

การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่าย  
ประสาทเทียม :กรณีศึกษาของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์

PLANNING OF LOAD TRANSFER ORDERING OF 22 KV  
DISTRIBUTION SYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORKS :CASE STUDY OF UTTARADIT SUBSTATION

ณัฐชาติ คำขันตี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ปีการศึกษาที่ 2560  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การวางแผนส่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่าย  
ประสาทเทียม : กรณีศึกษาของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์



ณัฐชาติ คำขันตี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษาที่ 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่าย  
ประสาทเทียม : กรณีศึกษาของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์

Planning of Load Transfer Ordering of 22 kV Distribution System Using  
Artificial Neural Networks : Case Study of Uttaradit Substation

ชื่อ - นามสกุล

นายณัฐชาติ คำขันตี

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า


อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล, Ph.D.


ปีการศึกษา

2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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


ประธานกรรมการ

  
.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สำเร็จ อินท่าไม้, วศ.ค.)

กรรมการ


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

กรรมการ

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

กรรมการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

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

วันที่ 22 เดือน มกราคม พ.ศ. 2561



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้ โครงข่ายประสาทเทียม : กรณีศึกษาของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์
ชื่อ-นามสกุล	นายณัฐชาติ คำขันดี
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ฉัตรชัย สุภพิทักษ์สกุล, Ph.D.
ปีการศึกษา	2560

### บทคัดย่อ

ในกรณีที่เกิดความผิดปกติในระบบจำหน่าย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ต้องทำการถ่ายเทโหลดหรือทำการสวิตชิงระบบเพื่อจำกัดพื้นที่ไฟฟ้าดับก่อนดำเนินการแก้ไข ซึ่งมีความจำเป็นต้องค้นหาตำแหน่งความผิดปกติก่อนเพื่อจะได้สั่งการสวิตชิงได้ถูกต้อง ในกระบวนการนี้ต้องใช้เวลาและมีผลต่อค่าดัชนีความเชื่อถือของ กฟภ. ในค่าเกณฑ์ชี้วัดเรื่องเวลา หรือค่า SAIDI นอกจากนี้ผู้สั่งการสวิตชิงระบบยังต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และความชำนาญ จึงทำให้การสั่งการเป็นไปอย่างรวดเร็วและปลอดภัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการวางแผนสั่งการสวิตชิงระบบจำหน่ายขนาดแรงดันไฟฟ้า 22kV ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมในการตัดสินใจเลือกขั้นตอนการสั่งการสวิตชิง โดยใช้ข้อมูลของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์เป็นกรณีศึกษา ค่ากระแสผิดปกติในระบบจำหน่ายทั้งหมดจำนวน 10 สายป้อนจะถูกนำมาจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT แล้วนำไปเป็นอินพุตสำหรับฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ร่วมกับข้อมูลลำดับที่ของสายป้อน และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในส่วนเอ้าท์พุท เป็นขั้นตอนการสั่งการสวิตชิงของแต่ละตำแหน่งผิดปกติซึ่งได้มาจากผู้ชำนาญการ

ผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถระบุตำแหน่งผิดปกติและให้ขั้นตอนการสั่งการสวิตชิงได้อย่างรวดเร็ว และไปในทิศทางเดียวกันกับการสั่งการของผู้ชำนาญการ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับที่เกิดขึ้นจริงของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์จำนวน 5 เหตุการณ์ นอกจากนี้วิธีที่นำเสนอให้ผู้ชำนาญการจำนวน 10 คน ทดลองใช้ และให้ความเห็น ผลที่ได้ตรงกับขั้นตอนของผู้ชำนาญการเลือกเมื่อเกิดการผิดปกติ ณ ตำแหน่งอื่นๆ สรุปได้ว่าวิธีที่นำเสนอสามารถช่วยในการวางแผนการสั่งการสวิตชิงระบบได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้อง

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทเทียม แผนสั่งการสวิตชิง DIGSILENT

Thesis Title	Planning of Load Transfer Ordering of 22 kV Distribution System Using Artificial Neural Networks: Case Study of Uttaradit Substation
Name – Surname	Mr. Nattachat Kamkantee
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Mr. Chatchai Suppitaksakul, Ph.D.
Academic Year	2017

## ABSTRACT

In the event of a fault in the distribution system, the Provincial Electricity Authority (PEA) must transfer the load or switching of the system in order to limit the power outage area before correcting the fault. It is necessary to find the fault location beforehand in order to command the switching system correctly. This process takes time and affects the PEA's reliability index that is concerned with the time value criteria or SAIDI. In addition, the commander who orders the system switching must be experienced and skilled so that the ordering can be done quickly and safely.

This thesis presented a method of planning the switching of 22kV distribution system with artificial neural networks (ANNs) in order to decide the switching procedure. The data of Uttaradit Power Station was used as a case study. Fault currents of 10 feeders are simulated by the DIgSILENT program together with the ordering number of the feeders and the overcurrent protection status that was used as the training set of ANNs inputs. The outputs or targets of the ANNs were the switching order procedure of each fault location which was obtained from experts.

From the experimental results that the fault simulation was performed and compared to the results of the 5 faults that happened in Uttaradit substation, it was found that the proposed technique could quickly provide an answer as to the switching procedure and tended to be the same direction as the skilled operator gave. In addition, the method was also proposed to 10 experts to try and give an opinion. The results matched those selected by experts when other faults occurred. It can be concluded that the proposed method can help command the switching system quickly and accurately.

Keywords: artificial neural network, switching diagram, DIgSILENT

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก ดร. นัทรชัย ศุภพิทักษ์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์ แห่งมงาม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐภัทร พันธุ์คง กรรมการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สำเริง อินท่าไม้ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บุคลากร แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่ให้คำชี้แนะและคำปรึกษาการจำลองค่ากระแสผิดพ่วง โดยใช้โปรแกรม DIGSILENT ขอขอบคุณพนักงานประจำสถานีไฟฟ้าจังหวัดอุดรดิตถ์สำหรับข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและโหลดของสถานีไฟฟ้า ขอขอบคุณหน่วยแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเหตุการณ์แก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เพื่อเป็นข้อมูลตรวจสอบงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้วิจัยทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์บทความและงานวิจัยที่ใช้อ้างอิงในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามีความพยายาม มุมานะในการทำวิทยานิพนธ์สมบูรณ์ด้วยดีตลอดมา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐชาติ คำขันดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญรูป.....	(9)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	12
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	13
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....	13
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	13
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	14
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษา.....	14
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.1 การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง.....	16
2.2 ความผิดพลาดในระบบไฟฟ้า.....	22
2.3 หลักปฏิบัติเกี่ยวกับการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง.....	31
2.4 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks).....	33
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
2.6 สรุป.....	49
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	50
3.1 วิธีการออกแบบผังสั่งการสวิตชิงระบบจำหน่าย.....	50
3.2 การจำลองค่ากระแสผิดพลาด.....	52
3.3 การเลือกตัวแปรในการฝึกสอนและทดสอบ.....	60
3.4 การพิจารณาและกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	62



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 ปริมาณของข้อมูลฝึกสอนและทดสอบ .....	63
3.6 เงื่อนไขการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม .....	63
3.7 ขั้นตอนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม .....	63
3.8 ขั้นตอนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) .....	64
3.9 ขั้นตอนการวางแผนสั่งการสวิตชิงโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม .....	65
3.10 การประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ .....	66
3.11 สรุป .....	66
บทที่ 4 ผลการทดลอง .....	68
4.1 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม .....	68
4.2 การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม .....	69
4.3 การทดสอบผลโครงข่ายประสาทเทียมเทียบการออกแบบโดยบุคคล .....	72
4.4 การประเมินโดยผู้ชำนาญการวางแผนสั่งการสวิตชิง .....	82
4.5 สรุปผล .....	85
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....	87
5.1 สรุปงานวิจัย .....	87
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	88
บรรณานุกรม .....	89
ภาคผนวก .....	90
ภาคผนวก ก ข้อมูลค่าพารามิเตอร์และค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ .....	91
ภาคผนวก ข ข้อมูลผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จังหวัดอุดรดิตถ์ .....	104
ภาคผนวก ค ผลประเมินประสิทธิภาพ การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบ จำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม .....	110
ภาคผนวก ง งานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ .....	121
ประวัติผู้เขียน .....	130

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผลจำลองกระแสผิวดร็อก โปรแกรม DIGSILENT เทียบกับปริเลย์สถานี .....	59
ตารางที่ 3.2 กำหนดค่าตัวแปรอินพุท .....	60
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลอินพุทที่ได้จากการกำหนดค่าตัวแปรอินพุท .....	60
ตารางที่ 3.4 กำหนดค่าตัวแปรเอาต์พุทที่ได้จากข้อมูลระบบจำหน่าย .....	61
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบกับโครงข่ายประสาทเทียม .....	70
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ไม่ตรงกับค่าเป้าหมายทดสอบกับโครงข่ายประสาทเทียม .....	71
ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพ .....	83



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การป้องกันระบบแบบเรเดียลหลักและระบบสำรอง เมื่อเกิดฟอลต์.....	19
รูปที่ 2.2 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าฟิวส์-ฟิวส์.....	20
รูปที่ 2.3 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์-ฟิวส์ .....	21
รูปที่ 2.4 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้ารี โคลสเซอร์-ฟิวส์.....	21
รูปที่ 2.5 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์-รี โคลสเซอร์-ฟิวส์ .....	22
รูปที่ 2.6 ฟอลต์สายไลน์ลงดินโดยตรง.....	23
รูปที่ 2.7 ฟอลต์สายไลน์ลงดินผ่านสายนิวทรัล .....	23
รูปที่ 2.8 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ 2 เส้นในระบบต่อแบบเดลต้า (Delta).....	24
รูปที่ 2.9 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ในระบบ 3 เฟส 4 สาย หรือระบบ Multi Ground System ....	24
รูปที่ 2.10 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ 2 เส้นลงดิน.....	25
รูปที่ 2.11 ฟอลต์สามเฟสลงดินในระบบ Wye .....	25
รูปที่ 2.12 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส.....	27
รูปที่ 2.13 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของโอเปอร์เรเตอร์ค่าคงที่.....	28
รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมของระบบเมื่อเกิดสามเฟสฟอลต์สมมาตร .....	29
รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมของระบบเมื่อเกิดสายไลน์เส้นเดียวลงดิน .....	31
รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย กฟภ .....	33
รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแบบฟอร์มขอตัดไฟ (Switching Order) กรณีปกติ.....	33
รูปที่ 2.18 โครงสร้างเซลล์ประสาททางชีววิทยา.....	35
รูปที่ 2.19 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม .....	36
รูปที่ 2.20 แบบจำลองนิวรอน 1 อินพุต.....	37
รูปที่ 2.21 แบบจำลองของนิวรอนหลายอินพุต .....	38
รูปที่ 2.22 Log-Sigmoid Transfer Function .....	39
รูปที่ 2.23 Tan-Sigmoid Transfer Function .....	40
รูปที่ 2.24 Linear Transfer Function.....	40
รูปที่ 2.25 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว .....	41
รูปที่ 2.26 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น .....	43

