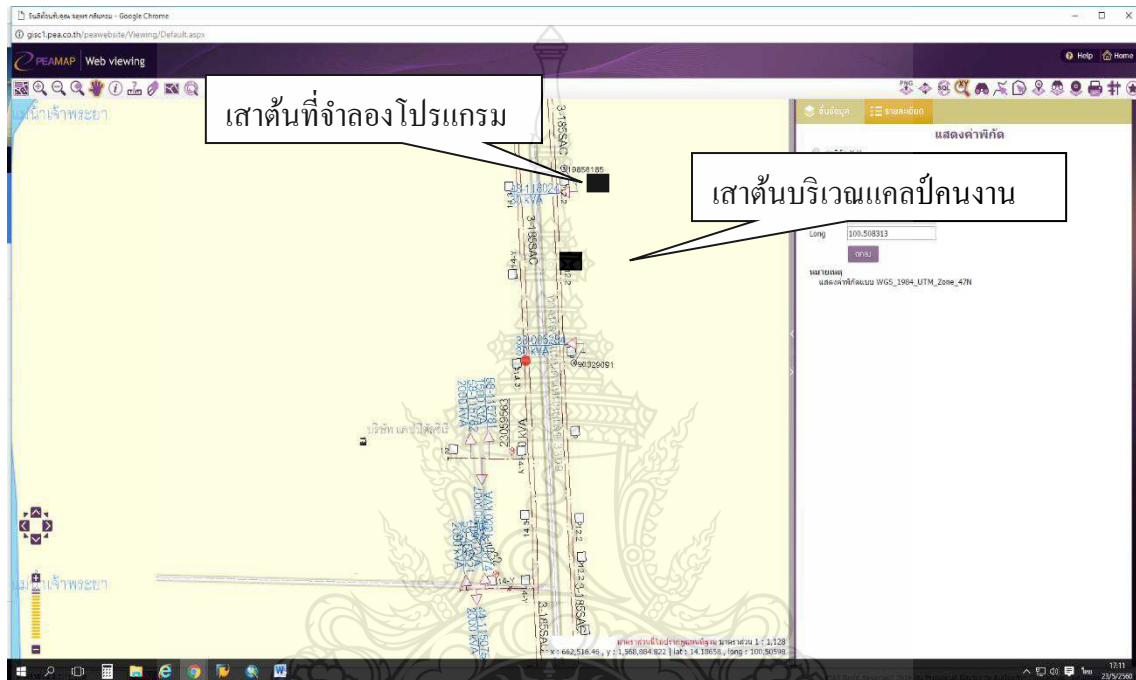
รูปที่ 4.5 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 2

ใช้โปรแกรม GIS ตรวจสอบตำแหน่งที่ผิดปกติจากงานวิจัยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่ 2 พบว่า ระยะทางจากตำแหน่งเสาไฟต้นหม้อแปลงหอพักบิมน้ำมัน ถึง เสาไฟต้นที่จำลองโปรแกรม วัดระยะทางได้ 150 m ระยะทางคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 150 m

เหตุการณ์ที่ 3 ในวันที่ 24 เม.ย. 2560 เบรกเกอร์ระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 1 ปลดวงจร รีเลย์กระแสเกินแสดงสถานะผิดปกติ เฟส C โข้วด้าน T

แสดงค่ากระแสผิดพลาด 1.099 kA พบว่าเกิดเหตุเนื่องจาก ตรีฟเฟอที่ฟิวส์ชำรุดเฟส C บริเวณแคมป์
คนงานเลขบริษัทแคปปิตัลซีเรียล มีระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 6 km

ตามเหตุการณ์ที่ 3 จากรีเลย์กระแสเกินของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นำมาเปรียบเทียบ
ข้อมูลค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลอง พบว่า ค่ากระแสผิดพลาด 1.183 kA ค่าความต้านทานดิน
(Rf) 6 โอห์ม จากการจำลองมีค่าระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 6.100 km ตามรูปที่ 4.6

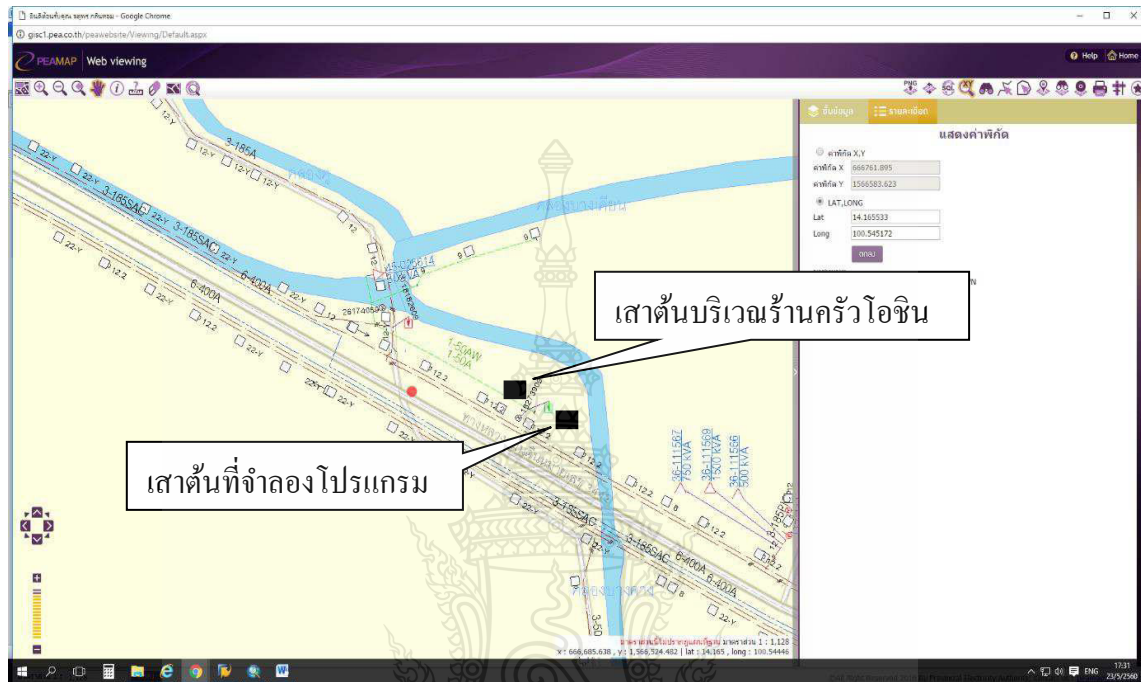


รูปที่ 4.6 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 3

ใช้โปรแกรม GIS ตรวจสอบตำแหน่งที่ผิดพลาดจากงานวิจัยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่ 3
พบว่า ระยะทางจากตำแหน่งเสาไฟต้นแคมป์คนงาน ถึง เสาไฟต้นที่จำลองโปรแกรม วัดระยะทาง
ได้ 100 m ระยะทางคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 100 m

เหตุการณ์ที่ 4 ในวันที่ 4 พ.ค. 2560 เบรกเกอร์ระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน
3 วงจรที่ 5 ปลดวงจร รีเลย์กระแสเกินแสดงสถานะผิดปกติ เฟส C โขว์ด้าน I
แสดงค่ากระแสผิดพลาด 4.5 kA พบว่าเกิดเหตุเนื่องจากกิ่งไม้พาดสายแรงสูงขาดบริเวณร้านอาหาร
ครัวโอชิน มีระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้าประมาณ 2.7 km

ตามเหตุการณ์ที่ 4 จากข้อมูลรีเลย์กระแสเกินสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นำมาเปรียบเทียบข้อมูลค่ากระแสผิดพลาดที่ได้อาจจากการจำลองพบว่า ค่ากระแสผิดพลาด 4.533 kA ค่าความต้านทานดิน 1.33 โอห์ม จากการจำลองมีค่าระยะทาง 2.780 km ตามรูปที่ 4.7

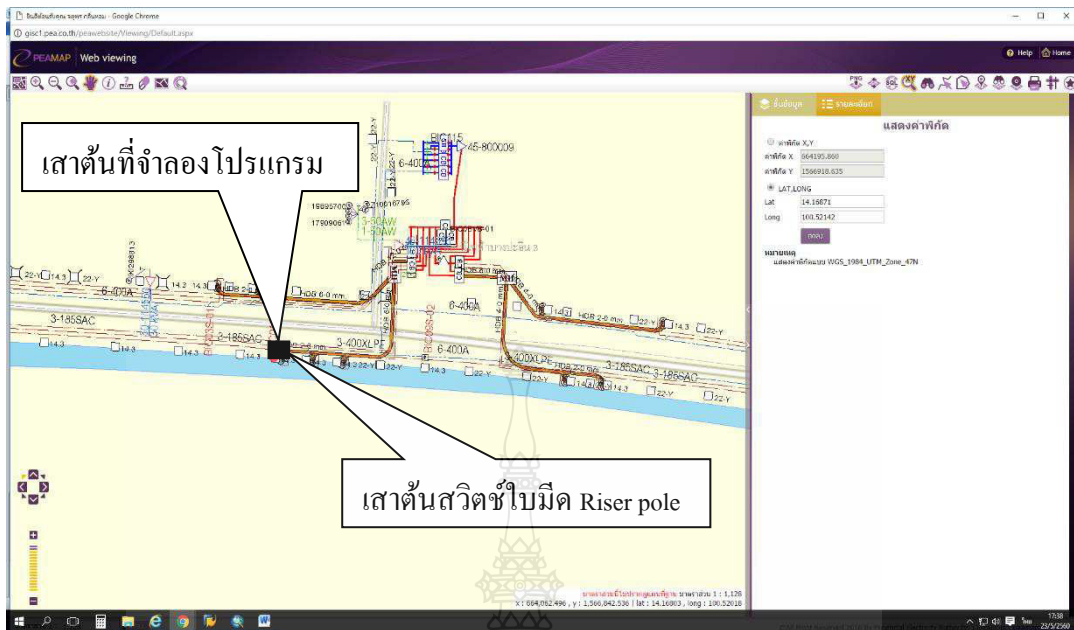


รูปที่ 4.7 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 4

ใช้โปรแกรม GIS ตรวจสอบตำแหน่งที่ผิดพลาดจากงานวิจัยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่ 4 พบว่า ระยะทางจากตำแหน่งเสาไฟต้นบริเวณร้านครัวโอชิน ถึง เสาไฟต้นที่จำลองโปรแกรม วัดระยะทางได้ 80 m ระยะทางคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 80 m

เหตุการณ์ที่ 5 ในวันที่ 22 พ.ค. 2560 เบรกเกอร์ระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 8 ปลดวงจร รีเลย์กระแสเกินแสดงสถานะผิดปกติ เฟส C โข้วด้าน I แสดงค่ากระแสผิดพลาด 6.164 kA พบว่าเกิดเหตุเนื่องจาก ข้อตลกอีกา ที่สวิตช์ใบมีดต้น Riser pole มีระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 125 เมตร

ตามเหตุการณ์ที่ 5 จากรีเลย์กระแสเกินสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นำมาเปรียบเทียบข้อมูลค่ากระแสผิดพลาดที่ได้อาจจากการจำลองพบว่า ค่ากระแสผิดพลาด 6.131 kA ค่าความต้านทานดิน 1.36 โอห์ม จากการจำลองมีค่าระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้า 125 เมตร ตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ระยะทางคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยเทียบกับเหตุการณ์ที่ 5

ใช้โปรแกรม GIS ตรวจสอบตำแหน่งที่ผิดพลาดจากงานวิจัยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่ 5 พบว่า ระยะทางจากตำแหน่งเสาไฟต้น Riser pole วงจรที่ 8 ถึง เสาไฟต้นที่จำลองโปรแกรม ไม่มีความคลาดเคลื่อน

จากผลการทดลองพบว่าตำแหน่งผิดพลาดที่คลาดเคลื่อนทั้ง 5 เหตุการณ์ เฉลี่ยอยู่ประมาณ 2 ต้นเสาไฟ คิดเป็นระยะทางคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 86.4 m จากนั้นนำผลงานวิจัยทั้ง 5 เหตุการณ์มาหาเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม เทียบกับ ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากข้อมูลรีเลย์กระแสเกินเหตุการณ์จริงจากสถานีไฟฟ้า ดังสมการ

$$\% \text{ คลาดเคลื่อนกระแสผิดพลาด} = \frac{\text{กระแสผิดพลาดจากการจำลอง} - \text{กระแสผิดพลาดจาก กฟภ.}}{\text{กระแสผิดพลาดจาก กฟภ.}} \times 100\%$$

และสามารถสรุปค่ากระแสผิดพลาดจากทั้ง 5 เหตุการณ์ได้ดังตารางที่ 4.7

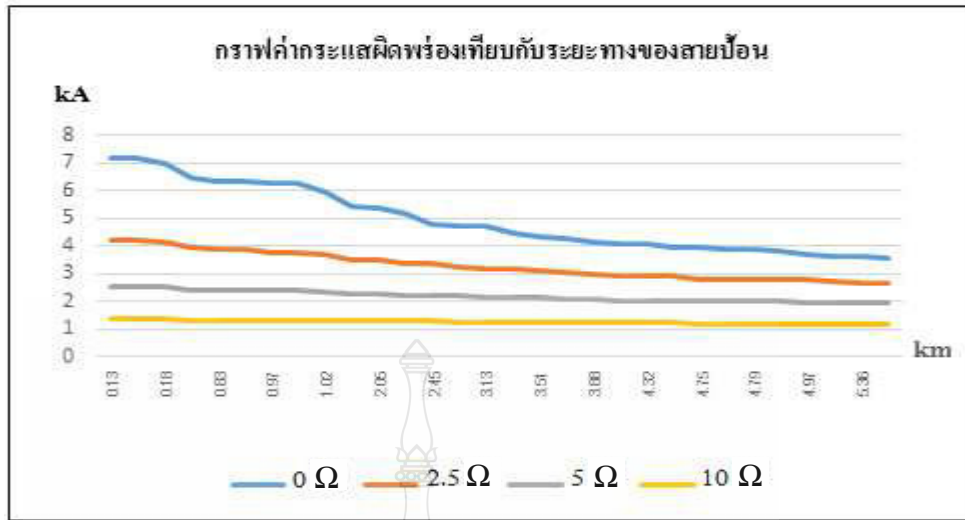
ตารางที่ 4.7 เปรียบค่ากระแสผิดพลาดและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของกระแสที่ได้จากการจำลองและกระแสที่ได้จากข้อมูล กฟภ.

ลำดับเหตุการณ์	ค่ากระแสผิดพลาดจากการจำลอง (kA)	ค่ากระแสผิดพลาดจากข้อมูล กฟภ. (kA)	% ความคลาดเคลื่อน
เหตุการณ์ที่ 1	2.374	2.353	0.89
เหตุการณ์ที่ 2	2.611	2.615	0.15
เหตุการณ์ที่ 3	1.183	1.099	7.64
เหตุการณ์ที่ 4	4.533	4.500	0.73
เหตุการณ์ที่ 5	6.141	6.164	0.37
			เฉลี่ย = 1.956

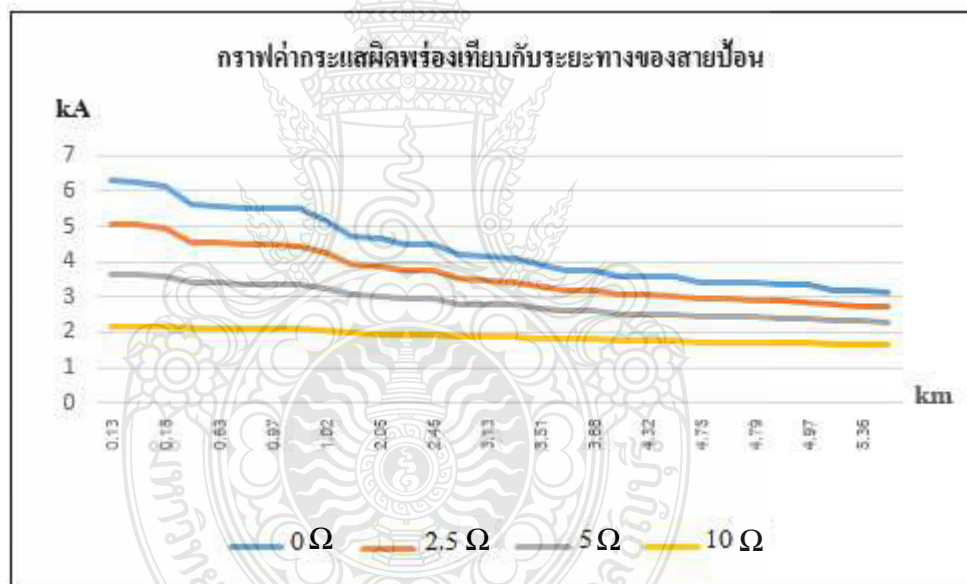
จากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนทั้ง 5 เหตุการณ์ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของระยะเสาไฟเฉลี่ย 86.4 เมตร และความคลาดเคลื่อนของค่ากระแสผิดพลาดเฉลี่ย 1.956 % พบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนที่น้อยมากและเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ เพราะพนักงานแก้ไขของ กฟภ. สามารถมองเห็นตำแหน่งที่ผิดพลาดแม้ว่าจะมีตำแหน่งที่ผิดพลาดจะมีค่าคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยก็ตาม ซึ่งยังรวดเร็วกว่าวิธีการหาตำแหน่งที่ผิดพลาดจากรีเลย์กระแสเกิน ที่จะต้องตรวจสอบตั้งแต่สถานีไฟฟ้าจนถึงบริเวณขอบเขตที่รีเลย์กระแสเกินแจ้งมา ทำให้ลดเวลาในการค้นหาได้เร็วขึ้น

4.4 ผลการจำลองสถานะมีความต้านทานดิน

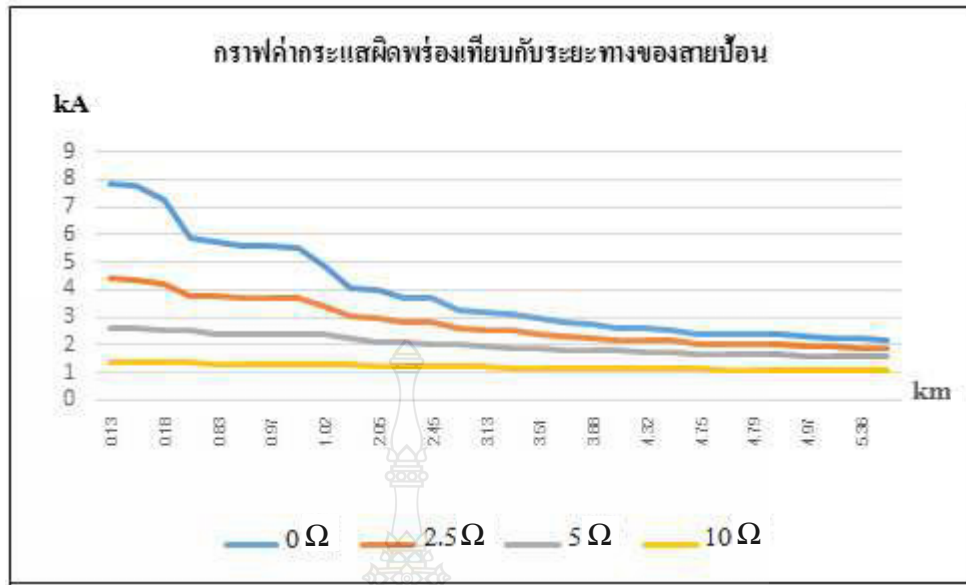
กรณีคิดค่าความต้านทานดิน เมื่อได้ค่ากระแสผิดพลาดจากการจำลองโปรแกรมแล้ว นำมาสร้างเป็นตารางผิดพลาดเทียบกับระยะทางต่างๆตามไลน์แยกของสายป้อนในระบบจำหน่าย ดังตารางที่ 4.4, 4.5 , 4.6 ตามลำดับ ผลการจำลองสถานะมีความต้านทานดินมีค่าเท่ากับ 0 โอห์ม 2.5 โอห์ม 5 โอห์ม และ 10 โอห์ม ที่ค่ากระแสผิดพลาดแบบ 3 Phase Fault , Double Line to Ground Fault และ Sing line to Ground Fault นำมาสร้างกราฟค่ากระแสผิดพลาดเทียบกับระยะทางของสายป้อนในวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ได้ดังรูปที่ 4.9 , 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ ซึ่งจะขอยกตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบ 30 ค่าของระยะทางต่างๆ