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.27 แสดงการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) .....	44
รูปที่ 2.28 แสดงการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) .....	45
รูปที่ 2.29 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ 2 ชั้นซ่อน .....	46
รูปที่ 3.1 แผนผังดับไฟปฏิบัติงาน กรณีปกติ .....	51
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสวิตชิง ดับไฟ กรณีปกติ .....	51
รูปที่ 3.3 โปรแกรมระบบภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค .....	53
รูปที่ 3.4 การนำข้อมูลออกจากฐานข้อมูล GIS การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค .....	54
รูปที่ 3.5 รายละเอียดการทำงานของการทำงานของการนำข้อมูลออกจากฐานข้อมูล GIS .....	54
รูปที่ 3.6 วงจรระบบจำหน่ายจากฐานข้อมูล GIS.....	55
รูปที่ 3.7 โปรแกรม DIgSILENT .....	56
รูปที่ 3.8 วงจรระบบจำหน่ายที่นำออกมาจากระบบฐานข้อมูล GIS .....	56
รูปที่ 3.9 ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ระบบจำหน่ายจากฐานข้อมูล GIS.....	57
รูปที่ 3.10 แหล่งจ่ายวงจรระบบจำหน่าย โปรแกรม DIgSILENT .....	57
รูปที่ 3.11 ลักษณะการจำลองค่ากระแสผัดพร้อม โปรแกรม DIgSILENT.....	58
รูปที่ 3.12 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ .....	62
รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม .....	65
รูปที่ 4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับในโปรแกรม MATLAB.....	67
รูปที่ 4.2 สมรรถนะการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมในโปรแกรม MATLAB.....	68
รูปที่ 4.3 ทดสอบชุดข้อมูลระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ไม่ตรงค่าเป้าหมาย .....	70
รูปที่ 4.4 ทดสอบชุดข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ไม่ตรง ค่าเป้าหมาย .....	71
รูปที่ 4.5 ผังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 1 ในระบบจำหน่าย .....	72
รูปที่ 4.6 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 1 ในระบบ จำหน่าย.....	73
รูปที่ 4.7 ผังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 2 ในระบบจำหน่าย .....	74

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 2 ในระบบ จำหน่าย.....	75
รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 3 ในระบบจำหน่าย.....	76
รูปที่ 4.10 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 3 ในระบบ จำหน่าย.....	77
รูปที่ 4.11 ฟังก์ชันจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 4 ในระบบจำหน่าย.....	78
รูปที่ 4.12 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 4 ในระบบ จำหน่าย.....	79
รูปที่ 4.13 ฟังก์ชันจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 5 ในระบบจำหน่าย.....	80
รูปที่ 4.14 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 5 ในระบบ จำหน่าย.....	81
รูปที่ 4.15 หน้าต่าง Graphical User Interface.....	82
รูปที่ 4.16 การทดสอบการป้อนข้อมูลอินพุตเข้า Graphical User Interface.....	83
รูปที่ 4.17 คำตอบแผนสั่งการสวิตชิงของโปรแกรม Graphical User Interface.....	83
รูปที่ 4.18 คำตอบ โปรแกรม Graphical User Interface เมื่อป้อนข้อมูลเกินขอบเขต.....	84

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบจำหน่ายไฟฟ้า ระดับแรงดัน 22kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีการขยายวงจรถ่ายจ่ายไฟฟ้ารวมถึงติดตั้งอุปกรณ์ตัดตอนในระบบเพิ่มมากขึ้น ขั้นตอนการบริหารจัดการเพื่อแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จึงซับซ้อนขึ้น และเมื่อเกิดความผิดปกติในระบบจำหน่าย จนไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าได้ ทางสถานีไฟฟ้าก็จะแจ้งเหตุการณ์มาที่หน่วยแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยข้อมูลที่รับแจ้งจะเป็นเพียงค่า พิกัดกระแสผิดปกติ และระบบจำหน่ายสายป้อนใด (Feeder) ที่เกิดเหตุการณ์เท่านั้น ไม่สามารถที่จะระบุพื้นที่ไฟฟ้าขัดข้องได้ชัดเจน ทำให้การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลด และจำกัดบริเวณที่ไฟดับ (Switching) นั้นจำเป็นจะต้องให้รถแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ค้นหาตำแหน่งที่แน่นอนเสียก่อน จึงจะสั่งการให้ทำสวิตชิง ได้ โดยผู้สั่งการนั้นจำเป็นจะต้องมีประสบการณ์ทักษะความชำนาญ เพื่อความปลอดภัยและป้องกันผลกระทบต่อเสถียรภาพการจ่ายไฟฟ้า ซึ่งทำให้สูญเสียเวลาเป็นอย่างมาก จากการสืบค้นงานวิจัยในประเทศไทยพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับการหาตำแหน่งผิดปกติในระบบจำหน่ายนั้นมีหลายงานวิจัยมาก แต่ยังไม่พบงานวิจัยในเรื่องการวางแผนสั่งการสวิตชิง ในระบบจำหน่ายเมื่อเกิดความผิดปกติ ที่สืบค้นพบเป็นงานวิจัยของคุณ เอกภพ ดวงจันทร์ [1] โดยการจำลองค่ากระแสผิดปกติ ตามตำแหน่งของเสาไฟฟ้า ตั้งแต่สถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 จนถึงร้านอาหารสุนทร โดยโปรแกรม DIGSILENT แล้วนำค่ามาทำเป็นข้อมูลตาราง Excel แสดงค่ากระแสผิดปกติและตำแหน่งผิดปกติในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีแนวคิด นำวิธีการทำข้อมูลตำแหน่งผิดปกติในระบบจำหน่าย มาใช้ในการวางแผนสั่งการสวิตชิง ที่จำเป็นจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการสั่งการ โดยการนำโครงข่ายประสาทเทียม มาประยุกต์ใช้เพื่อลดขั้นตอนในการออกแบบผังสั่งการสวิตชิง เช่นงานวิจัยของคุณบัณฑิต ฤทธิ์ทอง [2] ที่นำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด ที่สามารถให้ค่าเอาท์พุท คือ ขนาดเครื่องวัด ขนาดเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ ขนาดท่อ แรงดันตก ซึ่งสัมพันธ์กับ พื้นที่ห้อง ประเภทอาคารชุด ระบบทำความเย็น ระบบไฟฟ้า โดยโครงข่ายประสาทเทียมนั้น มีคุณสมบัติในการแยกแยะข้อมูลจำนวนมากๆ จากการเรียนรู้และจดจำข้อมูลที่ได้ฝึกสอนไปแล้ว อีกทั้งวิธีการคำนวณยังเป็นแบบขนาน คือการคำนวณข้อมูลที่ป้อนทั้งหมดพร้อมกัน ทำให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว และที่สำคัญคือ สามารถเรียนรู้เพิ่มเติม กรณีมีข้อมูลใหม่เข้ามาได้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ซึ่งมีคุณสมบัติในการแยกแยะข้อมูลจำนวนมาก โดยใช้การเรียนรู้และจดจำ รวมถึงวิธีการคำนวณเป็นแบบขนาน ที่ทำการคำนวณข้อมูลที่ป้อนทั้งหมดพร้อมกัน ทำให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว โดยตัวแปรอินพุตที่นำมาใช้สำหรับการวางแผนสั่งการสวิตซ์มี 3 ตัวแปรดังนี้ ช่วงพิกัดกระแสผิดพลาด ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย ส่วนตัวแปรเอาต์พุตที่ได้จากการออกแบบไว้โดยผู้ชำนาญ คือ ขั้นตอนการสั่งการสวิตซ์ เพื่อจำกัดพื้นที่ที่ไฟดับ ก่อนปฏิบัติงาน และนำตัวแปรทั้งหมดไปฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ช่วยในการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว และปลอดภัยตามหลักการทำงานของระบบจำหน่าย เพื่อให้ผู้ใช้งานนำไปพิจารณา สั่งการได้ แม้ผู้ใช้งานจะยังไม่มีความชำนาญ

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ตั้งสมมติฐานของการศึกษา โดยพิจารณาจากการที่โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีคุณสมบัติในการแยกแยะข้อมูลจำนวนมาก รวมถึงความสามารถในการหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการสอนมาแล้ว การนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการหาคำตอบเพื่อช่วยในการตัดสินใจ คือ ช่วงพิกัดกระแสผิดพลาด ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย โดยให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้จากตัวอย่าง (Supervised Learning) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีการกำหนดคู่ของการฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมระหว่างข้อมูลอินพุตกับข้อมูลเอาต์พุต หรือที่เรียกว่า “เทรนนิ่งแพร์ (Training Pair)” เป้าหมายคือพิจารณาเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมใกล้เคียงกับค่าเอาต์พุตที่ถูกต้องหรือไม่

## 1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ศึกษาการค้นหากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่าย โดยการกำหนดขอบเขตการจำลองค้นหาความผิดพลาด ในระบบจำหน่ายสายป้อนหลัก (Main Feeder) ทั้ง 10 สายป้อนของจังหวัดอุดรธานีจากโปรแกรม DIGSILENT เปรียบเทียบกับค่ากระแสผิดพลาดจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

1.4.2 นำค่ากระแสผิดพลาดจัดเป็นข้อมูลอินพุตและจัดข้อมูลเอาต์พุต คือ วิธีการวางแผนสั่งการสวิตซ์ที่ออกแบบโดยผู้ชำนาญการ ฝึกสอนและทดสอบให้กับโครงข่ายประสาทเทียม

1.4.3 แสดงผลคำตอบที่ได้มาจากการฝึกสอนข้อมูล โดยโครงข่ายประสาทเทียม ประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้องของการวางแผนสั่งการสวิตชิง โดยนำไปให้ผู้สั่งการได้ทดลองใช้ เทียบความรวดเร็วกับขั้นตอนการสั่งการปัจจุบัน

## 1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.5.1 ศึกษาการค้นหาค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่าย โดยการกำหนดขอบเขตการจำลองค้นหาความผิดพลาดในระบบจำหน่ายสายป้อนหลัก(Main Feeder)ทั้ง 10 สายป้อน ของจังหวัดอุดรดิตถ์ จากโปรแกรม DIGSILENT

1.5.2 ศึกษาเทคนิคขั้นตอนในการวางแผนสั่งการสวิตชิง กรณีเกิดความผิดพลาดกับระบบจำหน่าย จากผู้ชำนาญการ ว่ามีขั้นตอนการสั่งการอย่างไร ให้ถูกต้องและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

1.5.3 ศึกษาทฤษฎี คุณสมบัติ ของโครงข่ายประสาทเทียม

1.5.4 กำหนดตัวแปรอินพุตสำหรับการวางแผนสั่งการสวิตชิงและตัวแปรเอาต์พุตที่ได้จากการออกแบบโดยผู้มีความชำนาญ

1.5.5 ศึกษาการใช้ Neural Networks Toolbox ของโปรแกรม MATLAB

1.5.6 นำข้อมูลที่ได้จากการกำหนดตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต ไปฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม พร้อมทั้งทดสอบ

1.5.7 แสดงผลคำตอบที่ได้มาจากการฝึกสอนข้อมูล ให้โครงข่ายประสาทเทียม ประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของการวางแผนสั่งการสวิตชิง โดยนำไปให้ผู้สั่งการทดลองใช้ เทียบความรวดเร็วกับการขั้นตอนการสั่งการปัจจุบัน

1.5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เพื่อเสนอแนวทางการศึกษาพัฒนาต่อไป

## 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลด จำกัดพื้นที่ไฟดับ (Switching) กรณีเกิดความผิดพลาดในระบบจำหน่าย ที่มีลักษณะต้องการความถูกต้อง ปลอดภัยและรวดเร็ว เพื่อลดผลกระทบต่อค่าดัชนีความเชื่อถือของ กฟภ. ในค่าเกณฑ์ชี้วัดเรื่องเวลา หรือค่า SAIDI โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการวางแผนสั่งการสวิตชิง เบื้องต้น โดยการใช้ตัวแปรที่ต้องการออกแบบเป็นตัวแปรอินพุตป้อนเข้า ซึ่งได้แก่ ช่วงพิกัดกระแสผิดพลาด ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับ



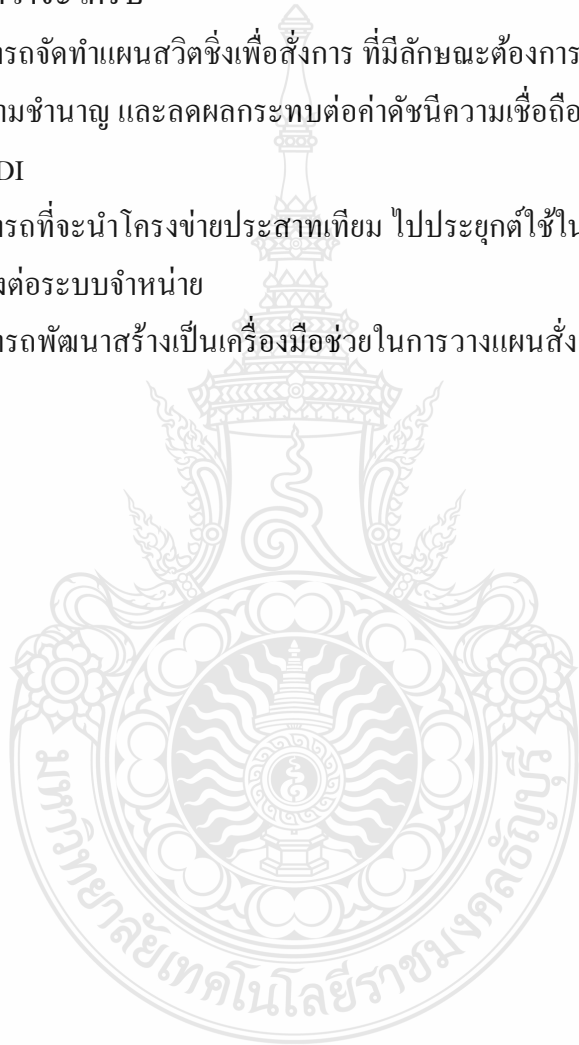
ที่ (Feeder) และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย ส่วนคำตอบที่ต้องการหรือเอาที่พูด ได้แก่ ขั้นตอนการสั่งการสวิตช์ เพื่อจำกัดพื้นที่ที่ไฟดับ ก่อนปฏิบัติงาน โดยวิทยานิพนธ์จะมุ่งเน้นในการแสดงประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทดัดเทียมที่สามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว แม้ผู้ใช้ไม่มีความชำนาญในการสั่งการ

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 สามารถจัดทำแผนสวิตช์เพื่อสั่งการ ที่มีลักษณะต้องการความถูกต้อง ปลอดภัยและรวดเร็ว ได้แม้ไม่มีความชำนาญ และลดผลกระทบต่อค่าดัชนีความเชื่อถือของ กฟภ. ในค่าเกณฑ์ชี้วัดเรื่องเวลา หรือค่า SAIDI

1.7.2 สามารถที่จะนำโครงข่ายประสาทดัดเทียม ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนสั่งการสวิตช์ซึ่งกรณีเกิดความผิดปกติต่อระบบจำหน่าย

1.7.3 สามารถพัฒนาสร้างเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนสั่งการสวิตช์ ให้ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งนำมาประยุกต์ใช้พร้อมทั้งอ้างอิงข้อมูลในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รายละเอียดตามหัวข้อดังต่อไปนี้ คือ การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง ความผิดปกติในระบบจำหน่ายไฟฟ้า หลักปฏิบัติเกี่ยวกับการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง การวางแผนสั่งการสวิตชิง (Switching) โครงข่ายประสาทดัดเทียม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง [5]

ในปัจจุบันนี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่องานภาคธุรกิจต่างๆ อย่างแพร่หลาย จึงบอกได้ว่า พลังงานไฟฟ้าได้กลายเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ ทำให้ระบบโครงข่ายไฟฟ้า มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นจะต้องมีการออกแบบระบบป้องกันไฟฟ้าที่ดี เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจำหน่าย และลดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้น รวมถึงช่วยเพิ่มเสถียรภาพความเชื่อถือได้ ในการจ่ายกระแสสำหรับลูกค้าที่อยู่ห่างไกลจากสถานีไฟฟ้า ผลที่ตามมาคือ การออกแบบระบบควบคุมและป้องกันจะมีความซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

จุดประสงค์หลักของการป้องกันวงจรระบบจำหน่ายไฟฟ้า คือ ระบบป้องกันจะต้องสามารถเคลียร์ฟอลต์ให้เร็วที่สุด เพื่อให้เกิดปัญหาไฟฟ้ายับน้อยที่สุด หรือเกิดไฟดับเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น [6]

ในบทนี้จะกล่าวถึงการป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง บางประการที่สำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

##### 2.1.1 คุณสมบัติที่สำคัญของระบบป้องกันไฟฟ้า [5]

จะสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ความเชื่อถือได้ (Reliability) หมายถึง เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในเขตป้องกัน ระบบป้องกันสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ความเชื่อถือได้จะขึ้นอยู่กับ การติดตั้ง การบำรุงรักษา หลักการออกแบบและวิธีปฏิบัติ

2.1.1.2 ความสามารถแยกแยะ (Selectivity) หมายถึง การทำงานได้อย่างถูกต้องในการตัดสินใจแยกแยะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้น โดยเลือกปลดวงจรเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นเท่านั้น

2.1.1.3 ความเร็ว (Speed) หมายถึง สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว เช่น เมื่อเกิดฟอลต์สามารถตัดตอนระบบได้รวดเร็ว เพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้า หรือผู้ใช้ไฟ และช่วยให้ระบบมีเสถียรภาพที่ดี

2.1.1.4 ความง่าย (Simplicity) หมายถึง ระบบป้องกันออกแบบให้ดูง่าย สะดวกต่อการบำรุงรักษา และง่ายต่อการตรวจสอบความถูกต้องของวงจร ซึ่งจะช่วยให้การทำงานเกิดการผิดพลาด

2.1.1.5 ความประหยัด (Economics) หมายถึง การออกแบบทางด้านวิศวกรรมทุกประเภทจะต้องคำนึงถึงราคาต้นทุน โดยใช้ราคาลงทุนน้อยที่สุด ไม่ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงเกินไป ดังนั้นจึงควรออกแบบให้สามารถป้องกันระบบไฟฟ้าได้ดีที่สุด ประหยัดที่สุด

2.1.1.6 ความไว (Sensitivity) หมายถึง ระบบป้องกันที่สามารถทำให้รีเลย์มีความไวเพียงพอเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ สามารถทำงานได้อย่างแน่นอนจนถึงเวลาจำเป็นต้องทำงานและรีเลย์ทำงานที่กระแสมีค่าต่ำสุด

## 2.1.2 ส่วนประกอบของระบบป้องกันไฟฟ้า

ระบบป้องกันในระบบไฟฟ้ากำลังจะมีส่วนประกอบที่มีความแตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ตำแหน่งที่ตั้งติดตั้ง บริบทที่ที่ต้องการป้องกัน และความผิดปกติที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบนั้น

2.1.2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) คือ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เปิด-ปิดวงจรที่ทำงานด้วยความเร็วสูงโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสเกินกว่าค่าพิกัดโดยตัวมันเองไม่เกิดความเสียหาย

2.1.2.2 หม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน (Current Transformer : CT and Voltage Transformer : VT) คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่แปลงถ่ายเทกระแสและแรงดันสูงเข้าสู่ระบบและอุปกรณ์เครื่องมือวัด ได้แก่ แอมป์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์และวัตต์มิเตอร์ ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้าจะต่อร่วมกับสายส่งหรืออุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า เพื่อสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

2.1.2.3 รีเลย์ป้องกัน (Protective Relays) คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจวัดหรือตรวจจับภาวะผิดปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบและควบคุมกลไกการตัดวงจร เพื่อให้ตัดวงจรแยกส่วนที่มีการลัดวงจรออกจากระบบ

### 2.1.3 หลักการทำงานของระบบป้องกันไฟฟ้า [5]

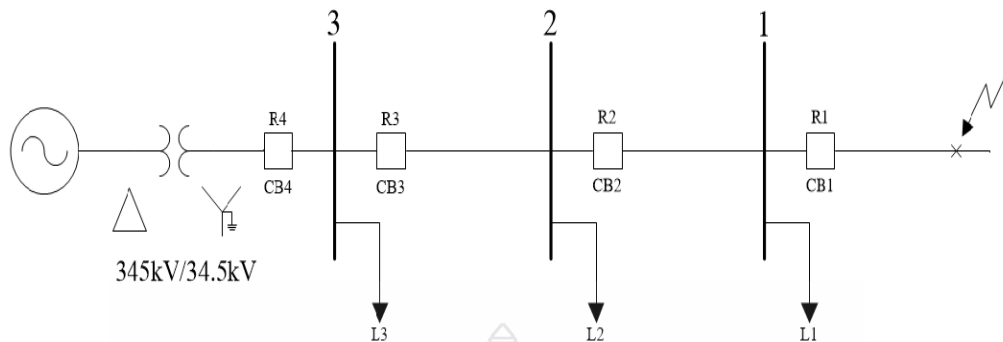
การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ โดยสามารถจำแนกเป็นเขตหรือโซนป้องกัน (Zone of Protection) และจำแนกส่วนต่างๆ ตามอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้ากำลัง แต่ละส่วนของการทำงาน ได้ 2 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1 การป้องกันหลักหรือการป้องกันปฐมภูมิ (Primary Protection) หมายถึง การป้องกันขั้นแรกของการทำงานก่อนเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ เช่น รีเลย์ที่อยู่ในเขตป้องกันจะทำงานตามปกติเมื่อเกิดฟอลต์ และส่งสัญญาณไปยัง เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ให้ตัดวงจรแยกส่วนที่เกิดฟอลต์ขึ้นออกจากระบบทันที

2.1.3.2 การป้องกันสำรอง (Back-Up Protection) หมายถึง การป้องกันขั้นที่สองเป็นการทำงานสำรองเพื่อไว้ ในกรณีการป้องกันหลักหรือการป้องกันปฐมภูมิ ไม่สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข จากสาเหตุความผิดพลาดประการใดประการหนึ่ง และไม่สามารถกำจัดฟอลต์ออกจากระบบได้ ในการป้องกันสำรองนี้จะทำหน้าที่แทนเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้น การป้องกันสำรองสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) การป้องกันสำรองระยะใกล้ (Local Back-Up) หมายถึง เมื่อเซอร์คิตเบรกเกอร์ที่ทำการตัดวงจรไม่สามารถทำงานได้ ระบบป้องกันสำรองจะส่งสัญญาณให้เซอร์คิตเบรกเกอร์ตัวอื่นในสถานีไฟฟ้าย่อย (substation) เดียวกัน หรือตัวที่อยู่ใกล้ที่สุดทำงานแทน

2) การป้องกันสำรองระยะไกล (Remote Back-Up) หมายถึง การทำงานของระบบป้องกันที่ติดตั้งในตำแหน่งถัดไปให้ทำงานแทนระบบป้องกันหลักที่ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งเป็นการป้องกันสำรองระยะไกลของสถานีไฟฟ้าต่างสถานีกัน



รูปที่ 2.1 การป้องกันระบบแบบเบเรเดียมหลักและระบบสำรอง เมื่อเกิดฟอลต์ [5]