รูปที่ 4.9 กระแสผิดพลาดแบบ 3 Ø Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน



รูปที่ 4.10 กระแสผิดพลาดแบบ Double Line to ground Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน



รูปที่ 4.11 กระแสผิดพลาดแบบ Single line to ground Fault เทียบกับระยะทางของสายป้อน

จากกราฟจะพบว่าค่าความต้านทานดินมีผลต่อค่ากระแสผิดพลาด เมื่อค่าความต้านทานดินเพิ่มขึ้นค่ากระแสผิดพลาดจะลดลง และค่าระยะของสายป้อนเพิ่มขึ้นค่ากระแสผิดพลาดที่มีค่าความต้านทานดินที่ 0 Ω 2.5 Ω 5 Ω และ 10 Ω จะมีค่าใกล้เคียงกัน ลักษณะกราฟจะเป็นแบบ Exponential ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่าง กระแสผิดพลาดจะสรุปได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยผลต่างกระแสผิดพลาด กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ค่าความต้านทานดิน	ค่าเฉลี่ยผลต่างกระแสผิดพลาด (kA)		
	3 Ø Fault	D-L-G Fault	S-L-G Fault
ระหว่าง 0 กับ 2.5 Ω	1.189 kA	0.530 kA	0.668 kA
ระหว่าง 0 กับ 5 Ω	2.040 kA	1.086 kA	1.185 kA
ระหว่าง 0 กับ 10 Ω	2.831 kA	1.850 kA	1.180 kA

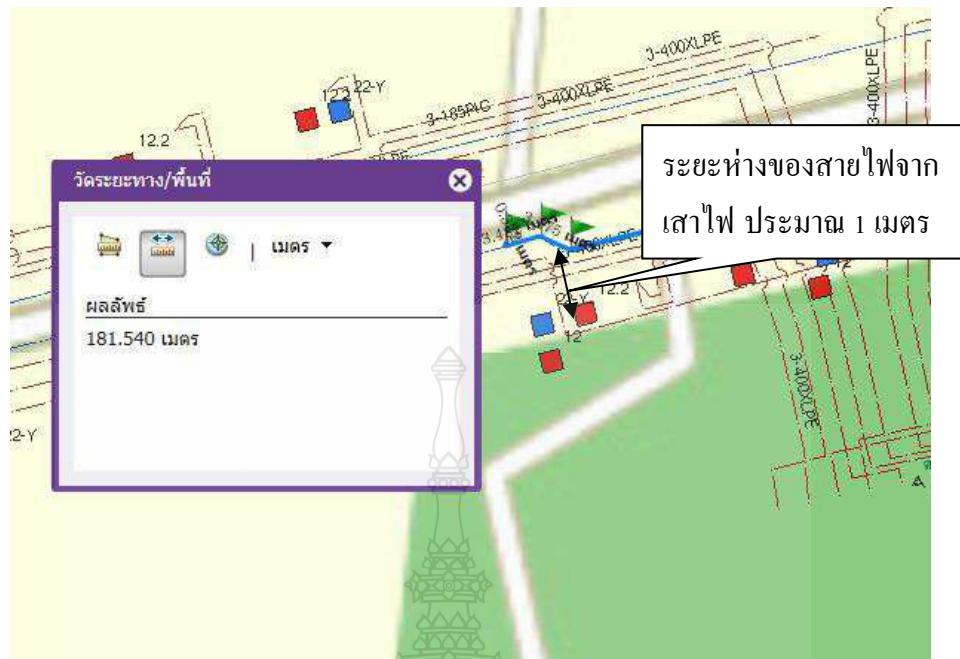
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการวิจัย ค่าตำแหน่งผิดพลาดที่ได้จากงานวิจัย เมื่อเทียบค่าตำแหน่งผิดพลาดจากเหตุการณ์เบรกเกอร์ปลดวงจรทั้ง 5 เหตุการณ์มีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ 2 ต้นเสาไฟคิดเป็นระยะทาง

คลาดเคลื่อนเฉลี่ย 86.4 m และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของกระแสผิดพลาดเฉลี่ย 1.956 % โดยค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้จากปัจจัยดังต่อไปนี้

4.5.1 ระยะเวลาส่งของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 หน้างานจริงกับโปรแกรม GIS ไม่ตรงกัน เนื่องจากในงานวิจัยนี้นำค่ากระแสผิดพลาด ซึ่งได้จากการจำลองมาระบุตำแหน่งผิดพลาด โดยใช้ข้อมูลกระแสผิดพลาดจากรีเลย์กระแสเกินที่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ได้แจ้งมาหาตำแหน่งผิดพลาดจากข้อมูลตารางในรูปแบบ Excel

งานวิจัยนี้ได้นำเอาข้อมูลระยะทางของสายไฟฟ้าจากโปรแกรม GIS ของ กฟภ. มาเป็นค่าพารามิเตอร์ให้กับโปรแกรม DIGSILENT เพื่อจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด ซึ่งข้อมูลระยะติดตั้งของสายไฟในโปรแกรม GIS บางช่วงไม่ได้ตรงกับข้อมูลระยะการติดตั้งบนเสาไฟฟ้าจากหน้างานจริงตลอดทั้งเส้น ทำให้ข้อมูลระยะทางของสายไฟในระบบ GIS จากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ถึงเสาต้นสุดท้ายของวงจร มีความยาวมากกว่าระยะทางของสายไฟจากหน้างานจริง เมื่อดำเนินการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดโดยใช้ระยะทางของสายไฟบนเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ไปถึงต้นสุดท้ายของวงจร มีค่ากระแสผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากค่ากระแสผิดพลาดจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เมื่อนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากจำลองตามตำแหน่งของเสาไฟมาทำแผนที่ผัง เพื่อระบุตำแหน่งผิดพลาดบนตำแหน่งของเสาไฟแล้ว ทำให้ตำแหน่งผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากเหตุการณ์จริง แต่ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2 ต้นเสาไฟ ซึ่งคิดเป็นระยะทางที่คลาดเคลื่อน 86.4 เมตร ของงานวิจัยนี้ ซึ่งตามเหตุการณ์จริงแล้วพนักงานการไฟฟ้าก็สามารถค้นหาได้ไม่ยาก เนื่องจากตำแหน่งผิดพลาดที่ได้จากงานวิจัยอยู่ตำแหน่งใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ผิดพลาดจากหน้างานจริง ซึ่งใช้เวลาค้นหาตำแหน่งผิดพลาดน้อยกว่าการใช้วิธีวัดระยะทางจากข้อมูลระยะทางที่ผิดพลาดจากรีเลย์ อีกทั้งยังมีข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ซึ่งสามารถค้นหาค่าตำแหน่งได้จากโปรแกรม GIS ของ กฟภ. หรือ โปรแกรม Google map จาก Smart phone สำหรับพนักงานที่ยังไม่ชำนาญทางค้นหาตำแหน่งที่ผิดพลาดโดยใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์นี้ได้



รูปที่ 4.12 ระยะห่างของสายไฟกับเสาไฟจากโปรแกรม GIS ของ กฟภ.

4.5.2 ระยะหย่อนของสายไฟ งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม GIS วัดระยะทางของสายไฟ ตำแหน่งเสาไฟด้านหน้าสถานีไฟฟ้าถึงเสาต้นสุดท้ายของวงจร แล้วนำเอาระยะทางของสายไฟที่ได้มา จำลองค่ากระแสผิดพลาดด้วยโปรแกรม DIGSILENT โดยไม่ได้คิดระยะหย่อนของสายไฟบน ตำแหน่งเสาต้นต่างๆ ซึ่งหน้างานจริงบนเสาไฟนั้นมีระยะหย่อนของสายไฟ ซึ่งทำให้ตำแหน่งที่ผิดพลาดมีค่าคลาดเคลื่อน

4.5.3 ผลของค่าความต้านทานดิน กรณีมีค่าความต้านทานดินเมื่อเกิดความผิดพลาดแบบหนึ่งเฟสลงดิน 2 เฟส และ 3 เฟส เมื่อค่าความต้านทานดินมีค่าสูงขึ้นจะทำให้ค่ากระแสผิดพลาดมีค่าลดลง ซึ่งค่าความต้านทานดินมาตรฐาน กฟภ. ในระบบจำหน่าย 22 kV ค่าความต้านทานดินของเสาไฟต้องไม่เกิน 5 Ω และค่าความต้านทานดินของระบบทั้งหมดต้องไม่เกิน 2 Ω ซึ่งปัจจุบัน หน่วยงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีแผนดำเนินการตรวจเช็คเป็นประจำทุกไตรมาสไม่ให้ค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด งานวิจัยนี้ไม่ได้นำเอาค่าความต้านทานดินที่วัดจากเสาไฟฟ้าจริงมาเป็นค่าพารามิเตอร์สำหรับการจำลอง แต่จะกำหนดค่าความต้านทานดินแต่ละค่าเพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ โดยในการจำลองจะกำหนดค่าความต้านทานดิน 4 ค่าได้แก่ 0 Ω , 2.5 Ω , 5 Ω และ 10 Ω ก็ได้ทำการ แต่ในกรณีที่เปรียบเทียบและวิเคราะห์ทั้ง 5 เหตุการณ์ จะนำค่าความต้านทานดินที่วัดจริงจากต้นเสาไฟฟ้า

สถานที่จริง เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ในระบบที่สมบูรณ์มากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการวัดค่าความต้านทานดินทั้ง 5 เหตุการณ์ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 การวัดค่าความต้านทานดินทั้ง 5 เหตุการณ์

ผลการวัดทั้ง 5 เหตุการณ์ จากเสาไฟฟ้าสถานที่จริงผลการวัดสรุปได้ดังนี้

- ต้นเสาไฟฟ้าเหตุการณ์ที่ 1 วัดค่าความต้านทานดินได้ 0.5Ω ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 2.374 kA ค่ากระแสที่เกิดขึ้นจริงจากข้อมูล กฟภ. เท่ากับ 2.353 kA มีความคลาดเคลื่อน 0.89%

- ต้นเสาไฟฟ้าเหตุการณ์ที่ 2 วัดค่าความต้านทานดินได้ 2.75Ω ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 2.611 kA ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากข้อมูล กฟภ. เท่ากับ 2.615 kA มีความคลาดเคลื่อน 0.15%

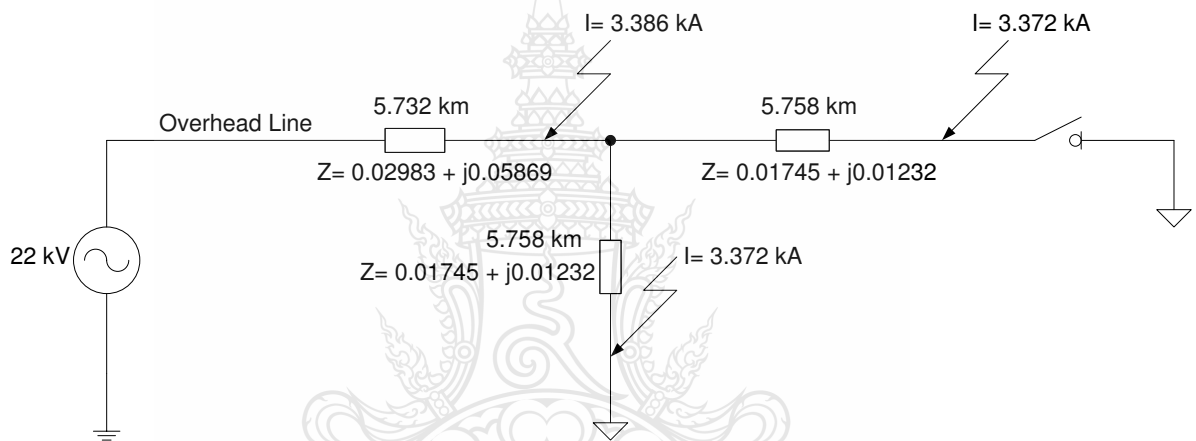
- ต้นเสาไฟฟ้าเหตุการณ์ที่ 3 วัดค่าความต้านทานดินได้ 6Ω ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 1.183 kA ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากข้อมูล กฟภ. เท่ากับ 1.099 kA มีความคลาดเคลื่อน 7.64%

- ต้นเสาไฟฟ้าเหตุการณ์ที่ 4 วัดค่าความต้านทานดินได้ 1.33Ω ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 4.533 kA ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากข้อมูล กฟภ. เท่ากับ 4.500 kA มีความคลาดเคลื่อน 0.73%

- ต้นเสาไฟฟ้าเหตุการณ์ที่ 5 วัดค่าความต้านทานดินได้ 1.36Ω ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากการจำลองเท่ากับ 6.141 kA ค่ากระแสผิดพ่วงที่ได้จากข้อมูล กฟภ. เท่ากับ 4.500 kA มี

ความคลาดเคลื่อน 0.37 % จากผลการวัดค่าความต้านทานดินทั้ง 5 เหตุการณ์สรุปได้ว่าเมื่อใส่ค่าพารามิเตอร์ค่าความต้านทานดินในแบบจำลอง จะทำให้ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากข้อมูล กฟภ. มากขึ้น ดังนั้นในการจำลองระบบจำหน่ายเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดจึงควรที่จะหาค่าความต้านทานดินของเสาไฟฟ้าในระบบให้ครบ เพื่อที่จะได้ค่ากระแสที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงมากขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.5.4 ผลการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดกรณีที่มีจุดต่อไลน์แยก ในงานวิจัยนี้จะขอยกตัวอย่างและสรุปผลการจำลอง เพื่อทำการสรุปผลและ เสนอแนะแนวทางที่จะพัฒนา ศึกษาเกี่ยวกับการหาตำแหน่งของกระแสผิดพลาดในไลน์แยก โดยจะอธิบายดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดในกรณีจุดต่อไลน์แยก

จากรูปสามารถอธิบายได้ว่าในกรณีที่มีจุดต่อไลน์แยกของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 นั้น เมื่อระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้าที่ 5.732 km ค่ากระแสผิดพลาดที่จำลองได้มีค่าเท่ากับ 3.386 kA และเมื่อถึงจุดต่อไลน์แยกระยะทางห่างจากสถานีไฟฟ้าที่ 5.758 km ค่าพารามิเตอร์ของสายเป็นแบบชนิดเดียวกันระยะทางเท่ากันค่ากระแสผิดพลาดที่จำลองได้มีค่าเท่ากับ 3.372 kA ค่ากระแสผิดพลาดมีค่าเท่ากัน จะสรุปได้ว่าเมื่อค่าพารามิเตอร์ของสายเท่ากันชนิดเดียวกันและระยะทางเท่ากัน เมื่อจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดแล้ว ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จะมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในกรณีนี้หากจะนำงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอดเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดกรณีไลน์แยก หากค่าพารามิเตอร์ชนิดเดียวกันเท่ากัน จะต้องทำการศึกษาและสังเกตอุปกรณ์ของระบบจำหน่ายวงจรดังกล่าวว่า อุปกรณ์ปลดวงจร (Drop out fuse) หม้อแปลงไลน์แยก อยู่ในลักษณะปลดวงจรอยู่หรือไม่

ถ้าปลดวงจรอยู่ให้พนักงานที่ทำการแก้ไขสันนิฐานได้ว่ากระแสผิดพลาดที่มีขนาดเท่ากันนั้น จุดที่เกิดกระแสผิดพลาดขึ้นน่าจะอยู่บริเวณไลน์แยกย่อยเข้าไปของวงจร หรือ สังกะสีที่มีเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้า ว่ายังหมุนอยู่หรือไม่ เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป

4.6 สรุปผล

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า ในการตรวจสอบหาตำแหน่งผิดพลาดมีขอบเขตที่แคบลงโดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2 ดันเสาไฟฟ้าหรือคิดเป็นระยะห่างประมาณ 86 เมตร และค่ากระแสผิดพลาดมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.96 % เมื่อเทียบกับข้อมูลที่บ้านที่เกิดผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้นในวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปงานวิจัย

จากการศึกษาหาตำแหน่งผิดพลาดโดยใช้ค่ากระแสที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT มาระบุตำแหน่งผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าในระบบ 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 พบว่า

5.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้จำลองค่ากระแสผิดพลาดด้วยโปรแกรม DIGSILENT มีดังต่อไปนี้

5.1.1.1 ค่าพารามิเตอร์แหล่งจ่ายระบบจำหน่าย 22 kV

5.1.1.2 ค่าพารามิเตอร์สายป้อนในระบบจำหน่าย 22 kV

5.1.1.3 ค่าพารามิเตอร์สวิตช์ตัดตอน จุดต่อไลน์แยก ในระบบ 22 kV วงจรที่ 3

5.1.1.4 ค่าพารามิเตอร์โหลดของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ใช้สำหรับจำลองค่ากระแสผิดพลาดของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการระบุตำแหน่งผิดพลาดบนเสาไฟฟ้า

5.1.2 ผลของค่าความต้านทานดิน เมื่อเกิดความผิดพลาดแบบหนึ่งเฟสลงดินและมีค่าความต้านทานดินซึ่งมีผลต่อค่ากระแสผิดพลาด ถ้าค่าความต้านทานดินมีค่ามากขึ้นค่ากระแสผิดพลาดจะลดลง กรณีจำลองค่ากระแสผิดพลาดแบบหนึ่งเฟสลงดินหรือแบบสองเฟสลงดิน ควรที่วัดค่าความต้านทานดินจากหน้างานจริง แล้วนำค่าความต้านทานดินที่วัดได้มาเป็นค่าพารามิเตอร์ให้กับแบบจำลอง

5.1.3 ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM (Universal Transverse Mercator) มาเป็นข้อมูลระบุตำแหน่งเสาไฟ เนื่องจากโปรแกรม GIS ของ กฟภ. สามารถค้นหาตำแหน่งสถานีที่ได้จากพิกัด UTM และจะใช้พิกัด Last , Long ในโปรแกรม GIS ของ กฟภ. มาทำเป็นตารางเพื่อให้สะดวกต่อกันค้นหาตำแหน่ง เนื่องจาก พิกัด Last , Long สามารถค้นหาตำแหน่งได้จากโปรแกรม Google map ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันที่มีอยู่ใน Smart Phone จึงง่ายและสะดวกยิ่งขึ้นในการค้นหาตำแหน่งสำหรับพนักงานที่เข้าใหม่ยังไม่รู้จักเส้นทางและสำหรับพนักงานที่ไม่

สามารถเปิดโปรแกรม GIS ของ กฟภ. ได้ ก็สามารถค้นหาตำแหน่งกระแสมืดพร้อมดังกล่าวจาก พิกัด Last , Long ได้เช่นกัน



รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ในโปรแกรม GIS สำหรับค้นหาสถานที่จากค่าพิกัด UTM

5.1.4 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการระบุตำแหน่งผัดพร้อมตามตำแหน่งของเสาไฟ โดยใช้ค่ากระแสมืดพร้อมที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT มาทำเป็นข้อมูลในรูปแบบตาราง Excel ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 5.1.4.1 ลำดับเสาไฟ
- 5.1.4.2 ค่ากระแสมืดพร้อมแบบสายหนึ่งเฟสลงดิน
- 5.1.4.3 ค่ากระแสมืดพร้อมแบบระหว่างเฟสกับเฟส
- 5.1.4.4 ค่ากระแสมืดพร้อมแบบ 3 เฟส
- 5.1.4.5 ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ Last , Long
- 5.1.4.6 สถานที่หลักบริเวณใกล้เคียงกับค่าพิกัดที่ได้จากแผนที่ผัง