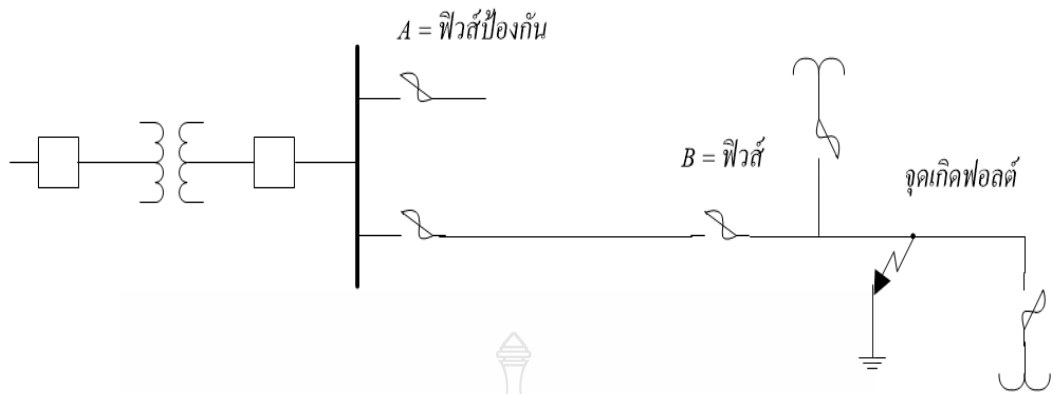
จากรูปที่ 2.1 เป็นระบบป้องกันสำรองด้วยรีเลย์กระแสเกิน ในแต่ละสถานีไฟฟ้าย่อยจะมีรีเลย์กระแสเกิน คือ R1, R2 และ R3 เมื่อเกิดฟอลต์ที่บัส 1 ใกล้กับรีเลย์ R1 จะสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ CB1 ตัดวงจรออกจากระบบก่อน ที่รีเลย์ R2 จะทำงาน

กรณีนี้ถ้าระบบป้องกันที่รีเลย์ R1 เกิดไม่สามารถทำงานได้จากสาเหตุประการใดประการหนึ่ง รีเลย์ R2 จะต้องสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ CB2 ตัดวงจรแทน ข้อดีของการป้องกันสำรองระยะไกลนี้ คือมีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่าและราคาถูกกว่า สำหรับข้อเสียคือทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดตอนช้ากว่ากำหนดและมีความไวของรีเลย์น้อยเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้น ส่งผลต่อความยากลำบากในการตั้งค่ารีเลย์

#### 2.1.4 ระบบป้องกันกระแสเกินพิกัดในระบบจำหน่ายแรงสูงของ กฟภ. [5]

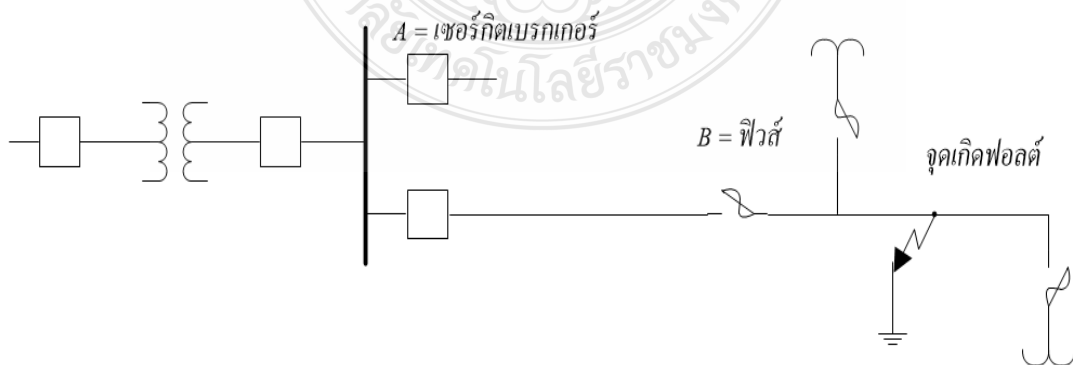
สามารถที่จะแบ่งระบบป้องกันได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบจำหน่ายแรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ 4 ระบบดังนี้

2.1.4.1 ระบบป้องกันโดยฟิวส์ – ฟิวส์ ลักษณะของระบบนี้จะใส่ฟิวส์ป้องกันไว้ต้นทางของสายป้อน (Feeder) ที่ออกจากสถานีควบคุมการจ่ายไฟฟ้า โดยใส่ฟิวส์ป้องกันไว้ที่สายเมนและหม้อแปลง การใส่ฟิวส์ดังกล่าวจะต้องเลือกขนาดฟิวส์และจัดลำดับความสัมพันธ์กัน (Coordination) การทำงานได้อย่างเหมาะสม เช่น เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นที่ฟิวส์ใกล้จุดฟอลต์จะต้องทำงานโดยที่จะต้องไม่มีผลกระทบทำให้ฟิวส์ต้นทางทำงาน ดังรูปที่ 2.2



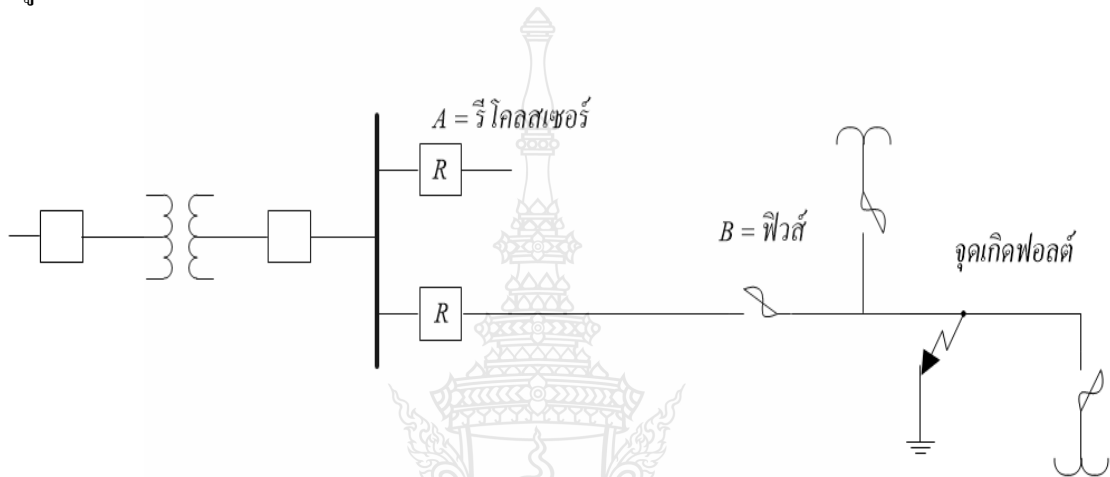
รูปที่ 2.2 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าฟิวส์-ฟิวส์

2.1.4.2 ระบบป้องกันโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ – ฟิวส์ ลักษณะของระบบนี้ที่สถานีควบคุมการจ่ายไฟฟ้าสำหรับสายป้อนต้นทาง ซึ่ง กฟภ. อาจติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ภายในตู้สวิตช์เกียร์ (Metal Clad Switchgear) หรืออาจเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ ชนิดติดตั้งภายนอก (Open Type Switchgear) ที่ กฟภ. จัดซื้อไว้ใช้งานเช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบน้ำมันน้อย (Minimum Oil) แบบน้ำมันมาก (Bulk Oil) และแบบสุญญากาศ (Vacuum) โดยในสายเมนและสายแยกหม้อแปลงยังคงใช้ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น จะมีรีเลย์สับซ้ำอัตโนมัติ (Automatic Recloses Relay) สั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์สับซ้ำตามจำนวนครั้งที่ต้องการ ในกรณีนี้ถ้าเกิดฟอลต์ชั่วคราวขึ้น เช่นกิ่งไม้แตะสายส่งแรงสูง จะให้เซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในสภาวะทรูปก่อน แล้วภายในช่วงเวลาที่กำหนดระยะหนึ่งให้สับปิดวงจรเข้าไปใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าฟอลต์ที่เกิดเป็นฟอลต์ถาวรและมีการจัดลำดับความสัมพันธ์กับฟิวส์ป้องกันให้เหมาะสมแล้ว ฟิวส์ที่ B จะขาดก่อนที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะทรูปอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ฟอลต์ถูกตัดออกจากระบบให้ส่วนที่เหลือจ่ายไฟฟ้าได้ตามปกติ ดังรูปที่ 2.3



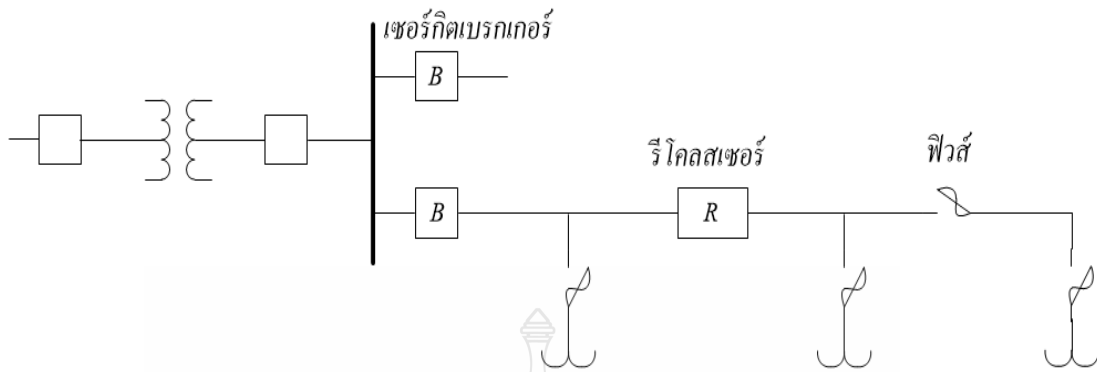
รูปที่ 2.3 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์-ฟิวส์

2.1.4.3 ระบบป้องกันโดยรีโคลสเซอร์ – ฟิวส์ สำหรับระบบนี้ กฟภ. จะติดตั้งรีโคลสเซอร์ไว้ที่สายป้อนต้นทางแทนเซอร์กิตเบรกเกอร์ มีลักษณะคล้ายคลึงกับ ระบบป้องกันโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ – ฟิวส์ คือรีโคลสเซอร์นั้นจะสามารถสับซ้ำได้ (Recloses) โดยอาจติดตั้งให้ทำงานในสถานะทริปได้สูงสุด 4 ครั้ง จึงจะล๊อคเอาท์ ในส่วนการทำงานจะมีความสัมพันธ์กับฟิวส์เช่นเดียวกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้ารีโคลสเซอร์-ฟิวส์

2.1.4.4 ระบบป้องกันโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ – รีโคลสเซอร์ – ฟิวส์ สำหรับระบบนี้ กฟภ. จะทำการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ป้องกันไว้ที่ต้นทางของสายป้อน หลังสถานีควบคุมการจ่ายไฟ และติดตั้งรีโคลสเซอร์ไว้ในสายเมน ส่วนฟิวส์นั้นจะติดตั้งไว้ในสายแยกในระบบจำหน่ายหรือในสายแยกเพื่อป้องกันหม้อแปลง โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้ง และกำหนดให้สามารถทำงานสัมพันธ์กัน สำหรับบางสถานีควบคุมการจ่ายไฟของ กฟภ. สายป้อนจะมีจุดเชื่อมต่อระหว่างสายป้อนหรือสายป้อนจากสถานีควบคุมการจ่ายไฟ ที่บริเวณใกล้เคียง แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบป้องกันโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าเซอร์กิตเบรกเกอร์-รีโกลสเซอร์-ฟิวส์