ข้อมูลตาราง Excel ที่ได้จากงานวิจัยนี้ เพื่อให้พนักงานแก๊ไฟฟ้าซึ่งสามารถไปยังตำแหน่งที่ผัดพร้อมโดยใช้ค่ากระแสมืดพร้อมที่ได้จากรายงานจากรีเลย์กระแสมืดเกิน ซึ่งจะบอกค่ากระแสมืดพร้อมประเภทการเกิดกระแสมืดพร้อมและระยะทางที่เกิดเหตุกระแสมืดพร้อมโดยจะบอกเป็น โชนใกล้กับสถานี 5 กิโลเมตรและอยู่รอบนอกที่ไกลออกไปจาก 5 กิโลเมตรของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 มาค้นหาข้อมูลตำแหน่งผัดพร้อมจากรายงาน Excel หรือ ในกรณีที่พนักงานแก๊ไฟฟ้าซึ่งยังไม่ชำนาญเส้นทางสามารถใช้ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์จากรายงาน Excel หาเส้นทางไปยังตำแหน่งที่ผัดพร้อมด้วยโปรแกรม GIS ของ กฟภ. หรือ แผนที่จาก Google map ได้

5.1.5 งานวิจัยนี้สามารถลด SAIDI และยังคงเชื่อเพลิงยานพาหนะ ของ กฟภ. เนื่องจากพนักงานแก้ไขไม่ต้องเสียเวลาขับรถยนต์ไปวัดระยะทางจากสถานีจนถึงตำแหน่งที่ผิด สามารถใช้กระแสผิดพ่วงที่ได้จากรีเลย์กระแสเกินค้นหาตำแหน่งที่ผิดพ่วงแล้วขับรถยนต์เล่นไปยังตำแหน่งที่ผิดพ่วงได้เลย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเป็น แอปพลิเคชัน ในโทรศัพท์ Smart phone นำทางไปยังตำแหน่งที่ผิดพ่วงซึ่งมีความสะดวกในการค้นหา เนื่องจากพนักงานการไฟฟ้าไม่ได้อยู่ประจำที่สำนักงาน กฟภ.ตลอดเวลา อาจจะต้องดำเนินการแก้ไขไฟฟ้าขัดข้องอยู่ต่างสถานที่ ถ้าเหตุการณ์ระบบ 22 kV เกิดความผิดพ่วง พนักงานแก้ไขไฟฟ้าสามารถใช้ แอปพลิเคชัน ในโทรศัพท์ Smart phone นำทางไปยังตำแหน่งที่ผิดพ่วงโดยไม่ต้องเสียเวลาขับรถไปวัดระยะทางที่สถานีไฟฟ้าตามที่รีเลย์กระแสเกินแจ้งเป็นสัญญาณเกิดเหตุกระแสผิดพ่วงมา

5.2.2 นำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาสร้างเป็นอุปกรณ์ในการหาตำแหน่งที่ผิดพ่วงในสถานีไฟฟ้า เนื่องจากมีขอบเขตการค้นหาแคบกว่ารีเลย์กระแสเกิน ซึ่งรีเลย์กระแสเกินจะระบุตำแหน่งที่ผิดพ่วงเป็นโซน 2 โซนที่เกิดกระแสผิดพ่วง ได้แก่โซนที่อยู่ห่างจากสถานี 5 กิโลเมตร และ โซนที่อยู่ห่างจากสถานี 5 กิโลเมตรขึ้นไป แต่งานวิจัยนี้ระบุเป็นค่าพิกัดภูมิศาสตร์และสถานที่หลักตามตำแหน่งของเสาไฟ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาไปวัดระยะทางที่สถานีไฟฟ้างดังกล่าว

5.2.3 เนื่องจากปัจจุบันความมั่นคงในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นเรื่องที่สำคัญมากต่อผู้ใช้ไฟฟ้า และหากเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องขึ้น มีความจำเป็นอย่างมากต่อภาคผลิตและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่จำเป็นจะต้องทราบถึงสาเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ว่าเกิดจากสาเหตุใด เกิดที่บริเวณใด และจะใช้เวลาในการแก้ไขนานเท่าไร เพื่อเป็นข้อมูลต่อกลุ่มโรงงานการผลิต หรือผู้ใช้ไฟฟ้าเอง จะได้นำข้อมูลดังกล่าวมาบริหารจัดการและวางแผนการผลิตต่อไปในวันนั้นๆ อีกทั้งยังเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อหน่วยงาน กฟภ. และภาพลักษณ์ที่ดีขององค์กร ในการตอบปัญหา ชี้แจงถึงสาเหตุ และประชาสัมพันธ์ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็วและตอบสนองอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการเพื่อลดข้อร้องเรียน ขอช้คำถาม และการให้บริการที่ดีของ กฟภ. จึงอาจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาเป็นแนวทาง หรือ เป็นกรณีศึกษา งานวิจัยนี้ไปพัฒนาเขียนโปรแกรมสร้างเป็นแอปพลิเคชันบนระบบ Smart Phone โดยทำการให้อุปกรณ์รีเลย์กระแสเกินส่งสัญญาณค่ากระแสที่ผิดพ่วงไปยังแอปพลิเคชันดังกล่าวหรือ โข้วสถานีการณทำงาน แล้วเขียนโปรแกรมให้

แอปพลิเคชันดังกล่าวทำการประมวลผลจากข้อมูลตารางพิกัดและค่ากระแสผิดพลาดให้ทราบตำแหน่งที่เกิดกระแสผิดพลาดอยู่ที่จุดใด ห่างจากสถานีระยะทางเท่าใด และมีสถานที่หลักที่อยู่ใกล้เคียง ที่ใดให้กับพนักงานแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องของ กฟภ.ทราบ เพื่อที่จะได้ประเมินได้ว่าจะต้องใช้เวลาานเท่าไรในการเดินทางถึงจุดที่กระแสไฟฟ้าขัดข้องและใช้เวลาแก้ไขนานเท่าไร อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อพนักงานที่ทำหน้าที่ตอบข้อซักถาม ข้อร้องเรียน จะได้แจ้งและประชาสัมพันธ์ไปยังกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า กลุ่มโรงงานการผลิตให้ได้รับทราบข้อมูลดังกล่าวและวางแผนการผลิตในวันนั้นๆต่อไป

5.2.4 เนื่องจากในงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยกรณีศึกษา จึงเลือกศึกษาเฉพาะสถานีที่มีอุปกรณ์รีเลย์กระแสเกินบอกค่ากระแสผิดพลาดทำให้ทราบข้อมูลที่จะนำไปเปรียบเทียบกับ การจองโปรแกรมเพื่อหาค่ากระแสผิดพลาด แต่ก็ยังมีอีกหลายสถานีไฟฟ้าของ กฟภ. ที่ยังไม่มีอุปกรณ์รีเลย์กระแสเกินติดตั้งอยู่ จึงควรที่จะมีการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าติดตั้งที่สถานีเพื่อทำการวัดค่ากระแสผิดพลาดในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ วันเวลา ขนาดที่เกิด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและแม่นยำมากขึ้น เพื่อใช้ในการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป

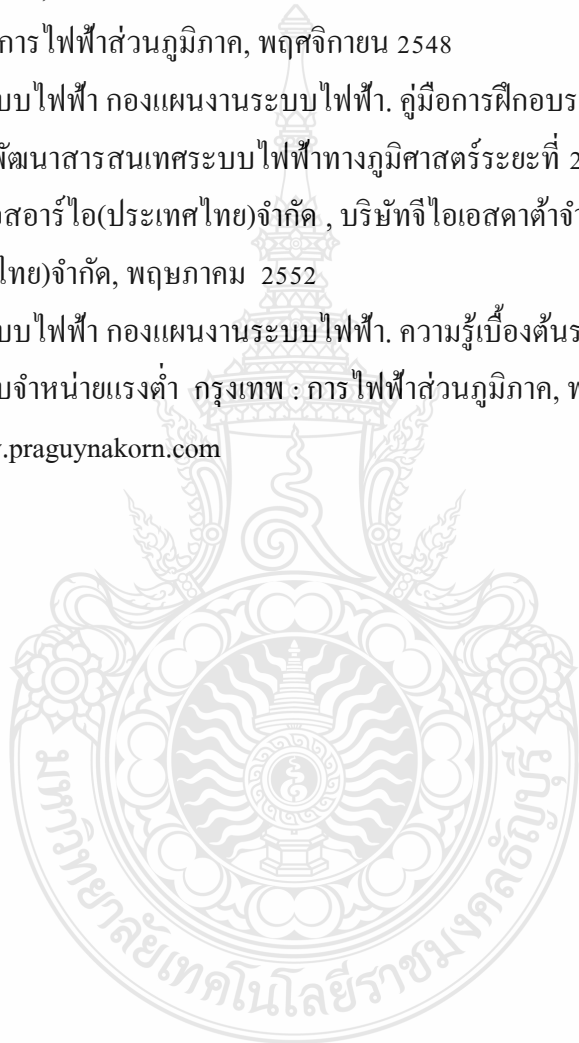


บรรณานุกรม

- [1] Shenxing Shi; Xinzhou Dong; Shuangxi Zhou, "Analysis of Single-Phase-to-Ground Fault Generated Initial Traveling Waves," "Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES, vol., no., pp.1,4, 2005
- [2] Zengwei Guo; Feng Yan, "Fault Location for 10kV Distribution Line Based on Traveling Wave - DC Theory," Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific , vol., no., pp.1,3, 28-31 March 2010
- [3] Karl Ziminerman and David Costollo. "Impedance-Base Fault Location Experience" Annual Conference for Protective Relay Engineers 58th.(April 2005) : 211-226
- [4] ชูวงศ์ วัฒนศักดิ์ภูบาล การออกแบบอัลกอริทึมสำหรับตรวจจับ แยกแยะ และหาตำแหน่งผิดพร่องในระบบจำหน่าย,วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต,วิศวกรรมไฟฟ้า,คณะวิศวกรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,2552
- [5] Bo, Z.Q.; Weller, G.; Redfern, M.A., "Accurate fault location technique for distribution system using fault-generated high-frequency transient voltage signals," Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings- , vol.146, no.1, pp.73,79, Jan 1999
- [6] โบนัส ทรงวิจิตร และฉัตรชัย สุกพิทักษ์สกุล "การระบุตำแหน่งความผิดพร่องในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าล้าลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์" EECON 36 ,pp 129-132,Dec 2556.
- [7] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์.การป้องกันระบบไฟฟ้า(Power System Protection) กรุงเทพฯ :เอ็มแอนอี 2545
- [8] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า.คู่มือการใช้งานโปรแกรม DIGSILENT เบื้องต้น กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, มิถุนายน 2555
- [9] เอกภพ ดวงจันทร์ โบนัส ทรงวิจิตร และฉัตรชัย สุกพิทักษ์สกุล "การระบุตำแหน่งความผิดพร่องในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์" EECON 38 ,pp 169-172,Nov 2558

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [10] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้า ของ กฟภ. ปี 2557. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, มิถุนายน 2555
- [11] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือค่าพารามิเตอร์สายระบบจำหน่ายแรง สูง 22/33 เควี , ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลต์ และ ระบบสายส่ง 115 เควี. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2548
- [12] ฝ่ายพัฒนาระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือการฝึกอบรมโปรแกรมประยุกต์ โครงการพัฒนาสารสนเทศระบบไฟฟ้าทางภูมิศาสตร์ระยะที่ 2 กฟภ. ปี2552. กรุงเทพฯ : บริษัทไอเอสอาร์ไอ(ประเทศไทย)จำกัด , บริษัทจีไอเอสดาต้าจำกัด,บริษัทคอนโทรล (ประเทศไทย)จำกัด, พฤษภาคม 2552
- [13] ฝ่ายพัฒนาระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. ความรู้เบื้องต้นระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และระบบจำหน่ายแรงต่ำ กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2547
- [14] อีลิง : www.praguynakorn.com



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้า ตามรายงานค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้า ของ กฟภ.



ก.1 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้า ตามรายงานค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ.ปี 2557 (2014)

สถานีไฟฟ้าในเขต กฟภ.1 (กฟภ.)

กฟภ.1 - 4

รายชื่อสถานีไฟฟ้า	BUS kv	หม้อแปลง MVA	3 P Fault kA	SLG Fault kA	R1 pu.	X1 pu.	R2 pu.	X2 pu.	R0 pu.	X0 pu.
29 บางปะอิน2	115		35.074	28.757	0.00261	0.01407	0.00273	0.01495	0.00585	0.02214
30 บางปะอิน3	115		8.100	4.424	0.00958	0.06124	0.00984	0.06324	0.03106	0.21219
	22-TP1	50	7.216	7.678	0.01695	0.36328	0.01723	0.36549	0.00638	0.29576
	22-TP2	50	7.216	7.678	0.01695	0.36328	0.01723	0.36549	0.00638	0.29576
31 บางพระครู	115		5.672	2.630	0.01505	0.08723	0.01499	0.08725	0.07251	0.38901
	22-TP1	40	7.028	0.985	0.02237	0.37275	0.02231	0.37277	7.87923	0.28552
	22-TP2	40	7.028	0.985	0.02237	0.37275	0.02231	0.37277	7.87923	0.28552
32 บางพูน	115		17.340	11.701	0.00471	0.02857	0.00485	0.02939	0.01282	0.06880
	22-TP1	50	7.864	8.113	0.01156	0.33353	0.01172	0.33443	0.00637	0.30204
	22-TP2	50	7.864	8.113	0.01156	0.33353	0.01172	0.33443	0.00637	0.30204
33 บ้านลาดทราย	115		14.810	7.995	0.00538	0.03347	0.00550	0.03487	0.01984	0.11753
	22	50	8.220	0.989	0.01270	0.31899	0.01282	0.32040	7.87923	0.28552
34 บ้านเลน1	115		14.171	7.552	0.00595	0.03492	0.00607	0.03580	0.02249	0.12570
	22-TP1	40	8.183	0.989	0.01328	0.32045	0.01339	0.32132	7.87923	0.28552
	22-TP2	40	8.183	0.989	0.01328	0.32045	0.01339	0.32132	7.87923	0.28552
35 บ้านเลน2	115		17.269	9.707	0.00495	0.02865	0.00506	0.02952	0.01748	0.09454
	22-TP1	50	8.060	8.322	0.01205	0.32537	0.01218	0.32634	0.00660	0.29379
	22-TP2	50	8.060	8.322	0.01205	0.32537	0.01218	0.32634	0.00660	0.29379
36 บ้านสร้าง	115		2.738	1.255	0.02833	0.18116	0.02833	0.18116	0.13576	0.82239
	22	50	5.265	6.084	0.03761	0.49706	0.03761	0.49706	0.00638	0.29733
37 บ้านใหม่	115		26.044	24.561	0.00318	0.01901	0.00332	0.01983	0.00520	0.02135
	22-TP1	40	5.210	5.280	0.01704	0.50345	0.01719	0.50435	0.01353	0.48248
	22-TP2	40	5.210	5.280	0.01704	0.50345	0.01719	0.50435	0.01353	0.48248
38 บ้านใหม่ 2	115		16.641	10.978	0.00490	0.02977	0.00504	0.03059	0.01378	0.07478
	22-TP1	50	8.030	8.301	0.01200	0.32661	0.01216	0.32751	0.00660	0.29379
	22-TP2	50	8.030	8.301	0.01200	0.32661	0.01216	0.32751	0.00660	0.29379
39 ปทุมธานี1	115		6.691	3.486	0.01238	0.07400	0.01238	0.07400	0.07792	0.27163
	22-TP1	40	7.060	7.622	0.02177	0.37108	0.02177	0.37108	0.00812	0.28949
	22-TP2	40	7.060	7.622	0.02177	0.37108	0.02177	0.37108	0.00812	0.28949
40 ปทุมธานี2	115		4.756	2.337	0.01722	0.10414	0.01722	0.10414	0.10205	0.42153
	22-TP1	50	6.432	7.103	0.02537	0.40724	0.02537	0.40724	0.00639	0.29242
	22-TP2	50	6.432	7.103	0.02537	0.40724	0.02537	0.40724	0.00639	0.29242
41 ปทุมธานี3	115		8.000	4.265	0.00990	0.06197	0.01009	0.06313	0.03495	0.22370
	22-TP1	50	5.566	5.844	0.01883	0.47115	0.01904	0.47244	0.00792	0.40283
	22-TP2	50	5.566	5.844	0.01883	0.47115	0.01904	0.47244	0.00792	0.40283
42 ปทุมธานี4	115		5.056	2.503	0.01623	0.09797	0.01623	0.09797	0.09752	0.39158
	22-TP1	50	6.519	7.165	0.02449	0.40180	0.02449	0.40180	0.00660	0.29379
	22-TP2	50	6.519	7.165	0.02449	0.40180	0.02449	0.40180	0.00660	0.29379

ภาคผนวก ข

ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3



ตาราง ข.1 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3

สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3								
ช่วงเสาดั้งที่	ระยะห่าง ระหว่างเสา	ชนิดของสาย	R_1 Ω/km	X_1 Ω/km	R_0 Ω/km	X_0 Ω/km	$Z_1 \angle \theta$ Ω/km	Degree
117 ถึง 120	0.0203191	Overhead Line	0.00428042	0.00606699	0.00818742	0.03775035	0.00742498	54.79604
120 ถึง 122	0.553073	Overhead Line	0.1165102	0.1651396	0.2228563	1.02754	0.2621032	54.79604
122 ถึง 130	0.132097	Overhead Line	0.02782753	0.03944225	0.05322743	0.2454197	0.04827072	54.79604
130 ถึง 140	0.0592924	Overhead Line	0.01249052	0.01770385	0.0238914	0.1101579	0.02166655	54.79604
140 ถึง 144	0.323149	Overhead Line	0.06807305	0.133915	0.1148705	0.5314944	0.1502237	63.05439
144 ถึง 156	0.292003	Overhead Line	0.06151329	0.08718786	0.1176603	0.5425051	0.1067034	54.79604
156 ถึง 161	0.0776449	Overhead Line	0.01635666	0.02318364	0.03128639	0.1442545	0.0283729	54.79604
161 ถึง 164	0.38296	Overhead Line	0.08067428	0.1143463	0.1543107	0.7114918	0.1399408	54.79604
164 ถึง 179	0.0575448	Overhead Line	0.01212238	0.01718204	0.02318722	0.106911	0.02102795	54.79604
179 ถึง 180	0.0546664	Overhead Line	0.01151601	0.01632259	0.02202739	0.1015633	0.01997613	54.79604
180 ถึง 181	0.371061	Overhead Line	0.07816764	0.1107934	0.1495161	0.6893849	0.1355926	54.79604
181 ถึง 183	0.0196646	Overhead Line	0.00347141	0.00769837	0.00780549	0.03226418	0.00844486	65.72804
183 ถึง 186	0.0209831	Overhead Line	0.00442025	0.00869552	0.00821184	0.03419589	0.00975452	63.05412

ตาราง ข.1 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3 (ต่อ)

สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3								
ช่วงเสาต้นที่	ระยะห่างระหว่างเสา	ชนิดของสาย	R_1 Ω/km	X_1 Ω/km	R_0 Ω/km	X_0 Ω/km	$Z_1 \angle \theta$ Ω/km	Degree
186 ถึง 197	0.0612912	Overhead Line	0.01291146	0.02539945	0.02398662	0.09988547	0.02849276	63.05412
197 ถึง 202	0.12204	Overhead Line	0.02570865	0.05057412	0.04776098	0.198887	0.05673338	63.05412
202 ถึง 205	0.289322	Overhead Line	0.06094788	0.1198968	0.1132276	0.4715043	0.1344986	63.05412
205 ถึง 206	0.09569	Overhead Line	0.02015783	0.03965452	0.03744877	0.1559447	0.04448391	63.05412
206 ถึง 210	0.105946	Overhead Line	0.02231833	0.04390467	0.04146251	0.1726588	0.04925168	63.05412
210 ถึง 214	0.0450583	Overhead Line	0.00949187	0.01867243	0.0176338	0.07343092	0.02094649	63.05412
214 ถึง 215	0.141629	Overhead Line	0.02983522	0.05869192	0.05542723	0.2308109	0.06583982	63.05412
215 ถึง 223	0.0638756	Overhead Line	0.01345588	0.02647044	0.02499804	0.1040972	0.02969419	63.05412
223 ถึง 224	0.0176273	Overhead Line	0.00371332	0.00730486	0.00689853	0.02872698	0.0081945	63.05412
224 ถึง 225	0.254744	Overhead Line	0.05366376	0.1055675	0.09969536	0.415153	0.1184242	63.05412
225 ถึง 227	0.016029	Overhead Line	0.00337663	0.00664252	0.00627303	0.02612225	0.00745149	63.05412
227 ถึง 229	0.0468628	Overhead Line	0.009872	0.01942023	0.01834	0.07637169	0.02178536	63.05412
229 ถึง 239	0.0808119	Overhead Line	0.01702364	0.03348894	0.03162615	0.1316981	0.03756746	63.05412