## 2.2 ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า [6]

ในระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย ระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่าย ซึ่งโดยปกติแล้วจะเป็นระบบสามเฟส สมดุล แต่เมื่อระบบเกิดลัดวงจร (Short Circuit) หรือ ฟอลต์ ขึ้นในระบบ ทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าลดลงจึงส่งผลให้ กระแสไฟฟ้าจากส่วนต่างๆ ไหลไปยังจุดที่เกิดฟอลต์นั้น ค่ากระแสผิดปกติจะมีค่าสูงกว่า ค่ากระแสปกติหลายเท่า กระแสลัดวงจรจะทำให้เกิดความเครียดทางกล (Mechanical Stress) และความเครียดทางความร้อน (Thermal Stress) ขึ้น ดังนั้นการคำนวณค่ากระแสผิดปกติ (Fault) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะขนาดของค่ากระแสผิดปกติที่คำนวณได้จะนำไปใช้ในการเลือกพิสัยของอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า (Protective Devices) และการกำหนดการตั้งค่าของรีเลย์ได้อย่างเหมาะสม และปลอดภัยในระบบป้องกันไฟฟ้า

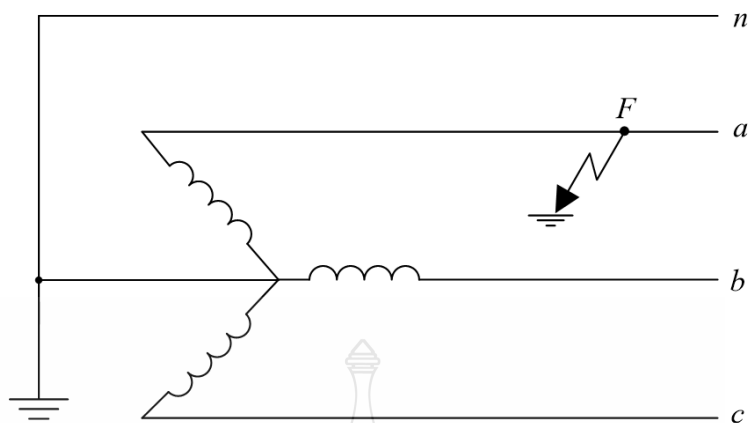
การคำนวณค่ากระแสผิดปกติสามารถคำนวณได้ด้วยมือ หรือในปัจจุบันสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณได้ ผู้คำนวณจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้หลายด้าน ดังต่อไปนี้ คือ Per-Unit Quantities , Type of Fault in Power System , Symmetrical Component , Symmetrical Fault , Unsymmetrical Fault , Fault Calculation และอื่นๆ

### 2.2.1 ชนิดของฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลัง (Type of Fault in Power System) [5]

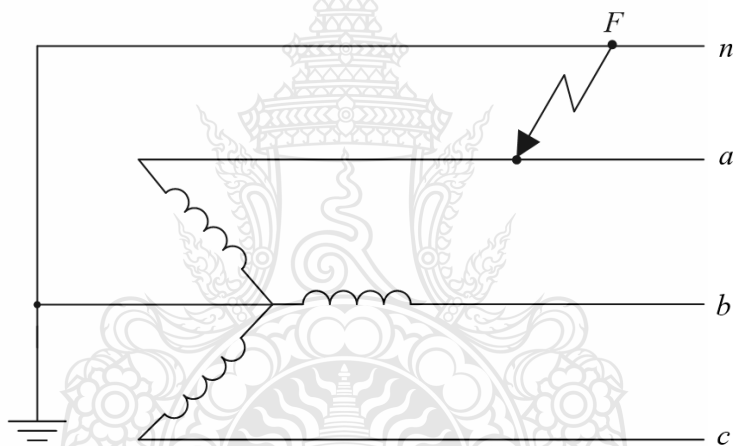
ในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นสามารถจำแนกแบ่งชนิดได้ดังนี้

2.2.1.1 ฟอลต์ลงดินเส้นเดียว (Single Line-to-Ground Fault) คือ การที่สายตัวนำเส้นใดเส้นหนึ่งเกิดการลัดวงจรลงดิน อาจเกิดขึ้นในลักษณะลงดินโดยตรง หรือผ่านสายนิวทรัลหรือสายเหนือดิน ดังแสดงรูปที่ 2.6 และ 2.7



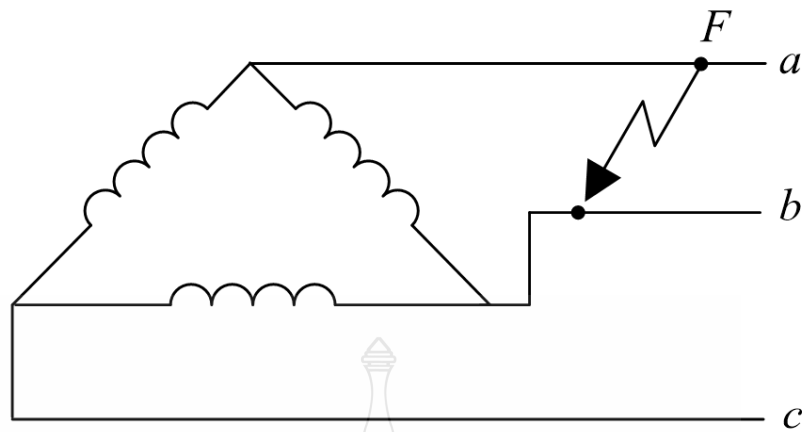


รูปที่ 2.6 ฟอลต์สายไลน์ลงดินโดยตรง

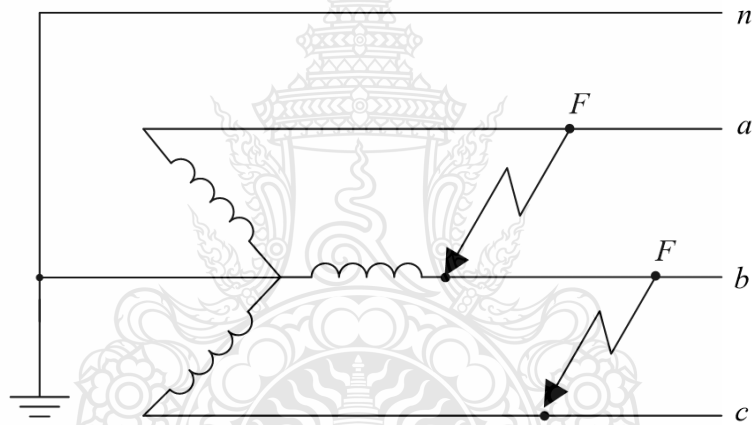


รูปที่ 2.7 ฟอลต์สายไลน์ลงดินผ่านสายนิวทรัล

2.2.1.2 ฟอลต์ระหว่างสาย (Line-to-Line Fault) คือ การที่สายเฟสจำนวน 2 เส้นเกิดการลัดวงจรถึงกันในระบบ Wye 3 เฟส 3 สาย และในระบบ 3 เฟส 4 สาย หรือระบบลงดินแบบหลายจุด (Multi Ground System) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9

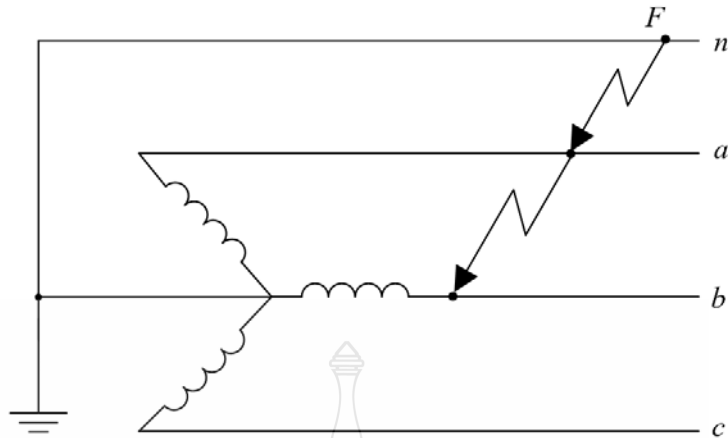


รูปที่ 2.8 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ 2 เส้นในระบบต่อแบบเดลต้า (Delta)



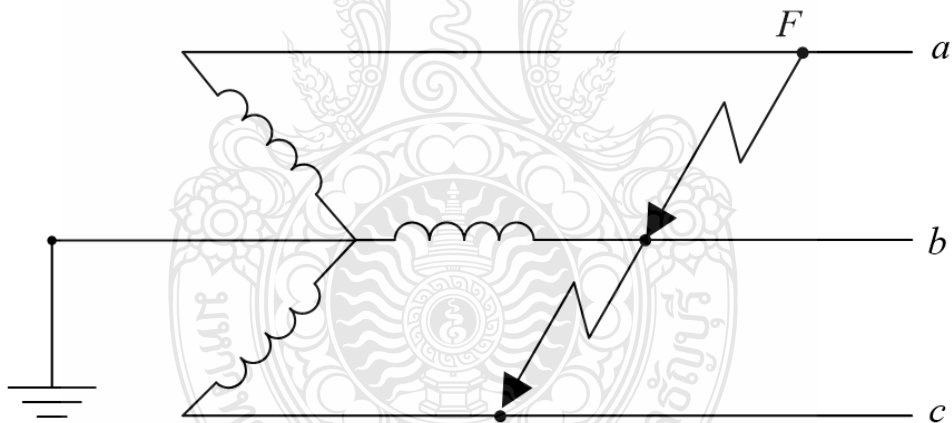
รูปที่ 2.9 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ในระบบ 3 เฟส 4 สาย หรือระบบ Multi Ground System

2.2.1.3 ฟอลต์สองสายลงดิน (Double Line-to-Ground Fault) คือ การที่เมื่อสายเฟสจำนวน 2 สาย เกิดการลัดวงจรถึงกันและลงดินอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ฟอลต์ระหว่างสายไลน์ 2 เส้นลงดิน

2.2.1.4 ฟอลต์สามเฟส (Three Phase Fault) คือ เกิดขึ้นเมื่อสายทั้งสามเฟส ได้เกิดการลัดวงจรถึงกันขึ้นทั้ง 3 สาย ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ฟอลต์สามเฟสลงดินในระบบ Wye

การลัดวงจรทั้ง 3 ชนิดแรกจัดว่าเป็นการลัดวงจรลักษณะฟอลต์ไม่สมมาตร (Unsymmetrical Fault) และชนิดที่ 4 เป็นลักษณะของฟอลต์สมมาตร (Symmetrical Fault) นอกจากนี้ฟอลต์ยังสามารถแบ่งออกได้ ตามลักษณะของสาเหตุที่เกิดขึ้นดังนี้

1) ฟอลต์ชั่วคราว (Temporary Fault) เช่น กิ่งไม้หรือใบไม้ถูกลมพัดไปแตะถูกสายตัวนำ หรือเสาวัลย์ เลื้อยเกาะขึ้นไปจนถึงสายตัวนำ จึงทำให้เกิดฟอลต์สายไลน์ลงดินได้ หรือ

นเกะบนคอนสาย ของเสาไฟฟ้า หรือเกะตรงอาร์กซึ่งฮอรั่นของหม้อแปลง ทำให้เกิดการลัดวงจร เป็นต้น ซึ่งเป็นฟอลต์เพียงแค่ชั่วคราว

2) ฟอลต์ถาวร (Permanent Fault) เช่น เกิดลมพายุรุนแรงพัดต้นไม้ล้มทับเสาไฟฟ้า ทำให้สายตัวนำขาดและพื้นดิน ทำให้เกิดฟอลต์ หรือเกิดฟ้าผ่า อุปกรณ์ในระบบชำรุด เช่น ลูกถ้วย หรือสายตัวนำ จนทำให้เกิดฟอลต์ขึ้นเมื่อจ่ายไฟ