ตาราง ข.1 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3 (ต่อ)

สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3								
ช่วงเสาดั้งที่	ระยะห่างระหว่างเสา	ชนิดของสาย	R_1 Ω/km	X_1 Ω/km	R_0 Ω/km	X_0 Ω/km	$Z_1 \angle \theta$ Ω/km	Degree
239 ถึง 241	0.0681198	Overhead Line	0.01434995	0.02822926	0.02665903	0.1110139	0.03166721	63.05412
241 ถึง 242	0.378088	Overhead Line	0.07964711	0.156682	0.1479667	0.6161651	0.1757638	63.05412
242 ถึง 245	0.0285708	Overhead Line	0.00601866	0.01183991	0.01118133	0.04656146	0.01328186	63.05412
245 ถึง 248	0.048447	Overhead Line	0.01020573	0.02007673	0.01895998	0.07895344	0.02252181	63.05412
248 ถึง 250	0.122029	Overhead Line	0.02570634	0.05056956	0.04775667	0.1988691	0.05672827	63.05412
250 ถึง 253	0.098105	Overhead Line	0.02066656	0.04065531	0.03839389	0.1598804	0.04560659	63.05412
253 ถึง 258	0.0709175	Overhead Line	0.01493931	0.02938865	0.02775393	0.1155733	0.03296779	63.05412
258 ถึง 263	0.129233	Overhead Line	0.02722391	0.05355494	0.05057599	0.2106093	0.06007723	63.05412
263 ถึง 267	0.179764	Overhead Line	0.03786865	0.0744953	0.07035156	0.2929591	0.08356784	63.05412
267 ถึง 276	0.210582	Overhead Line	0.0443607	0.08726647	0.08241234	0.3431827	0.09789437	63.05412
276 ถึง 286	0.151754	Overhead Line	0.03196814	0.06288779	0.0593897	0.2473115	0.07054669	63.05412
286 ถึง 297	0.287779	Overhead Line	0.06062283	0.1192574	0.1126238	0.4689897	0.1337813	63.05412
297 ถึง 306	0.306509	Overhead Line	0.06456845	0.1270192	0.1199539	0.4995137	0.1424884	63.05412

ตาราง ข.1 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสายป้อนวงจรที่ 3 (ต่อ)

สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3								
ช่วงเสาดั้งที่	ระยะห่าง ระหว่างเสา	ชนิดของสาย	R_1 Ω/km	X_1 Ω/km	R_0 Ω/km	X_0 Ω/km	$Z_1 \angle \theta$ Ω/km	Degree
306 ถึง 313	0.325732	Overhead Line	0.06861792	0.1349853	0.1274769	0.5308412	0.1514248	63.05412
313 ถึง 319	0.297474	Overhead Line	0.06266516	0.123275	0.116418	0.4847895	0.1382883	63.05412
319 ถึง 328	0.17466	Overhead Line	0.03679346	0.07238017	0.06835408	0.2846411	0.08119512	63.05412
328 ถึง 331	0.167051	Overhead Line	0.03519056	0.06922695	0.06537626	0.2722408	0.07765789	63.05412
332 ถึง 333	0.323976	Overhead Line	0.06824801	0.1342576	0.1267897	0.5279795	0.1506084	63.05412
334 ถึง 335	0.112616	Overhead Line	0.02372342	0.04666876	0.04407285	0.1835288	0.05235239	63.05412
335 ถึง 336	0.131315	Overhead Line	0.0276625	0.05441773	0.05139079	0.2140023	0.0610451	63.05412
336 ถึง 337	0.063635	Overhead Line	0.0134052	0.02637073	0.02490388	0.1037051	0.02958234	63.05412

ภาคผนวก ค

ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดกระแสผิวดพร้อม



ตาราง ค.1 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพัทธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
120	14.18462	100.5083	120	122	59.2	3.131	4.695	ต้นประตูเข้า บ.แคปปิตัล ไลน์แยก
122	14.18515	100.50829	122	130	323.1	3.191	4.473	ต้นถัดจากประตูเข้า บ.แคปปิตัล
130	14.18807	100.50815	130	140	292	3.514	4.332	ต้นแยกเข้า บ.อยุธยาปุ๋ย
140	14.19065	100.50807	140	144	77.6	3.806	4.296	ต้นแยกเข้า บ.ป่าไม้สันติ
144	14.19145	100.508	144	156	382.9	3.883	4.126	ต้นแยกเข้า บ.ชั้นวัดอินคัสทริสต์
156	14.19479	100.50842	156	161	57.544	4.266	4.102	ต้นปากซอยทางเข้าร้านแพสมหมาย
161	14.19538	100.50852	161	164	54.664	4.324	4.079	ต้นทางเข้า โรงงานกระดาษดับเบิลเอ
164	14.19586	100.50865	164	179	371	4.378	3.930	ต้นไลน์แยกเข้า โรงงานกระดาษ AA
179	14.19877	100.5102	179	180	19.6646	4.749	3.920	ต้นข้างกับป้ายร้านอาหารริมน้ำ
180	14.19899	100.51021	180	181	20.9	4.769	3.910	ต้นหลังร้านอาหารตามสั่งข้าวขาหมู
181	14.19899	100.51047	181	183	61.29	4.790	3.879	ต้นปากทางเข้าซอยพัฒนา 2
183	14.19903	100.511	183	186	122.04	4.851	3.820	ต้นข้างร้านขายของชำหลังค้าสีฟ้า
186	14.19914	100.51209	186	197	289.322	4.973	3.685	ต้นไลน์แยกเข้าวัดเชิงเลน
197	14.19925	100.5147	197	202	95.69	5.263	3.643	ต้นปากซอยเทศบาล 10

ตาราง ค.1 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
202	14.19899	100.51569	202	205	105.9	5.358	3.597	ต้นไลน์แยกเข้า บ. ดินที่อุปเทน
205	14.19868	100.51663	205	206	45.05	5.464	3.578	ต้นหน้าปั้มน้ำมันดาวบางไทร
206	14.19857	100.51693	206	210	141.629	5.509	3.519	ต้นหน้าบริษัทพลูวณิชย์
210	14.19819	100.51809	210	214	63.87	5.651	3.493	ต้นหน้า บ.พุลพัฒน์ จำกัด
214	14.19792	100.51881	214	215	17.6	5.715	3.486	ต้นไลน์แยกเข้า บ.พุลพัฒน์ จำกัด
215	14.19784	100.51897	215	223	254.7	5.732	3.386	ต้นถัดจากไลน์แยกเข้า บ.พุลพัฒน์
223	14.19697	100.52103	223	224	16.029	5.987	3.380	ต้นไลน์แยกเข้าก่อนซอยเทศบาล 11
224	14.1969	100.52119	224	225	46.8	6.003	3.363	ต้นถัดจากหน้าปากซอยเทศบาล 11
225	14.19674	100.5216	225	227	80.8	6.050	3.333	ต้นถัดจากเสา 224 จำนวน 1 ต้น
227	14.19647	100.52232	227	229	81.1	6.131	3.308	ต้นถัดจากเสาที่ 225 จำนวน 2 ต้น
229	14.19621	100.52294	229	239	378	6.212	3.177	ต้นปากซอยเทศบาล 13
239	14.19501	100.52616	239	241	28.5	6.590	3.167	ต้นไลน์แยกเข้าวัดโบสถ์สมพรชัย
241	14.1949	100.52647	241	242	48.4	6.618	3.151	ต้นใกล้อุปกรณ์ SF6 หน้าวัดโบสถ์
242	14.19476	100.52682	242	245	122.02	6.667	3.112	ต้นตรงกันข้ามปากซอย บ.เมืองทอง

ตาราง ค.1 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Three Phase Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
245	14.19438	100.52787	245	248	98.105	6.789	3.080	ต้นทางเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
248	14.19402	100.5288	248	250	70.9	6.887	3.058	ต้นไลน์แยกเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
250	14.1938	100.52942	250	253	129.233	6.958	3.019	ต้นข้างเสาที่ติดป้ายเรือใบไวคิง
253	14.1934	100.53047	253	258	179.764	7.087	2.966	ต้นไลน์แยกวงจรที่ 6
258	14.19277	100.53208	258	263	210.582	7.267	2.906	ต้นปากทางซอยชุมชนบ้านดาบ
263	14.19208	100.53386	263	267	151.754	7.477	2.864	ต้นปากทางชุมชนบ้านดาบ ซ.1
267	14.19158	100.53514	267	276	287.79	7.629	2.788	ต้นถัดจาก ร้าน ไทยเฮงเส็ง 2 ต้น
276	14.19069	100.5377	276	286	306.509	7.917	2.711	ต้นไลน์แยกเข้า บ.บางปะอินชัย
286	14.18995	100.5404	286	297	325.732	8.223	2.634	ต้นข้างซอยตึกเขียว
297	14.18975	100.5434	297	306	297.474	8.549	2.567	ต้นซอยปากทางไทรทอง 10
306	14.18976	100.54616	306	313	174.66	8.847	2.530	ต้นหม้อแปลงข้างปั้มน้ำมัน
313	14.1898	100.54772	313	319	167.051	9.021	2.495	ต้นตรงข้าม ร.พ. สาธารณสุข
319	14.1899	100.54927	319	328	323.976	9.188	2.430	ต้นตรงข้ามซอยบางเคียน 5
328	14.19008	100.55222	328	331	112.616	9.512	2.408	ต้นก่อนถึงหน้าร้านครัวสุนทร

ตาราง ก.2 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
120	14.18462	100.5083	120	122	59.2	3.131	4.129	ต้นประตูเข้า บ.แคปปิตัล ไลน์แยก
122	14.18515	100.50829	122	130	323.1	3.191	4.101	ต้นถัดจากประตูเข้า บ.แคปปิตัล
130	14.18807	100.50815	130	140	292	3.514	3.905	ต้นแยกเข้า บ.อยุธยาปิย
140	14.19065	100.50807	140	144	77.6	3.806	3.781	ต้นแยกเข้า บ.ป่าไม้สันติ
144	14.19145	100.508	144	156	382.9	3.883	3.749	ต้นแยกเข้า บ.ชั้นวัดอินคัสทริสต์
156	14.19479	100.50842	156	161	57.544	4.266	3.600	ต้นปากซอยทางเข้าร้านแพสมหมาย
161	14.19538	100.50852	161	164	54.664	4.324	3.579	ต้นทางเข้า โรงงานกระดาษดับเบิลเอ
164	14.19586	100.50865	164	179	371	4.378	3.558	ต้นไลน์แยกเข้า โรงงานกระดาษ AA
179	14.19877	100.5102	179	180	19.6646	4.749	3.427	ต้นข้างกับป้ายร้านอาหารริมน้ำ
180	14.19899	100.51021	180	181	20.9	4.769	3.419	ต้นหลังร้านอาหารตามสั่งข้าวขาหมู
181	14.19899	100.51047	181	183	61.29	4.790	3.410	ต้นปากทางเข้าซอยพัฒนา 2
183	14.19903	100.511	183	186	122.04	4.851	3.383	ต้นข้างร้านขายของชำหลังค้าสีฟ้า
186	14.19914	100.51209	186	197	289.322	4.973	3.330	ต้นไลน์แยกเข้าวัดเชิงเลน
197	14.19925	100.5147	197	202	95.69	5.263	3.212	ต้นปากซอยเทศบาล 10

ตาราง ค.2 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
202	14.19899	100.51569	202	205	105.9	5.358	3.175	ต้น ไลน์แยกเข้า บ. ดินท้อปเทน
205	14.19868	100.51663	205	206	45.05	5.464	3.135	ต้นหน้าบิมน้ำมันควางไทร
206	14.19857	100.51693	206	210	141.629	5.509	3.118	ต้นหน้าบริษัทพลวณิชย์
210	14.19819	100.51809	210	214	63.87	5.651	3.067	ต้นหน้า บ.พลพัฒน์ จำกัด
214	14.19792	100.51881	214	215	17.6	5.715	3.044	ต้น ไลน์แยกเข้า บ.พลพัฒน์ จำกัด
215	14.19784	100.51897	215	223	254.7	5.732	3.038	ต้นถัดจากไลน์แยกเข้า บ.พลพัฒน์
223	14.19697	100.52103	223	224	16.029	5.987	2.950	ต้น ไลน์แยกเข้าก่อนชอยเทศบาล 11
224	14.1969	100.52119	224	225	46.8	6.003	2.945	ต้นถัดจากหน้าปากชอยเทศบาล 11
225	14.19674	100.5216	225	227	80.8	6.050	2.930	ต้นถัดจากเสา 224 จำนวน 1 ต้น
227	14.19647	100.52232	227	229	81.1	6.131	2.903	ต้นถัดจากเสาที่ 225 จำนวน 2 ต้น
229	14.19621	100.52294	229	239	378	6.212	2.882	ต้นปากชอยเทศบาล 13
239	14.19501	100.52616	239	241	28.5	6.590	2.767	ต้น ไลน์แยกเข้าวัด โบสถ์สมพรชัย
241	14.1949	100.52647	241	242	48.4	6.618	2.758	ต้นใกล้อุปกรณ์ SF6 หน้าวัด โบสถ์
242	14.19476	100.52682	242	245	122.02	6.667	2.744	ต้นตรงกันข้ามปากชอย บ.เมืองทอง

ตาราง ค.2 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Double Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
245	14.19438	100.52787	245	248	98.105	6.789	2.710	ต้นทางเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
248	14.19402	100.5288	248	250	70.9	6.887	2.682	ต้นไลน์แยกเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
250	14.1938	100.52942	250	253	129.233	6.958	2.663	ต้นข้างเสาที่ติดป้ายเรือใบไวถึง
253	14.1934	100.53047	253	258	179.764	7.087	2.628	ต้นไลน์แยกวงจรที่ 6
258	14.19277	100.53208	258	263	210.582	7.267	2.582	ต้นปากทางซอยชุมชนบ้านดาบ
263	14.19208	100.53386	263	267	151.754	7.477	2.529	ต้นปากทางชุมชนบ้านดาบ ซ.1
267	14.19158	100.53514	267	276	287.79	7.629	2.493	ต้นถัดจาก ร้าน ไทยเฮงเส็ง 2 ต้น
276	14.19069	100.5377	276	286	306.509	7.917	2.426	ต้นไลน์แยกเข้า บ.บางปะอินชัย
286	14.18995	100.5404	286	297	325.732	8.223	2.359	ต้นข้างซอยตึกเขียว
297	14.18975	100.5434	297	306	297.474	8.549	2.292	ต้นซอยปากทางไทรทอง 10
306	14.18976	100.54616	306	313	174.66	8.847	2.233	ต้นหม้อแปลงข้างปั๊มน้ำมัน
313	14.1898	100.54772	313	319	167.051	9.021	2.200	ต้นตรงข้าม ร.พ. สาธารณสุข
319	14.1899	100.54927	319	328	323.976	9.188	2.170	ต้นตรงข้ามซอยบางเคียน 5
328	14.19008	100.55222	328	331	112.616	9.512	2.113	ต้นก่อนถึงหน้าร้านครัวสุนทร

ตาราง ค.3 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง	ระยะห่าง	ค่ากระแส	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่	ระหว่างเสา (m)	สถานีไฟฟ้า (km)	ผิดพลาด (kA)	
120	14.18462	100.5083	120	122	59.2	3.131	3.183	ต้นประตูเข้า บ.แคปปิตัล ไลน์แยก
122	14.18515	100.50829	122	130	323.1	3.191	3.146	ต้นถัดจากประตูเข้า บ.แคปปิตัล
130	14.18807	100.50815	130	140	292	3.514	2.961	ต้นแยกเข้า บ.อยุธยาปิย
140	14.19065	100.50807	140	144	77.6	3.806	2.811	ต้นแยกเข้า บ.ป่าไม้สันติ
144	14.19145	100.508	144	156	382.9	3.883	2.774	ต้นแยกเข้า บ.ชั้นวัดอินคัสทริสต์
156	14.19479	100.50842	156	161	57.544	4.266	2.603	ต้นปากซอยทางเข้าร้านแพสมหมาย
161	14.19538	100.50852	161	164	54.664	4.324	2.579	ต้นทางเข้าโรงงานกระดาษดับเบิลเอ
164	14.19586	100.50865	164	179	371	4.378	2.557	ต้นไลน์แยกเข้าโรงงานกระดาษ AA
179	14.19877	100.5102	179	180	19.6646	4.749	2.416	ต้นข้างกับป้ายร้านอาหารริมน้ำ
180	14.19899	100.51021	180	181	20.9	4.769	2.409	ต้นหลังร้านอาหารตามสั่งข้าวขาหมู
181	14.19899	100.51047	181	183	61.29	4.790	2.401	ต้นปากทางเข้าซอยพัฒนา 2
183	14.19903	100.511	183	186	122.04	4.851	2.380	ต้นข้างร้านขายของชำหลังค้าสีฟ้า
186	14.19914	100.51209	186	197	289.322	4.973	2.338	ต้นไลน์แยกเข้าวัดเชิงเลน
197	14.19925	100.5147	197	202	95.69	5.263	2.244	ต้นปากซอยเทศบาล 10

ตาราง ค.3 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง	ระยะห่าง	ค่ากระแส	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่	ระหว่างเสา (m)	สถานีไฟฟ้า (km)	ผิดพลาด (kA)	
202	14.19899	100.51569	202	205	105.9	5.358	2.215	ต้นไลน์แยกเข้า บ. ดินท้อปเทน
205	14.19868	100.51663	205	206	45.05	5.464	2.183	ต้นหน้าปั้มน้ำมันดาวบางไทร
206	14.19857	100.51693	206	210	141.629	5.509	2.170	ต้นหน้าบริษัทพุลฉิมชัย
210	14.19819	100.51809	210	214	63.87	5.651	2.130	ต้นหน้า บ.พุลพัฒน์ จำกัด
214	14.19792	100.51881	214	215	17.6	5.715	2.112	ต้นไลน์แยกเข้า บ.พุลพัฒน์ จำกัด
215	14.19784	100.51897	215	223	254.7	5.732	2.107	ต้นถัดจากไลน์แยกเข้า บ.พุลพัฒน์
223	14.19697	100.52103	223	224	16.029	5.987	2.040	ต้นไลน์แยกเข้าก่อนชอยเทศบาล 11
224	14.1969	100.52119	224	225	46.8	6.003	2.036	ต้นถัดจากหน้าปากชอยเทศบาล 11
225	14.19674	100.5216	225	227	80.8	6.050	2.024	ต้นถัดจากเสา 224 จำนวน 1 ต้น
227	14.19647	100.52232	227	229	81.1	6.131	2.003	ต้นถัดจากเสาที่ 225 จำนวน 2 ต้น
229	14.19621	100.52294	229	239	378	6.212	1.987	ต้นปากชอยเทศบาล 13
239	14.19501	100.52616	239	241	28.5	6.590	1.899	ต้นไลน์แยกเข้าวัดโบสถ์สมพรชัย
241	14.1949	100.52647	241	242	48.4	6.618	1.892	ต้นใกล้อุปกรณ์ SF6 หน้าวัดโบสถ์
242	14.19476	100.52682	242	245	122.02	6.667	1.882	ต้นตรงกันข้ามปากชอย บ.เมืองทอง

ตาราง ค.3 ผลการจำลองโปรแกรมแสดงค่าความสัมพันธ์พิกัดและกระแสผิดพลาดแบบ Single Line to Ground Fault ในรูปแบบ Excel (ต่อ)