ส่วนใหญ่แล้วฟอลต์ที่เกิดขึ้นจะไม่เป็นลักษณะแบบ 3 เฟส แต่จะเป็นชนิดฟอลต์ลงดินเส้นเดียว ซึ่งเป็นฟอลต์ในลักษณะไม่สมมาตร ถึงแม้ว่าจะไม่ค่อยพบฟอลต์แบบสมมาตร แต่เชื่อว่าไม่มีโอกาสเกิดขึ้น ในที่นี้จะกล่าวถึงฟอลต์ประเภทที่สำคัญ และมักนำมาใช้ในการคำนวณบ่อยๆ คือ Single Line-to-Ground Fault และ Three Phase Fault

#### 2.2.2 องค์ประกอบสมมาตร (Symmetrical Component) [4]

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบ 3 เฟส โดยที่เฟสของแรงดันและกระแสไฟฟ้าอยู่ในสภาวะสมดุล คือ เท่ากันทั้ง 3 เฟส และทำมุมต่างกัน  $120^\circ$  ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง 1 เฟส กับ 3 เฟสได้อย่างง่ายดาย แต่เมื่อวงจรไฟฟ้ามีแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าไม่สมดุล เกิดจากโหลดหรือฟอลต์แบบไม่สมมาตร ทั้ง 3 เฟส การวิเคราะห์สภาวะไม่สมมาตรนี้สามารถแปลงให้สมมาตรโดยใช้วิธีการองค์ประกอบสมมาตร เพื่อแก้ปัญหาในระบบไม่สมดุลของเฟสเซอร์ (Phasors)

2.2.2.1 เฟสเซอร์ขององค์ประกอบสมมาตร (Phasors for Symmetrical Components) กฎเกณฑ์พื้นฐานขององค์ประกอบสมมาตร คือการแยกเฟสเซอร์ของแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในสภาวะไม่สมดุล ของระบบไฟฟ้า 3 เฟส เป็นเฟสเซอร์ 3 ชุดที่อยู่ในสภาวะสมดุล คือ

1) องค์ประกอบลำดับบวก (Positive – Sequence Component) ซึ่งประกอบด้วยเฟสเซอร์ที่มีขนาดเท่ากันทั้ง 3 เฟส แต่ละเฟสทำมุมห่างกัน  $120^\circ$  ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยเรียงลำดับของเฟสเซอร์ตามเข็มนาฬิกา

2) องค์ประกอบลำดับลบ (Negative – Sequence Component) ซึ่งประกอบด้วยเฟสเซอร์ที่มีขนาดเท่ากันทั้ง 3 เฟส แต่ละเฟสทำมุมห่างกัน  $120^\circ$  ดังแสดงในรูปที่ 2.12 แต่เรียงลำดับของเฟสเซอร์ทวนเข็มนาฬิกา

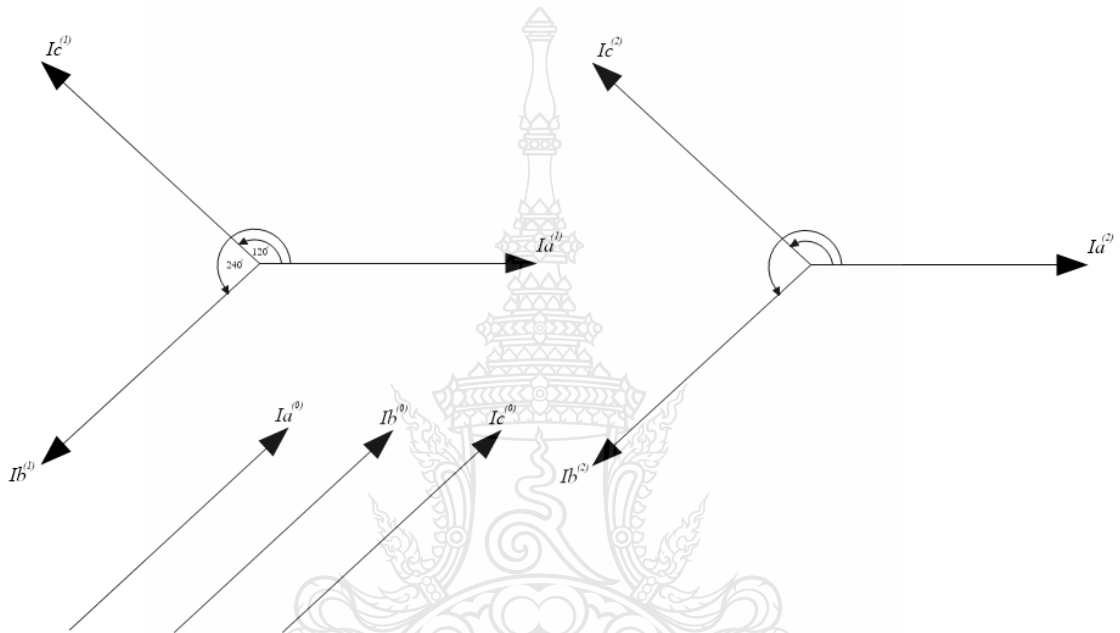
3) องค์ประกอบลำดับศูนย์ (Zero – Sequence Component) ซึ่งประกอบด้วยเฟสเซอร์ที่เท่ากันทั้ง 3 เฟส ในแต่ละเฟสขนานกัน และมีมุมเฟสเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12

การรวมเฟสเซอร์ของกระแสในสภาวะที่ไม่สมดุล 3 เฟส สามารถเขียนให้อยู่ในรูปขององค์ประกอบสมมาตรดังนี้

$$I_a = I_a^{(0)} + I_a^{(1)} + I_a^{(2)} \quad (2.1)$$

$$I_b = I_b^{(0)} + I_b^{(1)} + I_b^{(2)} \quad (2.2)$$

$$I_c = I_c^{(0)} + I_c^{(1)} + I_c^{(2)} \quad (2.3)$$

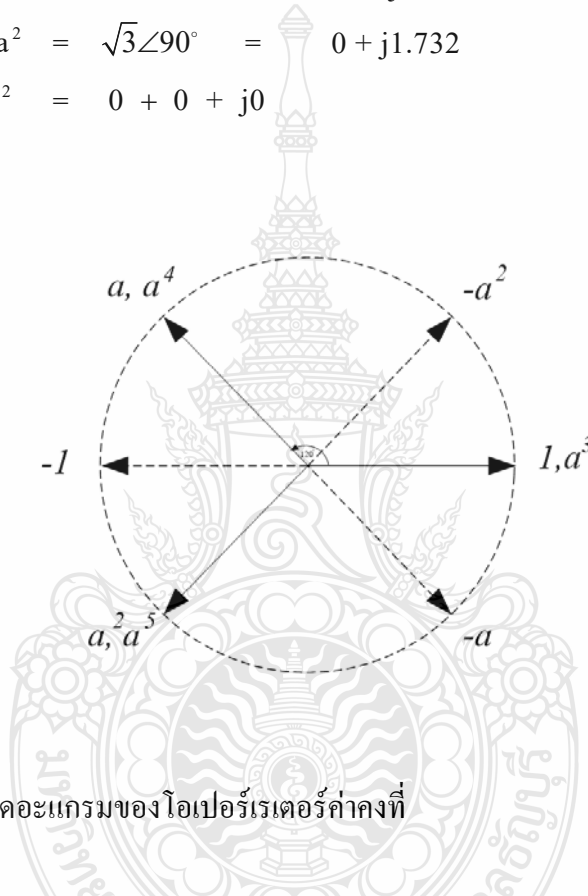


รูปที่ 2.12 องค์ประกอบสมมาตรของกระแส [5]

2.2.2.2 โอเปอเรเตอร์ค่าคงที่  $a$  (Constant Operator of  $a$ ) [5] เป็นสมการพีชคณิตแทนเฟสเซอร์ที่ห่างกัน  $120^\circ$  โดยทั่วไปในทางปฏิบัติใช้อักษร  $a$  แทนค่าโอเปอเรเตอร์ของเฟสเซอร์  $a = 1\angle 120^\circ$  คือเฟสเซอร์ทำมุมหน้าไป  $120^\circ$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งจะคล้ายค่าโอเปอเรเตอร์  $j$  โดยที่  $j$  แทนเฟสเซอร์ คือ  $j = 1\angle 90^\circ$  หรือ  $j^2 = 1\angle 180^\circ = -1$  ดังนั้น

$$\begin{aligned} a &= 1\angle 120^\circ = -0.5 + j0.866 \\ a^2 &= a \times a = 1\angle 240^\circ = -0.5 - j0.866 \\ a^3 &= 1\angle 360^\circ = 1 + j0 \\ a^4 &= 1\angle 120^\circ = a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{และ } -a &= 1\angle -60^\circ = 0.5 - j0.866 \\
1 + a &= 1\angle 60^\circ = 0.5 + j0.866 = -a^2 \\
1 - a &= \sqrt{3}\angle -30^\circ = 1.5 - j0.866 \\
1 + a^2 &= 1\angle -60^\circ = 0.5 - j0.866 = -a \\
1 - a^2 &= \sqrt{3}\angle 30^\circ = 1.5 + j0.866 \\
a + a^2 &= 1\angle 180^\circ = -1 + j0 \\
a - a^2 &= \sqrt{3}\angle 90^\circ = 0 + j1.732 \\
1 + a + a^2 &= 0 + 0 + j0
\end{aligned}$$



รูปที่ 2.13 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของโอเปอร์เรเตอร์ค่าคงที่

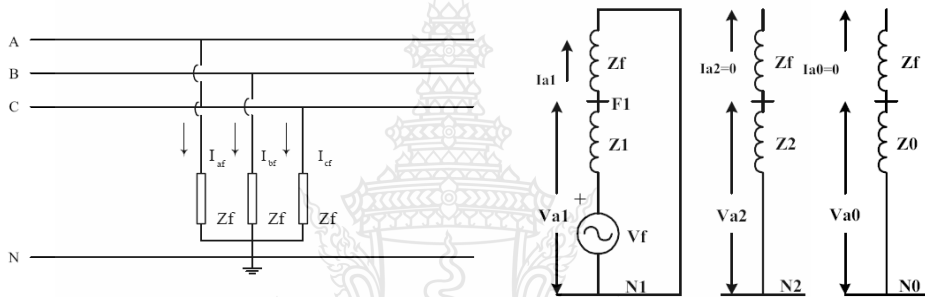
### 2.2.3 การคำนวณค่ากระแสลัดวงจร (Short Circuit Calculations) [7]

การออกแบบระบบการป้องกันที่ดีที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และการพิจารณาผลของค่ากระแสลัดวงจรในระบบ เพื่อการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อแยกตำแหน่งที่เกิดฟอลต์โดยปลอดภัย เราจะต้องคำนวณหาค่าระดับกระแสลัดวงจร (Fault Level) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ ซึ่งค่ากระแสที่เราสนใจ คือ Maximum Fault Current ซึ่งจะถูกใช้เพื่อพิจารณาเลือกฟักัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า และค่า Minimum Fault Current เพื่อการกำหนดค่า Setting ของรีเลย์ป้องกัน ในทางปฏิบัติเราสามารถ ใช้ Thevenin's และ Superposition Theorem เพื่อคำนวณหาค่ากระแส

ลัดวงจรในแต่ละสาขาได้ แต่ในที่นี้จะใช้วิธีการของส่วนประกอบสมมาตร (Symmetrical Component) เพื่อช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่เกิดฟอลต์ไม่สมมาตร

ในที่นี้จะขอกล่าวถึง ฟอลต์ประเภทที่สำคัญ และมักนำมาใช้ในการคำนวณบ่อยๆ ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คือ สามเฟสฟอลต์สมมาตร (Three Phase Symmetrical Fault) และ ฟอลต์สายลงดินเส้นเดียว (Single Line-to-Ground Fault)

2.2.3.1 สามเฟสฟอลต์สมมาตร (Three Phase Symmetrical Fault) [7] โอกาสในการเกิดลัดวงจรทั้งสามเฟสที่จุดเดียวกันนั้นมีน้อยกว่าฟอลต์แบบอื่นๆ โดยการเกิดฟอลต์จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันทั้งสามเฟสสมดุลกัน โดยวิธีการคำนวณมีดังนี้



รูปที่ 2.14 ไลอะแกรมของระบบเมื่อเกิดสามเฟสฟอลต์สมมาตร

เงื่อนไข

$$\begin{aligned} V_a &= 0 \\ V_b &= 0 \\ V_c &= 0 \\ I_{a_2} &= I_{a_0} = 0 \end{aligned} \quad (2.4)$$

สมการที่ใช้คำนวณ

$$I_{a_1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \quad (2.5)$$

กระแสในแต่ละเฟสหาได้จาก

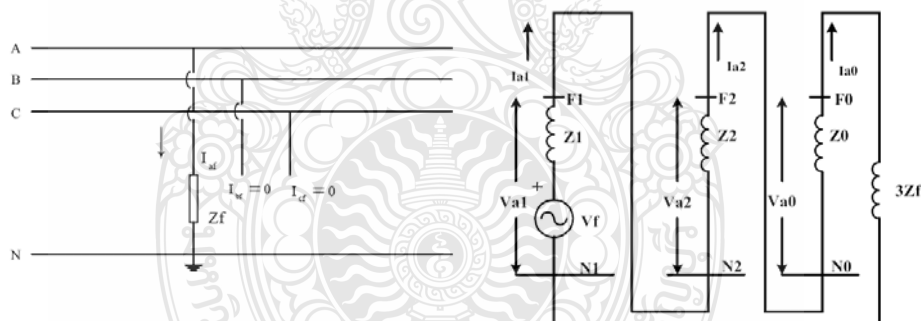
$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a_0} \\ I_{a_1} \\ I_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

แรงดันหาได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_{a_0} \\ V_{a_1} \\ V_{a_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a_0} \\ I_{a_1} \\ I_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a_0} \\ V_{a_1} \\ V_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

2.2.3.2 ฟอลต์สายไลน์เส้นเดียวลงดิน (Single Line-to-Ground Fault) ฟอลต์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า คือ Single Line-to-Ground Fault ซึ่งจะทำให้ระบบไฟฟ้าเกิดความไม่สมดุลกันทั้งค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เมื่อไม่พิจารณาค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าในเฟสอื่นๆ ที่ไม่เกิดลัดวงจรมีค่าเป็นศูนย์ และแรงดันที่จุดเกิดฟอลต์เป็นศูนย์ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้ [7]



รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมของระบบเมื่อเกิดสายไลน์เส้นเดียวลงดิน

เงื่อนไข

$$I_b = 0, I_c = 0$$

$$I_{a_1} = I_{a_2} = I_{a_0} = \frac{I_a}{3} \quad (2.9)$$

สูตรที่ใช้คำนวณ



$$I_{a_1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + Z_f} \quad (2.10)$$

กระแสในแต่ละเฟสหาได้จาก

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a_0} \\ I_{a_1} \\ I_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

จะได้  $I_a = I_{a_0} + I_{a_1} + I_{a_2} = 3I_{a_0}$

แรงดันในแต่ละเฟสหาได้จาก

$$\begin{bmatrix} V_{a_0} \\ V_{a_1} \\ V_{a_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_f \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a_0} \\ I_{a_1} \\ I_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

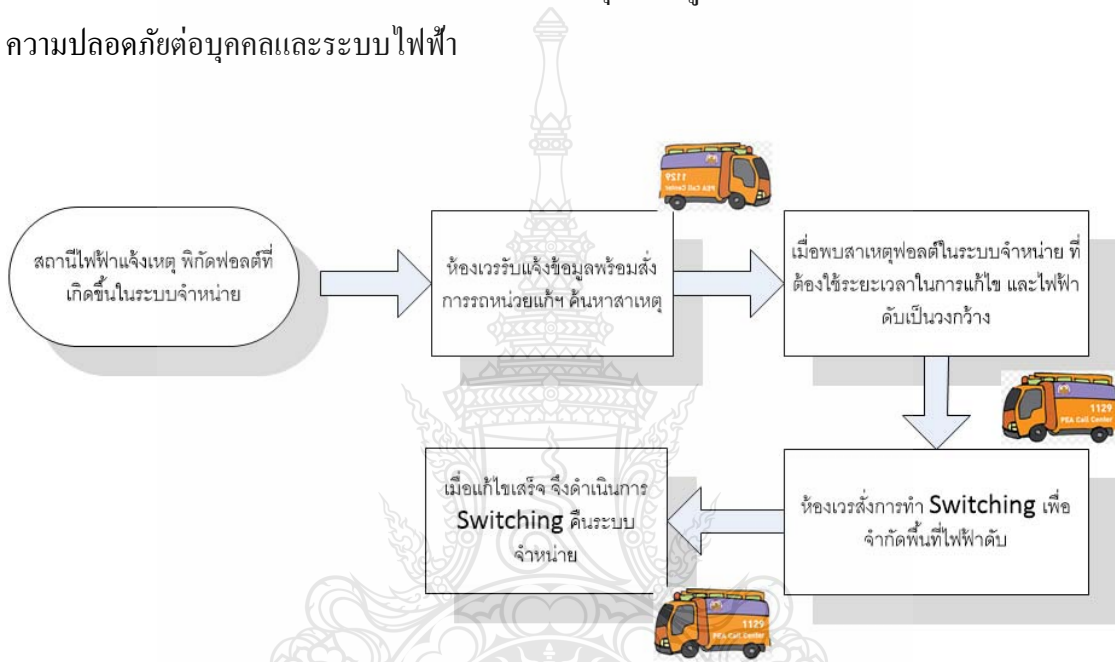
$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a_0} \\ V_{a_1} \\ V_{a_2} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

### 2.3 หลักปฏิบัติเกี่ยวกับการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง [10]

ปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างการบริหารงานใหม่ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานควบคุมและสั่งการระบบไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลง อีกทั้ง กฟภ. ได้นำระบบศูนย์สั่งการจ่ายไฟอัตโนมัติ (SCADA) เข้ามาใช้ในงานควบคุมระบบไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้งานควบคุมการจ่ายไฟ เป็นไปอย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ มีประสิทธิภาพและประหยัด และเป็นศูนย์กลางรวบรวมข้อมูลข่าวสารต่างๆ จึงต้องมีการกำหนดหลักปฏิบัติเกี่ยวกับงานสั่งการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง

ในกรณีที่เกิดฟอลต์ขึ้นในระบบ และไม่สามารถจ่ายไฟได้ตามปกติ กรณีฉุกเฉิน จำเป็นจะต้องมีประสานงานสั่งการทำสวิตชิง เพื่อถ่ายเทโหลดและควบคุมพื้นที่ไฟฟ้าดับให้น้อยที่สุด แต่

การสั่งการทำให้สวิตช์นั้น จะต้องค้นหาจุดเกิดฟอลต์ในระบบเสียก่อน ซึ่งวิธีค้นหาคือ เมื่อรับแจ้งไฟฟ้าดับ แล้วสั่งการให้ชุดแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง เริ่มจากการตรวจสอบด้วยสายตา สังเกตความผิดปกติของอุปกรณ์ เช่น สายไฟ หลอดถ้วย กิ่งไม้ หรือสัตว์ เป็นต้น และเมื่อค้นหาสาเหตุเจอ และสาเหตุนั้นอาจจะไม่สามารถแก้ไขได้ในเวลารวดเร็ว จึงต้องมีประสานงานสั่งการทำให้สวิตช์ เพื่อถ่ายเทโหลดและควบคุมพื้นที่ไฟฟ้าดับให้น้อยที่สุด จึงทำให้เวลาที่เสียไปอย่างมากกับการค้นหาและสั่งการทำให้สวิตช์ โดยการสั่งการทำให้สวิตช์ เพื่อขอดับไฟ กรณีฉุกเฉิน ผู้สั่งจะต้องมีประสบการณ์อย่างมาก เพื่อความปลอดภัยต่อบุคคลและระบบไฟฟ้า



รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย กฟภ.

แบบฟอร์มกำหนดขั้นตอนการดับไฟ ( Switching Order )

ใบใส่คำขวัญเลขที่...พ.ศ.34/58...  
วันที่...1...904...2...ฉบับ

แผนการดำเนินการ		ดำเนินการจริง					หมายเหตุ
ที่	ปลด/สับ	รหัสอุปกรณ์	กพ/สถานี	เวลา	ปลด/สับ	รหัสอุปกรณ์	ผู้ควบคุมงาน
วันที่ 14 พ.ศ. 2558 เวลา 08.00 - 16.00 น.							
นำโถง KLOS บางส่วนแยก KLOB							
1	Off Auto	KLOS-VB-01			Off Tap TP1	Off Auto KLOB-VB-01	Off Tap TP2
2	สับ	KLOS-04					
3	ปลด	KLOS-03					
4	On Auto	KLOS-VB-01			On Tap TP1	On Auto KLOB-VB-01	On Tap TP2
นำโถง KLOS บางส่วนแยก KHL4							
1	Off Auto	KLOS-VB-01			Off Tap TP1	Off Auto KHL4-VB-01	Off Tap TP1
2	สับ	KHL4-04					
3	ปลด	KLOS-02					
4	On Auto	KLOS-VB-01			On Tap TP1	On Auto KHL4-VB-01	On Tap TP1
นำโถง KLO10 บางส่วนแยก WAA1							
1	Off Auto	Off Ground KLO10-VB-01			Off Tap TP2	Off Auto	Off Ground WAA1-VB-01
2	สับ	KLO10-04					
3	ปลด	KLO10-03/1					
4	On Auto	On Ground KLO10-VB-01			On Tap TP2	On Auto	On Ground WAA1-VB-01
พร้อมดำเนินการ							
1	Off Auto	KLO10-VB-01			Off Auto	KLOS-VB-01	
2	ปลด	KLOS-VB-01					
3	ปลด	KLOS-01					
4	ปลด	Dis.Sv.หลักบ้านใหญ่					
5	ให้	Voltage Detector	ตรวจสอบแรงดันและทำการปลดปฏิบัติงาน				
6	On Auto	KLO10-VB-01					
7	ทำการ	KLO10-02	ทำการปลด				
พร้อมดำเนินการ							
1	ปลด	การตรวจสอบปฏิบัติงาน					
2	Off Auto	KLO10-VB-01			Off Auto	KLOS-VB-01	
3	สับ	KLOS-01					
4	สับ	KLOS-VB-01					
5	สับ	Dis.Sv.หลักบ้านใหญ่					
6	On Auto	KLO10-VB-01			On Auto	KLOS-VB-01	

แบบฟอร์มกำหนดขั้นตอนการดับไฟ ( Switching Order )