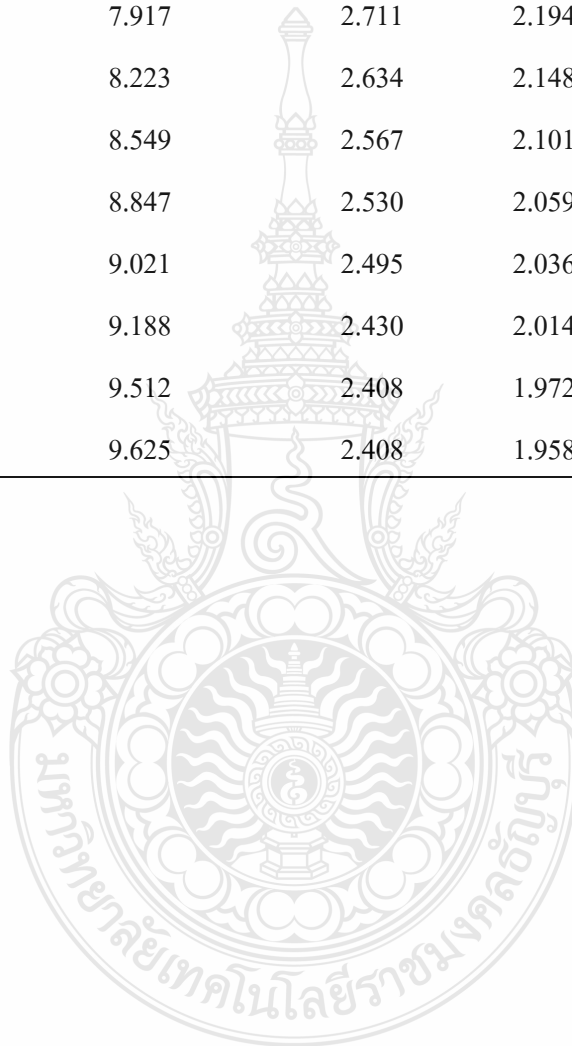
เสา ต้นที่	พิกัด		การจำลองหาค่ากระแสผิดพลาด		ระยะห่าง ระหว่างเสา (m)	ระยะห่าง สถานีไฟฟ้า (km)	ค่ากระแส ผิดพลาด (kA)	สถานที่หลัก
	Last	Long	จากเสาต้นที่	ถึงเสาต้นที่				
245	14.19438	100.52787	245	248	98.105	6.789	1.855	ต้นทางเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
248	14.19402	100.5288	248	250	70.9	6.887	1.835	ต้นไลน์แยกเข้าห้างหุ้นส่วนใต้สิง
250	14.1938	100.52942	250	253	129.233	6.958	1.820	ต้นข้างเสาที่ติดป้ายป้ายเรือใบไวถึง
253	14.1934	100.53047	253	258	179.764	7.087	1.794	ต้นไลน์แยกวงจรที่ 6
258	14.19277	100.53208	258	263	210.582	7.267	1.759	ต้นปากทางซอยชุมชนบ้านดาบ
263	14.19208	100.53386	263	267	151.754	7.477	1.720	ต้นปากทางชุมชนบ้านดาบ ซ.1
267	14.19158	100.53514	267	276	287.79	7.629	1.692	ต้นถัดจาก ร้าน ไทยเฮงเส็ง 2 ต้น
276	14.19069	100.5377	276	286	306.509	7.917	1.643	ต้นไลน์แยกเข้า บ.บางปะอินชัย
286	14.18995	100.5404	286	297	325.732	8.223	1.593	ต้นข้างซอยตึกเขียว
297	14.18975	100.5434	297	306	297.474	8.549	1.544	ต้นซอยปากทางไทรทอง 10
306	14.18976	100.54616	306	313	174.66	8.847	1.501	ต้นหม้อแปลงข้างปั้มน้ำมัน
313	14.1898	100.54772	313	319	167.051	9.021	1.477	ต้นตรงข้าม ร.พ. สาธารณสุข
319	14.1899	100.54927	319	328	323.976	9.188	1.455	ต้นตรงข้ามซอยบางเคียน 5
328	14.19008	100.55222	328	331	112.616	9.512	1.414	ต้นก่อนถึงหน้าร้านครัวสุนทร

ตาราง ค.4 ข้อมูลกระแสผิดปกติพร้อมแบบ Three Phase Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	3 Ø Fault	3 Ø Fault	3 Ø Fault	3 Ø Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
24	180	4.769	3.910	2.804	1.987	1.197
25	181	4.790	3.879	2.799	1.984	1.196
26	183	4.851	3.820	2.784	1.978	1.194
27	186	4.973	3.685	2.755	1.965	1.190
28	197	5.263	3.643	2.688	1.934	1.181
29	202	5.358	3.597	2.666	1.924	1.178
30	205	5.464	3.578	2.643	1.914	1.174
31	206	5.509	3.519	2.633	1.909	1.173
32	210	5.651	3.493	2.602	1.895	1.168
33	214	5.715	3.486	2.589	1.888	1.166
34	215	5.732	3.386	2.585	1.886	1.166
35	223	5.987	3.380	2.533	1.861	1.158
36	224	6.003	3.363	2.529	1.860	1.156
37	225	6.050	3.333	2.520	1.855	1.153
38	227	6.131	3.308	2.504	1.847	1.151
39	229	6.212	3.177	2.409	1.841	1.139
40	239	6.590	3.167	2.418	1.805	1.138
41	241	6.618	3.151	2.413	1.802	1.137
42	242	6.667	3.112	2.404	1.798	1.133
43	245	6.789	3.080	2.382	1.787	1.130
44	248	6.887	3.058	2.364	1.778	1.128
45	250	6.958	3.019	2.352	1.771	1.124
46	253	7.087	2.966	2.329	1.760	1.118
47	258	7.267	2.906	2.299	1.744	1.112

ตาราง ก.4 ข้อมูลกระแสผิดพลาดประเภท Three Phase Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน (ต่อ)

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	3 \emptyset Fault Rf = 0 Ω	3 \emptyset Fault Rf = 2.5 Ω	3 \emptyset Fault Rf = 5 Ω	3 \emptyset Fault Rf = 10 Ω
48	263	7.477	2.864	2.264	1.726	1.107
49	267	7.629	2.788	2.239	1.713	1.098
50	276	7.917	2.711	2.194	1.688	1.089
51	286	8.223	2.634	2.148	1.663	1.079
52	297	8.549	2.567	2.101	1.637	1.071
53	306	8.847	2.530	2.059	1.614	1.060
54	313	9.021	2.495	2.036	1.601	1.061
55	319	9.188	2.430	2.014	1.588	1.052
56	328	9.512	2.408	1.972	1.564	1.048
57	331	9.625	2.408	1.958	1.556	1.044

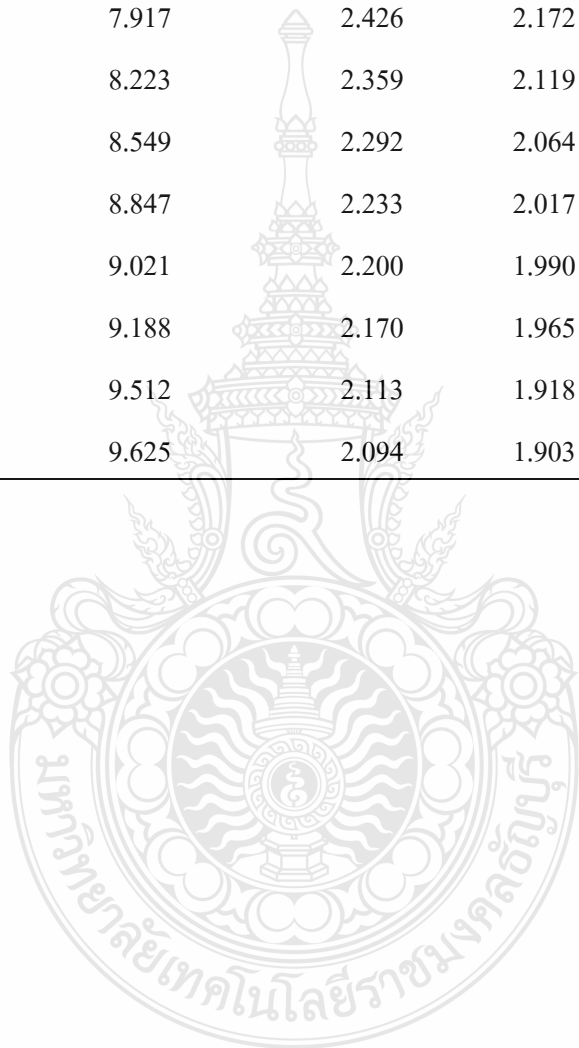


ตาราง ค.5 ข้อมูลกระแสผิดพลาดพร้อมแบบ D-B-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
25	181	4.790	3.410	2.926	2.433	1.722
26	183	4.851	3.383	2.906	2.420	1.716
27	186	4.973	3.330	2.868	2.395	1.705
28	197	5.263	3.212	2.780	2.336	1.679
29	202	5.358	3.175	2.752	2.318	1.670
30	205	5.464	3.135	2.722	2.297	1.661
31	206	5.509	3.118	2.709	2.289	1.657
32	210	5.651	3.067	2.670	2.262	1.644
33	214	5.715	3.044	2.653	2.250	1.639
34	215	5.732	3.038	2.649	2.247	1.637
35	223	5.987	2.950	2.582	2.201	1.615
36	224	6.003	2.945	2.578	2.198	1.614
37	225	6.050	2.930	2.566	2.190	1.610
38	227	6.131	2.903	2.546	2.176	1.603
39	229	6.212	2.882	2.530	2.164	1.597
40	239	6.590	2.767	2.441	2.102	1.566
41	241	6.618	2.758	2.434	2.097	1.564
42	242	6.667	2.744	2.423	2.089	1.560
43	245	6.789	2.710	2.396	2.070	1.550
44	248	6.887	2.682	2.375	2.055	1.543
45	250	6.958	2.663	2.360	2.044	1.537
46	253	7.087	2.628	2.333	2.024	1.527
47	258	7.267	2.582	2.296	1.997	1.513
48	263	7.477	2.529	2.255	1.967	1.497

ตาราง ก.5 ข้อมูลกระแสผิดพลาดประเภท D-B-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน (ต่อ)

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault	DL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
48	263	7.477	2.529	2.255	1.967	1.497
49	267	7.629	2.493	2.226	1.946	1.486
50	276	7.917	2.426	2.172	1.906	1.465
51	286	8.223	2.359	2.119	1.866	1.443
52	297	8.549	2.292	2.064	1.825	1.421
53	306	8.847	2.233	2.017	1.789	1.400
54	313	9.021	2.200	1.990	1.768	1.389
55	319	9.188	2.170	1.965	1.749	1.378
56	328	9.512	2.113	1.918	1.713	1.357
57	331	9.625	2.094	1.903	1.701	1.350

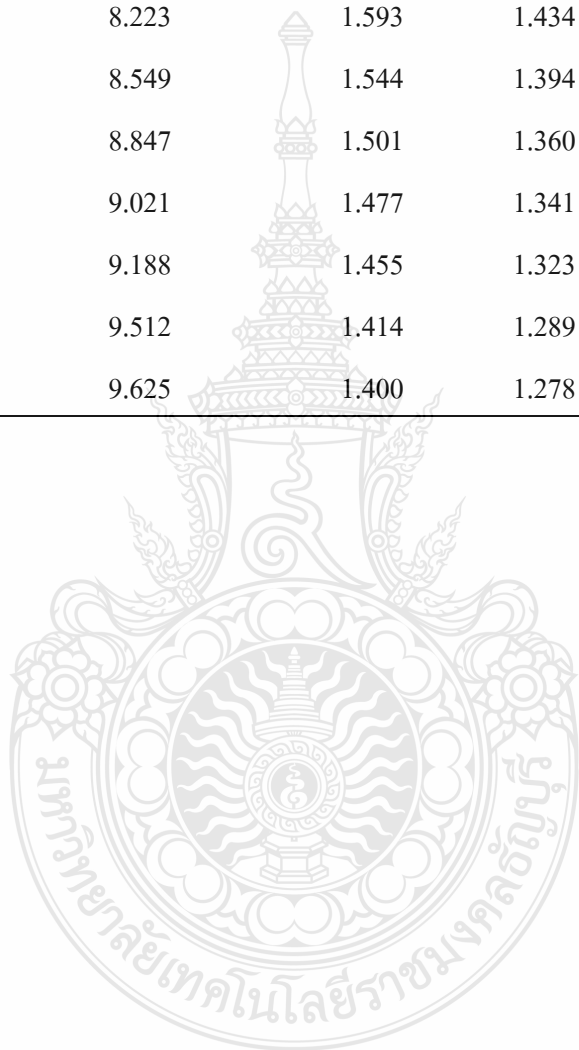


ตาราง ค.6 ข้อมูลกระแสผิดพลาดประเภท S-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
25	181	4.790	2.401	2.032	1.636	1.097
26	183	4.851	2.380	2.017	1.633	1.096
27	186	4.973	2.338	1.988	1.625	1.093
28	197	5.263	2.244	1.923	1.608	1.087
29	202	5.358	2.215	1.902	1.569	1.072
30	205	5.464	2.183	1.879	1.556	1.067
31	206	5.509	2.170	1.870	1.542	1.062
32	210	5.651	2.130	1.841	1.536	1.059
33	214	5.715	2.112	1.828	1.518	1.052
34	215	5.732	2.107	1.824	1.510	1.049
35	223	5.987	2.040	1.775	1.508	1.048
36	224	6.003	2.036	1.772	1.477	1.036
37	225	6.050	2.024	1.763	1.475	1.035
38	227	6.131	2.003	1.748	1.470	1.033
39	229	6.212	1.987	1.736	1.460	1.029
40	239	6.590	1.899	1.670	1.452	1.025
41	241	6.618	1.892	1.665	1.409	1.007
42	242	6.667	1.882	1.657	1.406	1.006
43	245	6.789	1.855	1.637	1.401	1.004
44	248	6.887	1.835	1.622	1.387	0.998
45	250	6.958	1.820	1.611	1.377	0.993
46	253	7.087	1.794	1.591	1.370	0.990
47	258	7.267	1.759	1.564	1.356	0.984
48	263	7.477	1.720	1.533	1.338	0.976

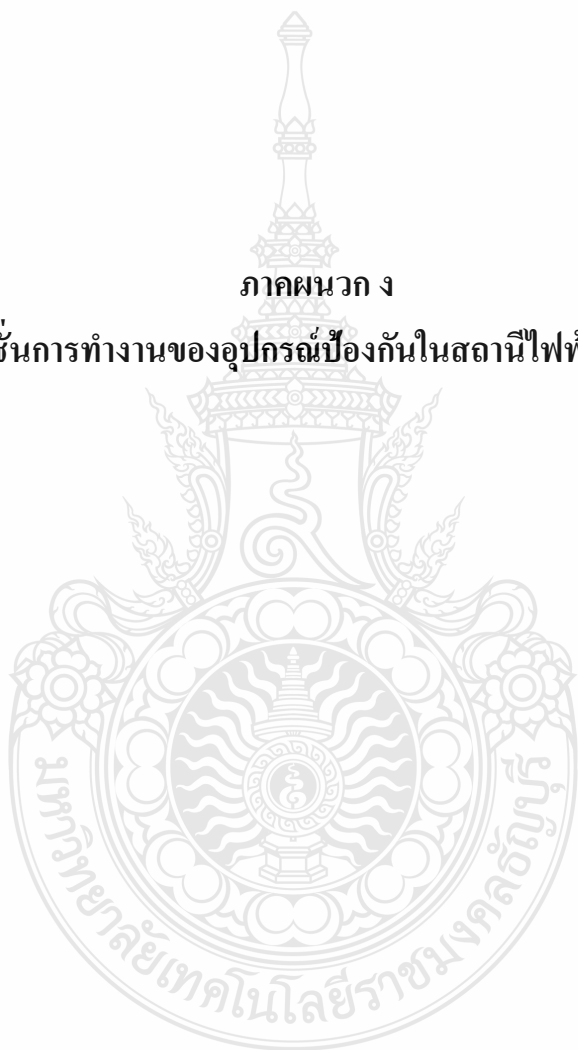
ตาราง ค.6 ข้อมูลกระแสผิดพลาดประเภท S-L to Ground Fault กรณีมีค่าความต้านทานดิน (ต่อ)

ลำดับ	เสาต้นที่	ระยะห่าง จากสถานีไฟฟ้า (km)	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault	SL-G Fault
			Rf = 0 Ω	Rf = 2.5 Ω	Rf = 5 Ω	Rf = 10 Ω
49	267	7.629	1.692	1.512	1.317	0.966
50	276	7.917	1.643	1.473	1.302	0.959
51	286	8.223	1.593	1.434	1.275	0.947
52	297	8.549	1.544	1.394	1.247	0.934
53	306	8.847	1.501	1.360	1.219	0.920
54	313	9.021	1.477	1.341	1.194	0.907
55	319	9.188	1.455	1.323	1.180	0.900
56	328	9.512	1.414	1.289	1.167	0.894
57	331	9.625	1.400	1.278	1.142	0.881



ภาคผนวก ง

คุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในสถานีไฟฟ้า Over Current Relay



1.1 USER INTERFACE

1.1.1 Relay Overview

The next figures show the P120, P121, P122 and P123 relays.



The table shows the case size for the relays.

Height	Depth	Width
4U (177mm)	226mm	20 TE

The hinged covers at the top and bottom of the relay are shown closed. Extra physical protection for the front panel can be provided by an optional transparent front cover; this allows read only access to the relays settings and data but does not affect the relays IP rating. When full access to the relay keypad is required to edit the settings, the transparent cover can be unclipped and removed when the top and bottom hinged covers are open.

1.1.2 Front panel description

MiCOM P120, P121, P122 and P123 relay front panel allows the user to easily enter relay settings, display measured values and alarms and to clearly display the status of the relay.



FIGURE 1: MiCOM P120, P121, P122 AND P123 FRONT PANEL DESCRIPTION

Function	P120	P121	P122	P123	Information
tb<>	X	X	X	X	Time delayed second phase overcurrent threshold
lb<>	X	X	X	X	Instantaneous third phase overcurrent threshold
tb<>>	X	X	X	X	Time delayed third phase overcurrent threshold
la<	X	X	X	X	Instantaneous first earth overcurrent threshold
tl<	X	X	X	X	Time delayed first earth overcurrent threshold
la<>	X	X	X	X	Instantaneous second overcurrent earth threshold
tl<>	X	X	X	X	Time delayed second earth overcurrent threshold
la<>>	X	X	X	X	Instantaneous third earth overcurrent threshold
tl<>>	X	X	X	X	Time delayed third earth threshold
la<>>>			X	X	Instantaneous derived earth overcurrent threshold
tl<>>>			X	X	Time delayed derived earth overcurrent threshold
lc			X	X	Alarm threshold underrun
tl<			X	X	Time delayed underrun threshold
Therm Trip			X	X	Trip on Thermal overload
Brkn Cond.			X	X	Broken conductor detection
CB Fail			X	X	Detection of a Circuit Breaker failure (CB not open at the end of SF timer)
tl2<			X	X	Time delayed first negative phase sequence overcurrent threshold
tl2<>			X	X	Time delayed second negative phase sequence overcurrent threshold
Input 1	X	X	X	X	Copy of the status of the Logic Input n°1 ("automat ctrl/inputs" menu)
Input 2	X	X	X	X	Copy of the status of the Logic Input n°2
Input 3			X	X	Copy of the status of the Logic Input n°3
Input 4				X	Copy of the status of the Logic Input n°4
Input 5				X	Copy of the status of the Logic Input n°5
Recloser Run				X	Signal that Autoreclose cycle is working ("Autoreclose in progress" signal)
Recloser int Blk				X	Autoreclose lock activated by the internal process of the autoreclose
Recloser Ext Blk				X	Autoreclose lock activated by the input "block 79"
t Aux 1	X	X	X	X	Copy of Aux1 Logic Input delayed by Aux1 time (Aux1 logic input and aux1 time are set with "automat ctrl/inputs" menu)
t Aux 2	X	X	X	X	Copy of Aux2 Logic Input delayed by Aux2 time
t Aux 3			X	X	Copy of Aux3 Logic Input delayed by Aux3 time

Function	P120	P121	P122	P123	Information
t Aux 4				X	Copy of Aux4 Logic Input delayed by Aux4 time
t Aux 5				X	Copy of Aux5 Logic Input delayed by Aux 5 time
SOTF				X	Switch on to fault timer expired
tIA-				X	Time delayed first threshold trip on phase A
tIB-				X	Time delayed first threshold trip on phase B
tIC-				X	Time delayed first threshold trip on phase C
Equation A		X	X	X	Output of Boolean Equation A
Equation B		X	X	X	Output of Boolean Equation B
Equation C		X	X	X	Output of Boolean Equation C
Equation D		X	X	X	Output of Boolean Equation D
Equation E		X	X	X	Output of Boolean Equation E
Equation F		X	X	X	Output of Boolean Equation F
Equation G		X	X	X	Output of Boolean Equation G
Equation H		X	X	X	Output of Boolean Equation H

- NOTES: ⇒ Each parameter can be assigned to one or more LED's.
 ⇒ One or more parameters (OR logic) can provoke each LED to light up.

MICOM S1 Studio setting:

The LED 5 (6, 7 or 8) submenu contains up to 3 lines parameter settings. In the value column, each line represents a setting value. State "1" means that the corresponding parameter is associated to the LED.

The corresponding parameters are displayed in the setting panel: from 00 (last digit) up to 0D (first digit).

P12x Front panel setting:

Press **GO** to access the LED 5 CONFIGURATION submenu, then **0** twice (press **0** to access to others LED's CONFIGURATION submenus).

Select "Yes" to associate a LED to a function.

CONFIGURATION	
Led 5	
Led 5 Function	No

Heading LED 5 submenu.

Activate (select choice "Yes" or inhibit ("No") LED 5 operation when:

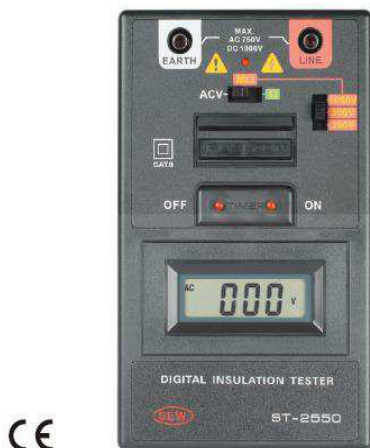
- an alarm is exceeded
- a threshold time delay has elapsed.

Refer to previous tables for protection functions list.

ภาคผนวก จ

คุณสมบัติและฟังก์ชันการทำงานของเครื่องวัดความต้านทานดิน





CE

ST-2550



CE

ST-2551

FEATURES

- A LCD indicates testing insulation(MΩ), continuity(Ω) and AC voltage.
- Instant operation is possible with a push button.
- In addition, for continuous measurement of MΩ , Ω or ACV a convenient timer is provided with automatic power off after three to five minutes to save the battery power.
- LED(red) indication when testing insulation, continuity and voltage.
- Use of a high efficiency and accurate DC-DC converter.
- Auto ranging.
- Most suitable for insulation resistance measurement of electrical household appliances, power line distribution and installation.
- IEC 1010 CAT II 600V.

SPECIFICATIONS

Insulation Resistance	ST-2550	ST-2551
Test Voltage (DC V)	250V/500V/1000V	250V/500V/1000V
Output Voltage on Open Circuit	+10%	+10%
Measuring Ranges	0-20MΩ /0-200MΩ / 0-2000MΩ	0-20MΩ /0-200MΩ / 0-2000MΩ
Accuracy	20MΩ :±(1.5%rdg+2dgt) 200MΩ :±(2.5%rdg+2dgt) 2000MΩ :±(5%rdg+3dgt)	20MΩ :±(1.5%rdg+2dgt) 200MΩ :±(2.5%rdg+2dgt) 2000MΩ :±(5%rdg+3dgt)

Continuity

Measuring Ranges	200Ω	20Ω /200Ω /2kΩ
Short Circuit Current	11mA	15.5/11/2.7mA
Accuracy	±(1.5%rdg+2dgt)	20Ω :±(2%rdg+4dgt) 200Ω :±(1.5%rdg+2dgt) 2KΩ :±(1.5%rdg+2dgt)
Buzzer Sounds Below	10Ω	8Ω /10Ω /50Ω

AC Voltage

AC Voltage Range	0-600V AC	0-600V AC
Accuracy	±(1.5%rdg+2dgt)	±(1.5%rdg+2dgt)

General

Display	LCD 3½ (2000counts)	LCD 3½ (2000counts)
Impedance	10MΩ	10MΩ
Power Source	1.5V(SUM-3)×6 Type AA	1.5V(SUM-3)×6 Type AA
Dimensions	163(L)×100(W)×50(D)mm	163(L)×100(W)×50(D)mm
Weight	Approx. 440g (battery included)	Approx. 480g (battery included)
Accessories	Test leads Instruction manual Heavy-duty case Batteries	Test leads Instruction manual Heavy-duty case Batteries

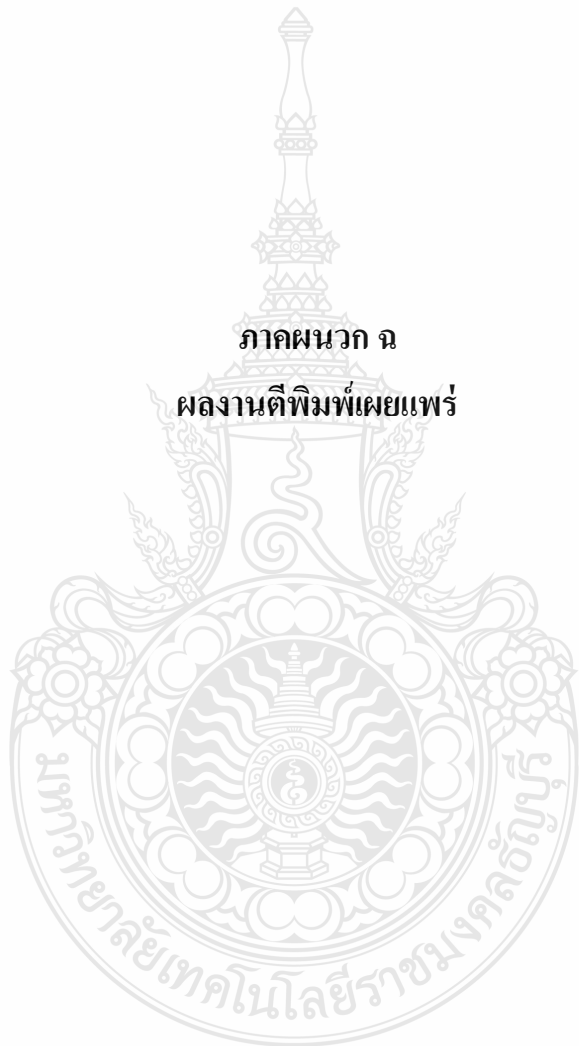


AL-24A

TOC-1504

ภาคผนวก ฉ

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๘
The 38th Electrical Engineering Conference (EECON-38)



UTCC University of
the Thai Chamber
of Commerce
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ไฟฟ้ากำลัง (PW)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

Volume I
AEC Synergy

วันที่ ๑๘ - ๒๐ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๕๘
โรงแรมวารบุรี อโยธยา คอนเวนชั่น รีสอร์ท จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



UTCC
School of Engineering
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย





คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๘
(ECON-38)



สาขาไฟฟ้ากำลัง (PW)

ผศ.ดร.วินัย ฉิมฉวี	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ศ.ดร.อิสระชัย งามหุ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ตฤณ แสงสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.บุญยั้ง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.กิติ ชยะกุลศรี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อ.ดร.ชรรมาฤทธิ์ สิงหวิลัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.บุญเลิศ สื่อเฉย	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ผศ.ดร.สมบูรณ์ นุชประยูร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.อำนาจ สุขศรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.ดร.วิวัฒน์ ทิพอร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รศ.ดร.กานต์ เกิดชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อ.ดร.เชิดชัย ประภาณวรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ธีรธรรม บุญยะกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.สลิลทิพย์ สันธูสนธิชาติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
อาจารย์ ดร.คณิศร์ มาตรา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.ดร.คมสันต์ ตาโรจน์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.บงกช สุขอนันต์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.นิตย์ เพ็ชรรักษ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ผศ.ดร.บุญเรือง มะรังศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.อาทิตย์ โสตรโยม	มหาวิทยาลัยสยาม
รศ.ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผศ.ดร.จงลักษณ์ พาหะชา	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผศ.ดร.ประมุข อุดมলেখกะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.นันทิยา ชัยบุตร	มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ผศ.ดร.วิญญู แสงวงสินกสิกิจ	มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
ผศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผศ.ชนากร นำหอมจันทร์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

PW35	การศึกษาผลของการจัดวางตำแหน่งสายตัวนำในระบบจำหน่ายแบบรูป วงจรคู่ที่มีผลต่อขนาดแรงดันที่บัสโพล สมศักดิ์ วิษระคุปต์ และ อานนท์ อิศรมงคลรักษ์	137
PW36	การหาคุณลักษณะของกัณฑ์ไฟฟ้าชนิดเฟลชยาว ที่ ระยะ Gap ต่างๆ โดยใช้แรงดันไฟฟ้าอิมพัลส์ลบ Vilasay Solaphom and Kittipong Tonmitr	141
PW37	การหาค่าเบรคความถี่ของฉนวนนาโนคอมโพสิทออกไซด์ผสมกับอีพอกซีเรซินโดยใช้แรงดันไฟฟ้าอิมพัลส์ลบ มิ่งขวัญ ชัยวงศ์ และ กิตติพงษ์ ตันมิตร	145
PW38	การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดระยะยาว โดยใช้ระบบอนุमानนิวโร-ฟัซซี่แบบปรับตัวได้ พิศุภพรรณ แสนสุวรรณ และ สมชาติ จีรวิกากร	149
PW39	การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำโดยแรงโน้มถ่วงของโลกของระบบส่งน้ำในอาคาร รอนกอน สะแลแม, ศิวะ ทองจิตร, ประยุทธ์ ฤทธิเดช และ ยุทธนา จงเจริญ	153
PW40	การย้ายสแนบอัตโนมัติสำหรับสถานีไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ เมื่อหม้อแปลงทรูป อนุรักษ์ เศษขุ่น, วิชาญ อินทรอยู่ และ กัญญา พันแสน	157
PW41	การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นทะเล ชาติชาย โสบุญ, ปุณย์ภัทร ภูมิภาค, และ อนุวัฒน์ จงวงษ์ชเลศ	161
PW42	การปรับปรุงวิธีระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 115 kV ในรูปแบบทักทายภูมิศาสตร์ ไบนัส ทรงวิจิตร, เอกภพ ดวงจันทร์ และ จักรชัย สุทธิพิทักษ์สกุล	165
PW43	การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบทักทายภูมิศาสตร์ เอกภพ ดวงจันทร์, ไบนัส ทรงวิจิตร และ จักรชัย สุทธิพิทักษ์สกุล	169
PW44	การวิเคราะห์หม้อแปลงเฟสเดียวโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ปุณย์ภัทร ภูมิภาค และ ชัยวุฒิ จิตรภูษิต	173
PW45	การพัฒนาต้นแบบตัวนำวงกวดวงกำลังไฟฟ้าสำหรับกังหันลมที่ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำชนิด ป้อนสองทางด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบโปรแกรมได้ ปรุจน์ แก้วสุกใส, อิศระชัย งานหุ และ วรารักษ์ นาคะวีโร	177
PW46	การศึกษาระดับคุณภาพไฟฟ้าจากผู้ผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ที่เชื่อมโยงเข้ากับระบบจำหน่ายของ กฟผ. กรณีผู้ผลิตไฟฟ้าด้วยระบบโซลาร์เซลล์และพลังงานจากชีวมวล จิตติ ไรชเทพ, สุภชัย ทัศนะ และ ชัย ชมพูอินทเว	181

การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ Fault Locating in 22 kV System in form of Geographic Coordinate

เอกภพ ดวงจันทร์^{1,2*} โบนัส ทรงวิจิตร¹ และฉัตรชัย สุกพิทักษ์สกุล²

¹การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอบางปะอิน ต.คลองจิก อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา 13160 โทรศัพท์ 0-35-220-608

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422

E-mail: eakkapop_d@mail.rmutt.ac.th, chatchai.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการศึกษาการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบแรงดันไฟฟ้า 22 kV กรณีศึกษาวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรม DigSILENT จำลองค่ากระแสผิดปกติของความยาวของสายไฟบนหัวเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงหัวเสาไฟฟ้าร้านอาหารครัวสุนทรแล้วนำค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากการจำลองมาระบุพิกัดบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และนำเอาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้มานั้นประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อช่วยค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ: ตำแหน่งความผิดปกติ พิกัดภูมิศาสตร์ DigSILENT

Abstract

This paper presents a method for fault locating in 22 kV system of Bang Pa-in substation as a case study in form of geographic coordinates. DigSILENT program is used for determine simulation fault current follow the length of transmission line from the substation to Sothron restaurant. The distance of each pole is adding for calculating. Then the fault current from simulation is employed to locate coordinates on geographic map include the remarkable place nearby in form of Excel table. This information can be associated with Geographic Information System (GIS) program of PEA for helping the officer to the fault location faster.

Keywords: Fault locating, Geographic coordinate, DigSILENT

1. คำนำ

เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหน่วยงานที่จำหน่ายกระแสไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 115 kV, 33 kV และ 22 kV ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย โดยปัจจุบันความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นการรักษาสถียรภาพในการจ่ายไฟ และการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องให้รวดเร็วจึงมีความสำคัญมากต่อค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า

หรือค่า SAIFI และ SAIDI ในงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า เรื่องการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าลำลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ [3] นำเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 36 (EECON 36) ได้ระบุตำแหน่งแบบเป็นค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM (Universal Transverse Mercator) โดยเป็นพิกัดที่มีค่า X และค่า Y ใช้เป็นข้อมูลในโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติโดยใช้สถานที่หลักตามข้อมูลจากโปรแกรม GIS ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งผิดปกติ ตามพิกัดของสายไฟทุก 1 กิโลเมตร จากสถานีไฟฟ้าลำลูกกาจนถึงบริษัททางออกกอล์ฟเส้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะช่วยลดเวลาในการเริ่มค้นหาตำแหน่งผิดปกติแต่ยังทำให้เสียเวลาในช่วงการค้นหาละเอียดเนื่องจากพิกัดที่ได้อาจมีขอบเขตที่กว้างอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตร อีกทั้งยังอยู่ในระบบ 115 kV ซึ่งอัตราการเกิดความผิดปกติบ่อยกว่าในระบบ 22 kV

บทความนี้นำเสนอการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV กรณีศึกษา วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่มีความละเอียดมากขึ้น โดยการระบุตำแหน่งความผิดปกติตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงร้านอาหารครัวสุนทร โดยใช้โปรแกรม DigSILENT ในการจำลองสำหรับแสดงค่ากระแสผิดปกติตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า นำค่าตำแหน่งเสาไฟฟ้าที่ได้มาห้เขียนที่ผังทางภูมิศาสตร์ โดยทำเป็นข้อมูลตาราง Excel แสดงค่ากระแสผิดปกติและตำแหน่งผิดปกติในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ สำหรับให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งที่เกิดผิดปกติ โดยใช้ค่ากระแสผิดปกติที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าติดตั้งที่ วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 แจ้งมาให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งกระแสผิดปกติ และระยะทางพร้อมพิกัดค่า X และ Y เพื่อค้นหาสถานที่หลัก ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งที่เกิดความผิดปกติ ทำให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่เข้ามาหรือพนักงานที่ยังไม่ชำนาญเส้นทาง ได้หาตำแหน่งกระแสผิดปกติอย่างรวดเร็ว และเข้าปฏิบัติงานได้รวดเร็วขึ้นจึงมีผลทำให้ค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ หรือ ค่า SAIDI ลดลง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Fault Analysis) ที่ใช้สำหรับการพิจารณาตำแหน่งในระบบไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 kV แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ความผิดพลาดแบบสมมาตร (Symmetrical Fault) หรือ ความผิดพลาด 3 เฟส (Three-Phase Fault) เกิดจากกระแสลัดวงจรทั้ง 3 เฟส เช่น มีกิ่งไม้หรือสัตว์พาดที่สายแล้วสัมผัสกันทั้งสามเส้นทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น และความผิดพลาดแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical Fault) แบ่งเป็น ความผิดพลาดเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground Fault) เช่น สายไฟ 1 เส้นขาดลงดินหรือกิ่งไม้พาดสายไฟ 1 เส้น ความผิดพลาด 2 เฟส (Line to Line Fault) เกิดจากสาย 1 เส้นขาดมาสัมผัสอีกเส้นหรือมีสัตว์มาสัมผัสสายไฟทั้ง 2 เส้น และความผิดพลาด 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) เกิดจากสายไฟขาดลงดินทั้งสองเส้น หรือมีกิ่งไม้และสัตว์มาสัมผัสกับสายทั้ง 2 เส้น

2.2 ระบบจำหน่าย 22 kV

ระบบจำหน่าย 22 kV เป็นระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟบริเวณต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรม อาคาร บ้านพัก ที่อยู่อาศัย โดยการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบจำหน่าย 22 kV ที่ กฟภ. 1 ส่วนมากจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ระบบ 3 เฟส 3 สาย และ ระบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะเรียกระบบจำหน่ายนี้ว่าระบบจำหน่ายแบบแรงดันปานกลาง และทำการจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟในระดับแรงดันต่ำ ที่ระดับแรงดัน 380 โวลต์ และระดับแรงดัน 220 โวลต์ ตามลำดับ

3. หลักการศึกษาค่าตำแหน่งกระแสผิดพลาด

3.1 แนวทางและวิธีการในการหาตำแหน่งกระแสผิดพลาด

แนวทางและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาค่ากระแสและตำแหน่งที่เกิดจากความผิดพลาดของบทความนี้ได้มีเสนอ 2 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 คือการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าแล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้มาจำลองในโปรแกรมเพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดพลาด วิธีที่ 2 คือการนำกระแสที่ได้จากการบันทึกของรีเลย์กระแสเกิน (Over Current Relay) แล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้มาจำลองในโปรแกรมเพื่อหาตำแหน่ง

3.1.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า

ในระบบจำหน่าย 22 kV ของ กฟภ. จะไม่มีรีเลย์ระยะทาง (Distance Relay) ติดตั้งในระบบ แต่จะมีรีเลย์กระแสเกิน ติดตั้งในระบบสามารถบอกกระแสและระยะทางที่กระแสผิดพลาดได้เช่นกัน แต่จะบอกเหตุการณ์เพียง 5 เหตุการณ์ และจะบอกระยะทางเป็นโซนที่เกิดขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าชื่อ Dranetz รุ่น PX5 ติดตั้งที่ชุด CT วงจรที่ 3 ทำการบันทึกค่ากระแสให้ละเอียดมากขึ้น โดยบันทึกค่ากระแสและแรงดัน เพื่อใช้เป็นข้อมูล

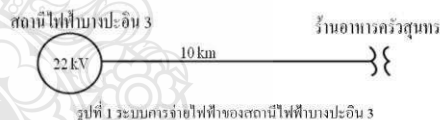
สำหรับเปรียบเทียบกับค่าจำลองโปรแกรมให้การหาระยะตำแหน่งที่กระแสผิดพลาดละเอียดมากขึ้น และใช้ค่าตำแหน่งกระแสผิดพลาดที่ได้จากพนักงานแก้ไขไฟฟ้าการจำลองโปรแกรมกระแสผิดพลาดที่ตำแหน่งนั้นเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาด

3.1.2 ค่ากระแสผิดพลาดจากรีเลย์กระแสเกิน

ในวิธีการนี้จะใช้ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากรีเลย์กระแสเกิน นำค่ากระแสผิดพลาดมาทำการจำลองโปรแกรม ในตำแหน่งที่วัดได้จากรีเลย์กระแสเกิน โดยจะบอกเป็น โซน แล้วทำการจำลองโปรแกรมค่ากระแสผิดพลาดในพื้นที่โซนที่บอกแล้วทำการเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดและตำแหน่งกระแสผิดพลาดที่ได้จากพนักงานแก้ไข

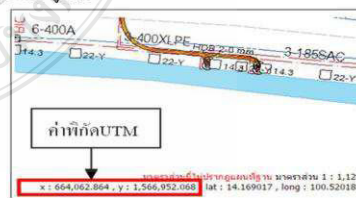
3.2 ระบบการจ่ายไฟ

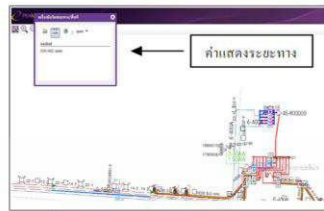
สำหรับการศึกษาค่าตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดจะใช้ข้อมูลระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 3 ทำการจำลองศึกษาค่ากระแสผิดพลาดของวงจรที่ 3 ด้วยโปรแกรม DigSILENT จำลองค่ากระแสผิดพลาดระยะทาง 100 เมตร ทำการจำลองค่ากระแสผิดพลาดแบบ 1 เฟส (Single line to Ground Fault) และ 3 เฟส (Three Phase Fault) ของหัวเสาไฟฟ้าแต่ละต้น โดยเริ่มต้นที่เสาไฟฟ้าต้นแรกของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงสถานีสุดท้ายของวงจร คือบริเวณร้านอาหารครัวสุนทร เป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยระหว่างวงจรมีโหลดรวม 20.1 MW และ 12.50 Mvar ซึ่งเป็นค่าจากข้อมูลในโปรแกรมที่ได้นำเข้าจากข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยคิดที่ 20 % ของโหลดรวมทั้งหมด



3.3 สร้างข้อมูลค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

เมื่อได้ข้อมูลระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ทำการสร้างค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ตลอดวงจรที่ 3 ทุก 100 เมตร ระยะทางของสายไฟตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าที่อยู่ด้านหน้าสถานีไฟฟ้าไปจนถึงเสาไฟฟ้าต้นสุดท้ายบริเวณร้านอาหารครัวสุนทร โดยใช้โปรแกรม GIS ของ กฟภ. ดังรูปที่ 2 และ รูปที่ 3





รูปที่ 3 ค่าระยะทางของสายไฟฟ้าจากโปรแกรม GIS

3.4 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DigSILENT

เมื่อได้ระยะทางของสายไฟตามตำแหน่งของสายไฟฟ้าที่ตั้งสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3 จนถึงเสาต้นสุดท้ายคือเสาต้นบริเวณหน้าร้านอาหารวัวสุนทร แล้วสร้างแบบจำลองการเกิดความคิดพร้อมแบบสายเฟสเดียวลงดิน และสามเฟสลงดินเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นความคิดพร้อมที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของแหล่งจ่ายที่สถานีไฟฟ้าแรงดัน 3 และสายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV ซึ่งอิงตามงานวิจัยของกองแผนงานระบบไฟฟ้า สังกัดการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [5-6] จำลองค่ากระแสตัดผิดพลาดโดยใช้โปรแกรม DigSILENT โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองมีดังต่อไปนี้

3.4.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า [5]

แบบจำลองต้องการค่าพารามิเตอร์คือแรงดัน 22 kV ความถี่ 50 Hz ค่า Positive Sequence Impedance และค่า Zero Sequence Impedance เพื่อเป็นข้อมูลให้แหล่งจ่าย ตามตารางที่ 1 ซึ่งได้มาจากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3 ตามคู่มือกระแสตัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2557

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3

สถานีไฟฟ้าแรงดัน 3							
BUS kV	R_1	X_1	R_0	X_0	R_0	X_0	หน่วย
22	0.0169	0.3632	0.0172	0.3654	0.0063	0.2957	Ω

ตารางที่ 2 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3

$Z_1=R_1+X_1$	$Z_1\angle\theta$	$Z_0=R_0+X_0$	$Z_0\angle\theta$
(Ω)	(Ω) Degree	(Ω)	(Ω) Degree
0.01695+j0.36328	0.36367 87.32	0.00638+j0.29576	0.29582 88.76

3.4.2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับระบบจำหน่าย 22 kV [6]

สำหรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ของสายเนื่องจากในการจำลองโปรแกรมการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม DigSILENT ซึ่งในตัวโปรแกรมเองสามารถนำเข้า (Import) ขนาดสายและอุปกรณ์ในระบบได้จากข้อมูลสายของ PEA Library และอุปกรณ์ในระบบได้จากโปรแกรม GIS ของ กฟภ. ซึ่งในการจำลองโปรแกรม ระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3 จะมีชนิดของสายป้อนอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สาย Cable ที่มีระยะสาย 200 เมตร แรกเริ่มต้นจากสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3 และอีก

9.8 กิโลเมตรที่เหลือเป็นสายป้อนชนิด Overhead Line ซึ่งรวมเป็นระยะทางทั้งหมด 10 กิโลเมตร โดยค่าพารามิเตอร์ของสายแสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3

ชนิดของสาย	สายป้อนระบบจำหน่าย 22 kV ของวงจรที่ 3					
	R_1	X_1	R_0	X_0	$Z_1\angle\theta$	
	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Degree
Cable	0.0002	0.004	0.0004	0.0066	0.00401	87.137
Overhead Line	0.00660	0.00935	0.01262	0.05818	0.01144	54.7965

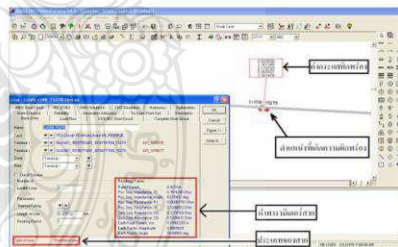
3.4.3 ค่าพารามิเตอร์สำหรับสร้างความคิดพร้อม

กำหนดข้อมูลสำหรับจำลองความคิดพร้อม โดยจำลองให้เกิดความคิดพร้อมชนิดสายไฟ A ลงดิน และ 3 เฟสลงดิน มีระยะเวลาที่เกิดความคิดพร้อม 5 วินาที ตามข้อมูลจากการ Reclosing ของรีเลย์กระแสดิน โดยกำหนดให้เริ่มเกิดความคิดพร้อม 2 วินาที

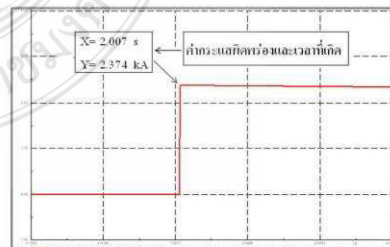
4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1. จำลองค่ากระแสตัดผิดพลาดโดยใช้โปรแกรม DigSILENT

จากค่าพารามิเตอร์ที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.2 นำมาสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DigSILENT ตามระบบการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าแรงดัน 3 ตามรูปที่ 4 จากนั้นทำการจำลองโปรแกรมเพื่อหาค่ากระแสตัดผิดพลาด โดยจำลองกระแสตัดพร้อมแบบ 3 เฟสลงดิน จำลองเป็นค่า RMS ตามตำแหน่งกระแสตัดพร้อมและชนิดกระแสตัดพร้อมที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของหมักงานแก่ไฟฟ้าขัดข้อง ทำการจำลองกระแสตัดพร้อมในโปรแกรมจะได้ค่ากระแสตัดพร้อมและสัญญาณแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 แบบจำลองของโปรแกรม DigSILENT



รูปที่ 5 ค่ากระแสตัดพร้อมในรูปแบบ RMS จากโปรแกรม DigSILENT

จากผลการทดสอบการจำลองในโปรแกรม DIgSILENT ได้ค่ากระแสผิดพลาดเฟส A เท่ากับ 2.374 kA นำมาเปรียบเทียบกับกระแสผิดพลาดที่บันทึกจากระบบสายเคเบิล มีค่ากระแสผิดพลาดเฟส A อันได้เท่าเดิม 2.353 kA โดยนำมาคำนวณหาความคลาดเคลื่อนได้จาก สมการ

$$\%Error = \frac{I_{จากรายงานโปรแกรม} - I_{จากระบบสายเคเบิล}}{I_{จากรายงานโปรแกรม}} \times 100 \quad (1)$$

$$= \frac{2.374 \text{ kA} - 2.353 \text{ kA}}{2.374 \text{ kA}} \times 100$$

$$\% Error = 0.88\%$$

จากการคำนวณได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จากนั้นทำการจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดตามความยาวของสายไฟทุก 100 เมตร โดยเริ่มต้นที่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงสถานีสุดท้ายที่ร้านอาหารศรีสุนทร เป็นระยะทางรวม 10 กิโลเมตร

4.2. สร้างตารางข้อมูลพิกัดกระแสผิดพลาดและสถานที่หลัก

เมื่อได้ค่าพิกัด ค่ากระแสผิดพลาด และสถานที่หลักบนตำแหน่งของเสาไฟฟ้าแล้ว นำมาทำเป็นข้อมูลสถานที่หลักและค่ากระแสผิดพลาดในรูปแบบข้อมูลตาราง Excel ตามตารางที่ 4 เพื่อให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องใช้เป็นข้อมูลในการค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาด

ตารางที่ 4 ข้อมูล พิกัดกระแสผิดพลาดในรูปแบบตาราง Excel

กระแส I _{fault} เฟส A (kA)	พิกัด X	พิกัด Y	ระยะทางจาก สถานี (km)	สถานที่หลัก
6.495004	663537.984	1566656.586	0.78	ร้านศรีวิไล
4.784707	662985.193	1567673.071	2.08	บ.ซึ้งการเกษตร
3.591609	662746.008	1569108.679	3.56	คลังปุ๋ยอยุธยา
2.997568	664720.995	1569818.511	6.50	วัดโบสถ์สามพรชัย
2.394295	665846.383	1569387.768	7.86	บ.บางปะอินชัย

จากตารางที่ 4 เมื่อพนักงานแก้ไขทราบค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า หรือที่รีเลย์กระแสเกิน จากนั้นพนักงานแก้ไขไฟจะดูตามตารางที่ 4 ในทราบค่าพิกัด X และ พิกัด Y เพื่อทำการระบุพิกัดลงในโปรแกรม GIS ของ กฟภ.ตามรูปที่ 6 จะสามารถทราบตำแหน่งที่กระแสผิดพลาด และจากโปรแกรม GIS สามารถดูพิกัดแผนที่ Google map ได้ในกรณีที่อยู่ห่างยังสามารถใส่พิกัดลงใน Google map เพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดพลาดได้เช่นกัน



รูปที่ 6 แสดงการใช้พิกัดในโปรแกรม GIS ของ กฟภ.



รูปที่ 7 แผนที่แสดงพิกัดจุดเกิดกระแสไฟฟ้าผิดพลาดจาก Google

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV พบว่าในการจำลองโปรแกรม DIgSILENT เพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดด้วยระบบจริงของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ได้ค่ากระแสใกล้เคียงกับค่ากระแสผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงที่อ่านได้จากรีเลย์กระแสเกิน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.88% จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองและวิธีที่นำเสนอ สามารถนำมาคำนวณหากระแสผิดพลาดในระยะต่างๆได้ และสามารถทำการบันทึกค่าพิกัดค่า X และ Y และจัดทำเป็นตารางข้อมูลเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดให้ทราบพิกัดแล้วทำการใส่ค่าพิกัด X และ พิกัด Y ลงในโปรแกรม GIS ของ กฟภ. จากนั้นจะทราบตำแหน่ง สถานที่หลัก และระยะห่างจากสถานีละเอียดยิ่งขึ้น ทำให้พนักงานแก้ไขที่ไม่ชำนาญทางเดินทางยังตำแหน่งที่เกิดกระแสผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

- [1] Shexing Shi; Xinzhou Dong; Shuangxi Zhou, "Analysis of Single-Phase-to-Ground Fault Generated Initial Traveling Waves," Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE PES, vol., no., pp.1-4, 2005
- [2] Yuan Liao, "Generalized Fault-Location Methods for Overhead Electric Distribution Systems," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol.26, no.1, pp. 53-64, Jan. 2011
- [3] โบนัส ทรงวิจิตร และจักรชัย สุขพิทักษ์สกุล "การระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าลำลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์" EECON 36, pp 129- 132, Dec 2556
- [4] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์.การป้องกันระบบไฟฟ้า(Power System Protection) กรุงเทพฯ สอัมเอนอี 2545
- [5] ฟ้าสว่างแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือกระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2557. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, มิถุนายน 2555
- [6] ฟ้าสว่างแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือค่าพารามิเตอร์สายระบบจำหน่ายแรงสูง 22/33 เควี , ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลต์ และ ระบบสายส่ง 115 เควี. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2548



การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ
รูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8

4-6 พฤศจิกายน 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

T R E C 8

บ้านสินทรัพย์
โครงการ 3
ตำบูกากทอง 4 (ตลาดอวดสวย)

รอส
G H BANK
สาขาอวดสวย

ptt
Group

IRPC
IRPC Public Company Limited



9. คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล

9.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิชาติ	สนธิสมบัติ	ประธานกรรมการ
9.2 นายพัฒนทรัพย์	สุนันทพงษ์	กรรมการ
9.3 นายวินัย	จันทร์เพ็ญ	กรรมการและเลขานุการ
9.4 นางสาวอัญชลี	สีมอ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

10. คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

10.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราชญ์	อัศวนรากุล	ประธานกรรมการ
10.2 นางสาวเมธีรัฐญา	เจตน์คุณาวินน์	กรรมการ
10.3 นางสาวกานต์ศรีฐา	โพธิ์ศรี	กรรมการ
10.4 นางสาวนงนุช	เทียมวรรณ	กรรมการ
10.5 นางรัศมีภัส	อัศวนรากุล	กรรมการ
10.6 นางสาวรัฐตาภัสร์	สิทธิอัมพลวุฒิ	กรรมการและเลขานุการ

11. คณะกรรมการพิจารณาบทความ

11.1 ศ.ดร.ทนงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
11.2 ศ.ดร.ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
11.3 ศ.ดร.สัมพันธ์	ฤทธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
11.4 รศ.ดร.สิงห์ทอง	พัฒนเศรษฐานนท์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
11.5 รศ.ดร.ฤกษ์ฉันทน์	ภูมิภคิตพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.6 ผศ.ดร.กษศร	หัตโรศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.7 ผศ.ดร.จักร	ศรีนทีฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.8 ผศ.ดร.เจนศักดิ์	เอกบูรณะวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.9 ผศ.ดร.นัฐพร	ไชยญาติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
11.10 ผศ.ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.11 ผศ.ดร.บุญฤทธิ	ประสาธแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.12 ผศ.ดร.พัฒนาพล	มีนา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
11.13 ผศ.ดร. ยุทธนา	ทองห้วม	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
11.14 ผศ.ดร.วิรัช	โรยรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.15 ผศ.ดร.วารุณี	อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.16 ผศ.ดร.สรพงษ์	ภาสุปรีดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.17 ผศ.ดร.โสรัตน์	มงคลมะไฟ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.18 ผศ.ดร.อำนวยการ	เรืองวาริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.19 ดร.ชาญวิทย์	บุญช่วย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.20 ดร.ธนิต	เรืองรุ่งชัยกุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
11.21 ดร.ประจวบ	อินระวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
11.22 ดร.ประสพโชค	ให้ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.23 ดร.พิสิษฐ	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
11.24 ดร.มนต์ชัย	พินิจจิตรสมุทร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
11.25 ดร.มนตรี	สมดุลงนก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.26 ดร.รัฐศักดิ์	พรหมมาศ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.27 ดร.รวิภา	ยงประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
11.28 ดร.วิเชียร	อุปก้าว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

11.29 ดร.วรจิตต์	เศรษฐพรรค	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
11.30 ดร.ศักดิ์ชาย	เพชรตรา	มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
11.31 ดร.ศุภกิจ	วรศิลป์ชัย	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
11.32 ดร.สันติ	ไทยอินวรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.33 ดร.สำเนียง	องสุพันธ์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.34 ดร.สุบิน	หิณจันทร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
11.35 ดร.สหัสยา	ทองสาร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
11.36 ดร.หทัยทิพย์	นิลสนธิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
11.37 ดร.อนันต์	พงศ์ธฤกุลพานิช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
11.38 ดร.อนุสรณ์	แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
11.39 ดร.อำพล	อากาศนगर	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน)
11.40 ผศ.บัญญัติ	นิยมवास	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
11.41 อาจารย์ยวีราคม	วงศ์ชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
11.42 อาจารย์อดิศร	ถมยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
11.43 อาจารย์พิเมิหงส์	เกศทิพัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

12. คณะกรรมการพิจารณานวัตกรรมด้านพลังงานสู่ชุมชน

12.1 คุณโกศล	แสงทอง	ประธานกลุ่มรวมใจตามรอยพ่อ จ.เพชรบุรี
12.2 คุณดรอุพร	กมลพัล	นักวิชาการอิสระ
12.3 คุณพุทธพร	ประวาลฤกษ์	นักวิชาการอิสระ
12.4 คุณพิสาร	หมื่นไกร	นักวิชาการอิสระ
12.5 คุณวิสูตร	ยิ่งพลขันธุ์	นักวิชาการอิสระ
12.6 คุณสุภรณ์	ฤทธิชัย	นักวิชาการอิสระ
12.7 นายวสัน	ดอนชัย	นายอ.อบต.ท่ามะนาว จ.ลพบุรี



สารบัญ

CP 001	การควบคุมความถี่-โหลดของระบบไฟฟ้าเชื่อมโยง 2 พื้นที่ด้วยตัวควบคุมแบบโอ นึ่งพอล หลอปละ, ธนพนธ์ อินทรหม, ปนายู เปล่งสิริวณิช และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	1-3
CP 002	การศึกษาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์และผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้า 22,000 โวลต์ ภูมรินทร์ ทวีศรี และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	4-7
CP 006	เครื่องสั้วขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน สุรินทร์ แหมงงาม , ศศิวรรณ อินทรวงค์, ชีววัฒน์ แม้นพวง, ธนาวุฒิ ชินบุตร , อนาวิน กรรณแก้ว และ ภูมิไฉ เหล่าผง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	8-11
CP 007	การทำนายประสิทธิภาพทางความร้อนของวัฏจักรแรงดันอินทรีย์แบบอุณหภูมิต่ำจากตัวแปรไร้มิติ FOM ธณิศวรรี ตีทายาท และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	12-16
CP 008	การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจากวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ขนาด 20 กิโลวัตต์ โดยพิจารณาในพื้นที่ภาคเหนือ อภิวัฒน์ ยิ้มประเสริฐ ¹ , นัฐพร ไชยญาติ ¹ และ จักรพันธ์ สวารงามยิ่งสกุล ³ ¹ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตตาก	17-20
CP 009	Reduction of Solar Cell Module Temperature by Phase Change Material for Electricity Generation Enhancement Vat Sun, Attakorn Asanakham and Tanongkiat Kiatsirirot Chiang Mai University	21-26
CP 011	โอกาสและอุปสรรคในการจัดตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน กฤตภาส มงคลธำรงกุล และ ประพิศาริ ธนารักษ์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์	27-29
CP 013	การประเมินค่าประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบต่อเข้าระบบกริด ภาณุพล ปันราริยนนท์, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล และ สุชาติ ศุภจาริวิมิช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	30-34
CP 014	การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ เอกภพ ดวงจันทร์ และ ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	35-38

การระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์
 Fault Locating in 22 kV System in form of Geographic Coordinate

เอกภพ ดวงจันทร์^{1,2} และฉัตรชัย ศุภทิพย์สกุล²

¹การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอบางปะอิน ต.คลองจิก อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา 13160 โทรศัพท์ 0-35-220-608

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422

E-mail: eakkapop_d@mail.rmUTT.ac.th, chatchaisa@en.rmUTT.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการศึกษาการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบแรงดันไฟฟ้า 22 kV กรณีศึกษาวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรม DigSILENT จำลองหาค่ากระแสผิดพลาดตามความยาวของสายไฟบนหัวเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงหัวเสาไฟฟ้าร้านอาหารศรีสุนทรแล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมาระบุพิกัดบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และนำเอาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้มานั้นประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อช่วยค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ : ตำแหน่งความผิดพลาด พิกัดภูมิศาสตร์ DigSILENT

Abstract

This paper presents a method for fault locating in 22 kV system of Bang Pa-in substation as a case study in form of geographic coordinates. DigSILENT program is used for determine simulation fault current follow the length of transmission line from the substation to Sathron restaurant. The distance of each pole is adding for calculating. Then the fault current from simulation is employed to locate coordinates on geographic map include the remarkable place nearby in form of Excel table. This information can be associated with Geographic Information System (GIS) program of PAE for helping the officer to the fault location faster.

Keywords: Fault locating, Geographic coordinate, DigSILENT

1. คำนำ

เนื่องจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหน่วยงานที่จำหน่ายกระแสไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 115 kV, 33 kV และ 22 kV ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรม และ ที่อยู่อาศัย โดยปัจจุบันความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้นการรักษาเสถียรภาพในการจ่ายไฟ และการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องให้รวดเร็วจึงมีความสำคัญมากต่อค่าดัชนีความน่าเชื่อถือในระบบไฟฟ้า หรือ ค่า SAIFI และ SAIDI ในงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า เรื่องการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าล้าลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์[3] นำเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 36

(EECON 36) ได้ระบุตำแหน่งแบบเป็นค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM (Universal Transverse Mercator) โดยเป็นพิกัดที่มีค่า X และค่า Y ใช้เป็นข้อมูลในโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดโดยใช้สถานที่หลักตามข้อมูลจากโปรแกรม GIS ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งผิดพลาด ตามพิกัดของสายไฟทุก 1 กิโลเมตร จากสถานีไฟฟ้าล้าลูกกาจนถึงบริษัททางออกกล้าสนั่น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะช่วยลดเวลาในการเริ่มค้นหาตำแหน่งผิดพลาดแต่ยังทำให้เสียเวลาในช่วงการค้นหาละเอียดเนื่องจากพิกัดที่ได้ยังมีขอบเขตที่กว้างอยู่ในระยะ 1 กิโลเมตร อีกทั้งยังทำให้ในระบบ 115 kV ซึ่งอัตราการเกิดความผิดพลาดน้อยกว่าในระบบ 22 kV

บทความนี้นำเสนอการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV กรณีศึกษา วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้มีความละเอียดมากขึ้น โดยการระบุตำแหน่งความผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าจากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงร้านอาหารศรีสุนทร โดยใช้โปรแกรม DigSILENT ในการจำลองสำหรับแสดงค่ากระแสผิดพลาดตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า นำค่าตำแหน่งเสาไฟฟ้าที่ได้มาทำแผนที่ผังทางภูมิศาสตร์ โดยทำเป็นข้อมูลตาราง Excel แสดงค่ากระแสผิดพลาดและตำแหน่งผิดพลาดในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ สำหรับให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งที่ผิดพลาด โดยใช้ค่ากระแสผิดพลาดที่วัดได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าติดตั้งที่วงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 แจ้งมาให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องทำการค้นหาตำแหน่งกระแสผิดพลาดและระยะทางพร้อมพิกัด X และ Y เพื่อค้นหาสถานที่หลัก ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาด ทำให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่เข้าใหม่หรือพนักงานที่ยังไม่ชำนาญเส้นทาง ได้ทำตำแหน่งกระแสผิดพลาดเร็วขึ้น และเข้าปฏิบัติงานได้รวดเร็วขึ้นจึงมีผลทำให้ค่าดัชนีความน่าเชื่อถือได้ หรือ ค่า SAIDI ลดลง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า

การวิเคราะห์ความผิดพลาด (Fault Analysis) ที่ใช้สำหรับการพิจารณาค้นหาตำแหน่งในระบบไฟฟ้าระดับแรงดัน 22 kV แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ความผิดพลาดแบบสมมาตร (Symmetrical Fault) หรือความผิดพลาด 3 เฟส (Three-Phase Fault) เกิดจากกระแสลัดวงจรทั้ง 3 เฟส เช่น มีกิ่งไม้หรือสัตว์พลาดที่สายแล้วสัมผัสกันทั้งสามเส้นทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น และความผิดพลาดแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical Fault) แบ่งเป็น ความผิดพลาดเฟสเดียวลงดิน (Line to Ground Fault) เช่นสายไฟ 1 เส้นขาดลงดินหรือกิ่งไม้พาดสายไฟ 1 เส้น ความผิดพลาด 2

เฟส (Line to Line Fault) เกิดจากสาย 1 เส้นขาดมาสัมผัสอีกเส้นหรือมีสัตว์มาสัมผัสสายไฟทั้ง 2 เส้น และความผิดพลาด 2 เฟสลงดิน (Double Line to Ground Fault) เกิดจากสายไฟขาดลงดินทั้งสองเส้น หรือมีกิ่งไม้และสัตว์มาสัมผัสกับสายทั้ง 2 เส้น

2.2 ระบบจำหน่าย 22 kV

ระบบจำหน่าย 22 kV เป็นระบบที่รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบส่งพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟบริเวณต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงาน อุตสาหกรรม อาคาร บ้านพัก ที่อยู่อาศัย โดยการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของระบบจำหน่าย 22 kV ที่ กฟภ. ใช้ส่วนมากจะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ระบบ 3 เฟส 3 สาย และ ระบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่งจะเรียกระบบจำหน่ายนี้ว่าระบบจำหน่ายแบบแรงดันปานกลาง และทำการจำหน่ายให้ผู้ใช้ไฟในระดับแรงดันต่ำ ที่ระดับแรงดัน 380 โวลต์ และระดับแรงดัน 220 โวลต์ตามลำดับ

3. หลักการศึกษาหาตำแหน่งกระแสผิดพลาด

3.1 แนวทางและวิธีการในการหาตำแหน่งกระแสผิดพลาด

แนวทางและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาการหาค่ากระแสและตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดของบทความได้นำเสนอ 2 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 คือการติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าแล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้มาจำลองในโปรแกรมเพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดพลาด วิธีที่ 2 คือการนำกระแสที่ได้จากการบันทึกของรีเลย์กระแสเกิน (Over Current Relay) แล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้มาจำลองในโปรแกรมเพื่อหาตำแหน่ง

3.1.1 การติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า

ในระบบจำหน่าย 22 kV ของ กฟภ. จะไม่มีรีเลย์ระยะทาง (Distance Relay) ติดตั้งในระบบ แต่จะมีรีเลย์กระแสเกิน ติดตั้งในระบบสามารถบอกกระแสและระยะทางที่กระแสผิดพลาดได้เช่นกัน แต่จะบอกเหตุการณ์เพียง 5 เหตุการณ์ และจะบอกระยะทางเป็นโซนที่เกิดขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การติดตั้งเครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้ายี่ห้อ Dranetz รุ่น PX5 ติดตั้งที่จุด CT ของวงจรที่ 3 ทำการบันทึกค่ากระแสให้ละเอียดมากขึ้นโดยบันทึกค่ากระแสและแรงดัน เพื่อใช้ให้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบกับค่าจำลองโปรแกรมให้การหาตำแหน่งที่กระแสผิดพลาดละเอียดมากขึ้น และใช้ค่าตำแหน่งกระแสผิดพลาดที่ได้จากพนักงานแก้ไขไฟทำการจำลองโปรแกรมกระแสผิดพลาดที่ตำแหน่งนั้นเพื่อเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาด

3.1.2 ค่ากระแสผิดพลาดจากรีเลย์กระแสเกิน

ในวิธีนี้จะใช้ค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากรีเลย์กระแสเกิน นำค่ากระแสผิดพลาดมาทำการจำลองโปรแกรม ในตำแหน่งที่เกิดจากรีเลย์กระแสเกินโดยจะบอกเป็นโซน แล้วทำการจำลองโปรแกรมค่ากระแสผิดพลาดในพื้นที่โซนที่บอกแล้วทำการเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดและตำแหน่งกระแสผิดพลาดที่ได้จากพนักงานแก้ไขไฟ

3.2 ระบบการจ่ายไฟ

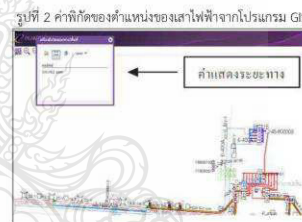
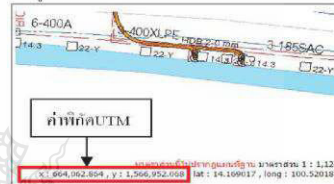
สำหรับการศึกษาหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาดจะใช้ข้อมูลระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้าไฟฟ้าบางปะอิน 3 วงจรที่ 3 ทำการจำลองศึกษาหาตำแหน่งกระแสผิดพลาดของวงจรที่ 3 ด้วยโปรแกรม DiGSILENT จำลองหาค่ากระแสผิดพลาดระยะทางทุก 100 เมตร ทำการจำลองค่ากระแสผิดพลาดแบบ 1 เฟส (Single line to Ground Fault) และ 3 เฟส (Three Phase Fault) ของหัวเสาไฟฟ้าแต่ละต้น โดยเริ่มต้น

ที่เสาไฟฟ้าต้นแรกของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงเสาต้นสุดท้ายของวงจร คือบริเวณร้านอาหารศรีสุนทร เป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร โดยระหว่างวงจรมีโหลดรวม 20.1 MW และ 12.50 Mvar ซึ่งเป็นค่าจากข้อมูลในโปรแกรมที่ได้นำเข้าจากข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยคิดที่ 20 % ของโหลดรวมทั้งหมด



3.3 สร้างข้อมูลค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์

เมื่อได้ข้อมูลระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ทำการสร้างค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ตลอดวงจรที่ 3 ทุก 100 เมตร ระยะทางของสายไฟตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าที่อยู่ด้านหน้าสถานีไฟฟ้าไปจนถึงเสาไฟฟ้าต้นสุดท้ายบริเวณร้านอาหารศรีสุนทร โดยใช้โปรแกรม GIS ของ กฟภ. ดังรูปที่ 2 และ รูปที่ 3



3.4 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DiGSILENT

เมื่อได้ระยะทางของสายไฟตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้าตั้งหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงเสาต้นสุดท้ายคือเสาต้นบริเวณหน้าร้านอาหารศรีสุนทร แล้วสร้างแบบจำลองการเกิดความผิดพลาดแบบสายเฟสเดียวลงดิน และสามเฟสลงดินเป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของแหล่งจ่ายที่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 และสายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV อ้างอิงตามงานวิจัยของกองแผนงานระบบไฟฟ้า สังกัดการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [5-6] จำลองหาค่ากระแสผิดพลาดโดยใช้โปรแกรม DiGSILENT โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองมีดังต่อไปนี้

3.4.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า [5]

แบบจำลองต้องการค่าพารามิเตอร์คือแรงดัน 22 kV ความถี่ 50 Hz ค่า Positive Sequence Impedance และค่า Zero Sequence Impedance เพื่อเป็นข้อมูลให้แหล่งจ่าย ตามตารางที่ 1 ซึ่งได้มาจากการ

คำนวณค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ตามคู่มือค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟผ. ปี 2557

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3							
BUS KV	R ₁	X ₁	R ₂	X ₂	R ₀	X ₀	หน่วย
22	0.0169	0.363	0.017	0.365	0.006	0.295	Ω

ตารางที่ 2 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

Z ₁ =R ₁ +jX ₁	Z ₂ ∠θ	Z ₀ =R ₀ +jX ₀	Z ₁ ∠θ
(Ω)	(Ω)	(Ω)	Degree
0.01695+j0.363	0.36367	0.00638+j0.29576	88.76

3.4.2 ค่าพารามิเตอร์สำหรับระบบจำหน่าย 22 kV[6]

สำหรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ของสายเนื่องจากในการจำลองโปรแกรมการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้โปรแกรม DigSILENT ซึ่งในตัวโปรแกรมเองสามารถนำเข้า (Import) ขนาดสาย และอุปกรณ์ในระบบ ได้จากข้อมูลสายของ PEA Library และอุปกรณ์ในระบบได้จากโปรแกรม GIS ของ กฟผ. ซึ่งในการจำลองโปรแกรม ระบบจำหน่าย 22 kV ของจริงที่ 3 จะมีชนิดของสายป้อนอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ สาย Cable ที่มีระยะสาย 200 เมตร แรกเริ่มต้นจากสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 และอีก 9.8 กิโลเมตรที่เหลือเป็นสายป้อนชนิด Overhead Line ซึ่งรวมเป็นระยะทางทั้งหมด 10 กิโลเมตร โดยค่าพารามิเตอร์ของสายแสดงดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จากการคำนวณของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3

ชนิดของสาย	R ₁	X ₁	R ₀	X ₀	Z ₁ ∠θ
	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Ω/km	Degree
Cable	0.0002	0.004	0.0004	0.0066	0.00401 87.137
Overhead Line	0.006	0.009	0.012	0.058	0.0114 54.796

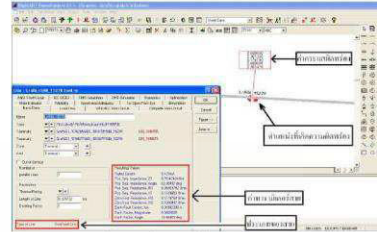
3.4.3 ค่าพารามิเตอร์สำหรับสร้างความผิดพลาด

กำหนดข้อมูลสำหรับจำลองความผิดพลาด โดยจำลองให้เกิดความผิดพลาดของชนิดสายเฟส A ลงดิน และ 3 เฟสลงดิน มีระยะเวลาที่เกิดความผิดพลาด 5 วินาที ตามข้อมูลจากการ Reclosing ของรีเลย์กระแสเกิน โดยกำหนดให้เริ่มเกิดความผิดพลาด 2 วินาที

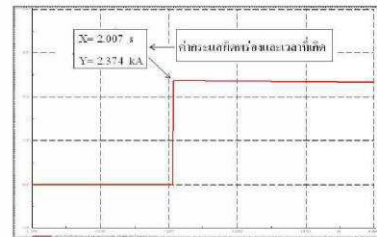
4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1. จำลองหาค่ากระแสลัดวงจรโดยโปรแกรม DigSILENT

จากค่าพารามิเตอร์ที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.2 นำมาสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DigSILENT ตามระบบการจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ตามรูปที่ 4 จากนั้นทำการจำลองโปรแกรมเพื่อหาค่ากระแสลัดวงจร โดยจำลองกระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสลงดิน จำลองเป็นค่า RMS ตามตำแหน่งกระแสลัดวงจรและชนิดกระแสลัดวงจรที่ได้จากการบันทึกข้อมูลของพนักงานแก้ไขไฟฟ้าขัดข้อง ทำการจำลองกระแสลัดวงจรในโปรแกรมจะได้ค่ากระแสลัดวงจรและสัญญาณแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 แบบจำลองของโปรแกรม DigSILENT



รูปที่ 5 ค่ากระแสลัดวงจรในรูปแบบ RMS จากโปรแกรม DigSILENT

จากผลการทดสอบการจำลองในโปรแกรม DigSILENT ได้ค่ากระแสลัดวงจรเฟส A เท่ากับ 2.374 kA นำมาเปรียบเทียบกับค่ากระแสลัดวงจรที่บันทึกจากระบบกระแสเกิน มีค่ากระแสลัดวงจรเฟส A อ่านได้เท่ากับ 2.353 kA โดยนำมาคำนวณหาความคลาดเคลื่อนได้จาก สมการ

$$\%Error = \frac{I_{จากการจำลองโปรแกรม} - I_{จากระบบกระแสเกิน}}{I_{จากระบบกระแสเกิน}} \times 100 \quad (1)$$

$$= \frac{2.374 \text{ kA} - 2.353 \text{ kA}}{2.374 \text{ kA}} \times 100$$

$$\%Error = 0.88\%$$

จากการคำนวณได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จากนั้นทำการจำลองหาค่ากระแสลัดวงจรตามความยาวของสายไฟทุก 100 เมตร โดยเริ่มต้นที่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงเสาต้นสุดท้ายที่ร้านอาหารศรีสุนทร เป็นระยะทางรวม 10 กิโลเมตร

4.2. สร้างตารางข้อมูลที่กักกระแสลัดวงจรและสถานที่หลัก

เมื่อได้ค่าที่กัก ค่ากระแสลัดวงจร และสถานที่หลักบนตำแหน่งของเสาไฟฟ้าแล้ว นำมาทำเป็นข้อมูลสถานที่หลักและค่ากระแสลัดวงจรในรูปแบบข้อมูลตาราง Excel ตามตารางที่ 4 เพื่อให้พนักงานแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องใช้เป็นข้อมูลในการค้นหาตำแหน่งที่เกิดความผิดพลาด

กระแสลัดวงจรเฟส A (kA)	พิกัด X	พิกัด Y	ระยะห่างจากสถานี (km)	สถานที่หลัก
6.495004	663557.984	1566656.586	0.78	ร้านครัวบ้าน
4.784707	662985.193	1567673.071	2.08	บ.ชัยงามเกษตร
3.591609	662746.008	1569108.679	3.56	คลังปุ๋ยอยุธยา
2.997568	664720.995	1569818.511	6.50	วัดโบสถ์สมพรชัย
2.394295	665846.383	1569387.768	7.86	บ.บางปะอินชัย

จากตารางที่ 4 เมื่อพนักงานแก้ไขทราบค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า หรือที่รีเลย์กระแสเกิน จากนั้นพนักงานแก้ไขจะดูตามตารางที่ 4 ในการหาค่าพิกัด X และ พิกัด Y เพื่อทำการระบุพิกัดลงในโปรแกรม GIS ของ กฟภ.ตามรูปที่ 6 จะสามารถทราบตำแหน่งที่กระแสผิดพลาด และจากโปรแกรม GIS สามารถดูพิกัดแผนที่ Google map ได้ ในกรณีที่อยู่พนักงานยังสามารถใส่พิกัดลงใน Google map เพื่อหาตำแหน่งกระแสผิดพลาดได้เช่นกัน



รูปที่ 6 แสดงการใส่ค่าพิกัดในโปรแกรม GIS ของ กฟภ.



รูปที่ 7 แผนที่แสดงพิกัดจุดเกิดกระแสไฟฟ้าผิดพลาดจาก Google

- [3] โบนัส ทรงวิจิตร และฉัตรชัย คุณพิทักษ์สกุล “การระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 115 kV ของสถานีไฟฟ้าล้าลูกกาในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์” EECON 36, pp 129- 132, Dec 2556
- [4] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์.การป้องกันระบบไฟฟ้า(Power System Protection) กรุงเทพฯ :เอ็มแอนอี 2545
- [5] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2557. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, มิถุนายน 2555
- [6] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนงานระบบไฟฟ้า. คู่มือค่าพารามิเตอร์สายระบบจำหน่ายแรงสูง 22/33 เควี. , ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลท์ และ ระบบสายส่ง 115 เควี. กรุงเทพฯ : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2548

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV พบว่าในการจำลองโปรแกรม DigSILENT เพื่อหาค่ากระแสผิดพลาดด้วยระบบจริงของวงจรที่ 3 สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ได้ค่ากระแสใกล้เคียงกับค่ากระแสผิดพลาดที่เกิดขึ้นจริงที่อ่านได้จากรีเลย์กระแสเกิน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน 0.88% จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองและวิธีที่นำเสนอ สามารถนำมาคำนวณหาค่ากระแสผิดพลาดในระบบต่างๆได้ และสามารถทำการบันทึกค่าพิกัด X และ Y และจัดทำเป็นตารางข้อมูลเปรียบเทียบค่ากระแสผิดพลาดให้ทราบพิกัดแล้วทำการใส่ค่าพิกัด X และ พิกัด Y ลงในโปรแกรม GIS ของ กฟภ. จากนั้นจะทราบตำแหน่ง สถานที่หลัก และระยะห่างจากสถานีละเอียดขึ้น ทำให้พนักงานแก้ไขที่ไม่ชำนาญทางเดินทางยังตำแหน่งที่เกิดกระแสผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

- [1] Shenxing Shi; Xinzhou Dong; Shuangxi Zhou, "Analysis of Single-Phase-to-Ground Fault Generated Initial Traveling Waves," "Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES, vol., no., pp.1-4, 2005
- [2] Yuan Liao, "Generalized Fault-Location Methods for Overhead Electric Distribution Systems," Power Delivery, IEEE Transactions on, vol.26, no.1, pp. 53-64, Jan. 2011

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายเอกภพ ดวงจันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	28 สิงหาคม 2529
ที่อยู่	3/63 ซอย 7 แยก 7 แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ปีการศึกษา 2550
ประวัติการทำงาน	วิศวกรการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอำเภอบางปะอิน ตั้งแต่ พ.ศ. 2554 ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	087 783 2480
อีเมล	amenjin2808@gmail.com