ใบใส่คำขวัญเลขที่...พ.ศ.34/58...  
วันที่...2...ฉบับ

แผนการดำเนินการ		ดำเนินการจริง					หมายเหตุ
ที่	ปลด/สับ	รหัสอุปกรณ์	กพ/สถานี	เวลา	ปลด/สับ	รหัสอุปกรณ์	ผู้ควบคุมงาน
วันที่ 14 พ.ศ. 2558 เวลา 08.00 - 16.00 น.							
นำโถง KLOS บางส่วนแยกจาก KLOB							
1	Off Auto	KLOS-VB-01			Off Tap TP1	Off Auto KLOB-VB-01	Off Tap TP2
2	สับ	KLOS-03					
3	ปลด	KLOS-04					
4	On Auto	KLOS-VB-01			On Tap TP1	On Auto KLOB-VB-01	On Tap TP2
นำโถง KLOS บางส่วนแยกจาก KHL4							
1	Off Auto	KLOS-VB-01			Off Tap TP1	Off Auto KHL4-VB-01	Off Tap TP1
2	สับ	KHL4-02					
3	ปลด	KLOS-04					
4	On Auto	KLOS-VB-01			On Tap TP1	On Auto KHL4-VB-01	On Tap TP1
นำโถง KLO10 บางส่วนแยกจาก WAA1							
1	Off Auto	Off Ground KLO10-VB-01			Off Tap TP2	Off Auto	Off Ground WAA1-VB-01
2	สับ	KLO10-03/1					
3	ปลด	KLO10-04					
4	On Auto	On Ground KLO10-VB-01			On Tap TP2	On Auto	On Ground WAA1-VB-01
ดำเนินการเสร็จสิ้น							

ศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟพระนครหรืออยุธยา พิจารณา  
 เสร็จมีการเสร็จสิ้น โดย... นวพรชัย... มั่งคั่ง... ลงชื่อ... วันที่ 06 พ.ศ. 58  
 ตรวจสอบเสร็จสิ้น โดย... นายอภิสิทธิ์ บุญรัตน์... ลงชื่อ... วันที่ 06 พ.ศ. 58  
 หัวหน้าแผนก โดย... นายพิชิต บุญทอง... ลงชื่อ... วันที่ 05 พ.ศ. 58  
 อนุมัติเสร็จสิ้น โดย... (นายอภิสิทธิ์ บุญรัตน์)... ลงชื่อ... วันที่ 5 พ.ศ. 58  
 สั่งทำบัตรเสร็จ โดย... ลงชื่อ... วันที่...  
 พ.ร.บ.-129

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างแบบฟอร์มขอดับไฟ (Switching Order) กรณีปกติ

## 2.4 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) [ 2 ]

โครงข่ายประสาทเทียม เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ที่เน้นด้านการคำนวณ และได้รับแรงบันดาลใจจากโมเดลทางชีวภาพ โดยมีความพยายามที่ลอกเลียนแบบการทำงานของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ ยกตัวอย่าง เช่น การเรียนรู้ของเด็ก ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงสามขวบ โดยระยะเริ่มต้น เด็กจะเรียนรู้ว่า ผู้ใดคือ พ่อ แม่ หรือคนแปลกหน้า และมีการตอบสนองเมื่อเด็กถูกเรียกชื่อ รู้จักแยกแยะสี และสิ่งของต่างๆ เริ่มเปล่งเสียงพูดได้เป็นคำ และเริ่มแสดงความรู้สึก ความคิดเห็น เป็นต้น

จะเห็นได้ว่า ความสามารถในการเรียนรู้ของสมองมนุษย์จะมีการพัฒนาขึ้นตามลำดับ และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ นั้น จะพบว่ามีการทำงานตามคำสั่งอย่างตรงไปตรงมาเท่านั้น เช่น การใช้งานอินเทอร์เน็ต และการสืบค้นข้อมูล เป็นต้น การทำงานดังกล่าวของเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ ไม่มีประสิทธิภาพพอที่เครื่องจะสามารถแสดงความคิดเห็น หรือวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ ได้ จะเห็นว่าการทำงานของสมอง

มนุษย์มีความซับซ้อนกว่ามาก ซึ่งนักประสาทวิทยาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้พยายามที่จะศึกษาค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่องที่จะสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการประมวลผลคล้ายการทำงานของสมองมนุษย์ และจากที่ผ่านมา ส่วนหนึ่งก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

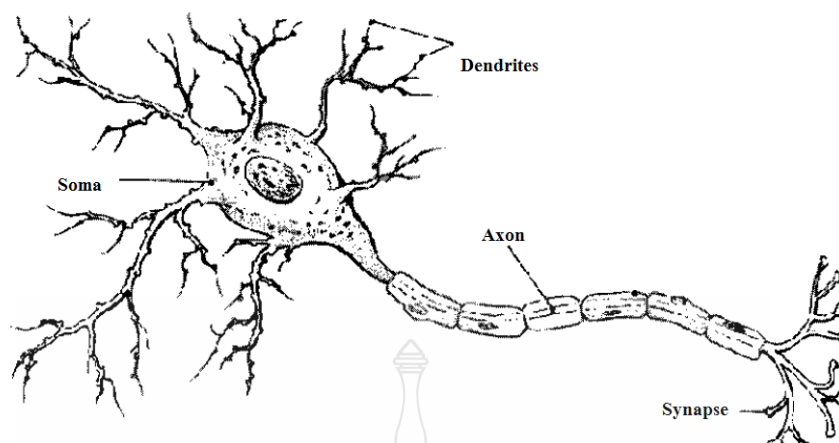
รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมนั้น เป็นความก้าวหน้าอย่างหนึ่งของความพยายามที่จะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันให้สามารถที่จะทำนายสิ่งต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมสามารถหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำเข้า (input) และข้อมูลส่งออก (output) ได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่นำเข้า และข้อมูลส่งออกมาก่อนเลย

#### 2.4.1 ความหมายและหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม[2]

โครงข่ายประสาทเทียม คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ โดยที่โครงข่ายประสาทของมนุษย์ จะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) และจุดประสานของประสาทหรือไซแนปส์ (Synapses) โดยโครงสร้างของการส่งสัญญาณประสาทประกอบจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทหลายพันล้านเซลล์ โดยเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์จะประกอบไปด้วยแขนงรับสัญญาณซึ่งเป็นเสมือนหน่วยรับข้อมูลป้อนเข้า เรียกว่า เดนไดรต์ (Dendrites) และส่วนปลายของเซลล์ประสาทในการส่งสัญญาณประสาทซึ่งเป็นเสมือนหน่วยส่งข้อมูลของเซลล์ เรียกว่า แอกซอน (Axon) โดยการส่งสัญญาณประสาทดังกล่าวนี้ อาจทำให้เกิดได้ทั้งการกระตุ้นและยับยั้ง นอกจากนี้แล้ว วิธีการประมวลผลภายในเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ยังมีการขยายหรือลดขนาดของสัญญาณได้อีกด้วย โดยสัญญาณจากเดนไดรต์ต่างๆ จะรวมกันเข้าสู่เซลล์ประสาท (Cell Body or Soma) และมีความแรงของสัญญาณเกินค่าระดับ (Threshold) ของเซลล์ประสาทรุนั้นๆ เซลล์ประสาทจะส่งสัญญาณออกไปทางแอกซอนต่อไป

กระบวนการเรียนรู้ในสิ่งมีชีวิตจะเป็นผลให้เกิดการสร้างไซแนปส์ระหว่างเซลล์ประสาทขึ้นมาใหม่ หรือเกิดการทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของไซแนปส์ต่างๆ ในโครงข่ายของเซลล์ประสาท ฉะนั้นโครงข่ายประสาทของสิ่งมีชีวิตจึงไม่ได้ทำงานแบบเป็นลำดับขั้นตอน (Sequential) แต่เพียงอย่างเดียว

ลักษณะโดยทั่วไปของโครงสร้างระบบประสาททางชีววิทยาแสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 โครงสร้างเซลล์ประสาททางชีววิทยา [12]

โครงข่ายประสาทเทียมจะมีลักษณะคล้ายกับการส่งผ่านสัญญาณประสาทในสมองของมนุษย์ คือ มีความสามารถในการรวบรวมความรู้ (Knowledge) โดยผ่านกระบวนการการเรียนรู้ (Learning process) และความรู้เหล่านี้จะถูกจัดเก็บอยู่ในโครงข่ายในรูปแบบค่าน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนค่าได้เมื่อมีการเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ

โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมดังรูปที่ 2.19 มี 5 องค์ประกอบ ดังนี้

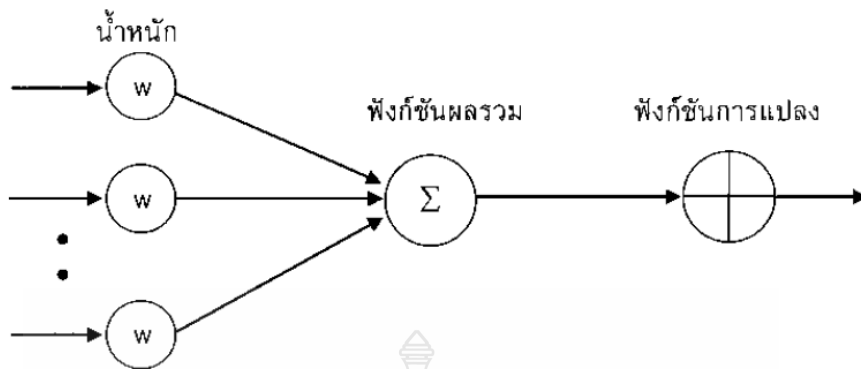
2.4.1.1 ข้อมูลป้อนเข้า (Input) เป็นข้อมูลที่เป็นตัวเลข หากเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพจะต้องมีการแปลงข้อมูลที่โครงข่ายประสาทเทียมยอมรับได้

2.4.1.2 ข้อมูลส่งออก (Output) คือ ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

2.4.1.3 ค่าน้ำหนัก (Weight) คือ สิ่งที่ได้มาจากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการเรียนรู้จดจำข้อมูลอื่นๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

2.4.1.4 ฟังก์ชันผลรวม (Summation Function : S) เป็นผลรวมของข้อมูลป้อนเข้าและค่าน้ำหนัก

2.4.1.5 ฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) เป็นการคำนวณจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม เช่น ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) เป็นต้น



รูปที่ 2.19 โครงสร้างการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

### 2.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียม [2]

โครงข่ายประสาทเทียมนั้นเป็นอัลกอริทึมที่เลียนแบบการเรียนรู้จดจำของสมองมนุษย์ โดยมีโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทกับเซลล์ประสาทเทียมได้ดังนี้

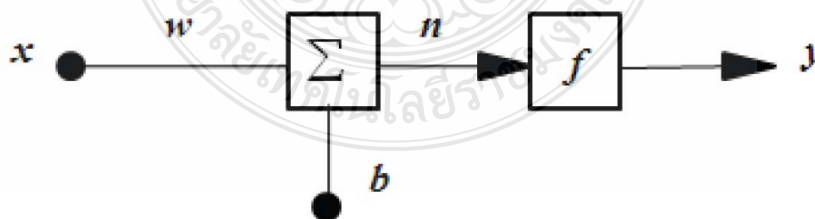
#### เซลล์ประสาท

- ตัวเซลล์ (Cell Body or Soma)
- เดนไดรต์ (Dendrites)
- แอกซอน (Axon)
- ซิแนปส์ (Synapse)

#### เซลล์ประสาทเทียม

- ยูนิต (Unit)
- ตัวแปรอินพุต (Input Layer)
- ตัวแปรเอาต์พุต (Output Layer)
- ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight Value)

#### 2.4.2.1 แบบจำลองนิวรอน 1 อินพุต (Single-Input Neuron)



รูปที่ 2.20 แบบจำลองนิวรอน 1 อินพุต

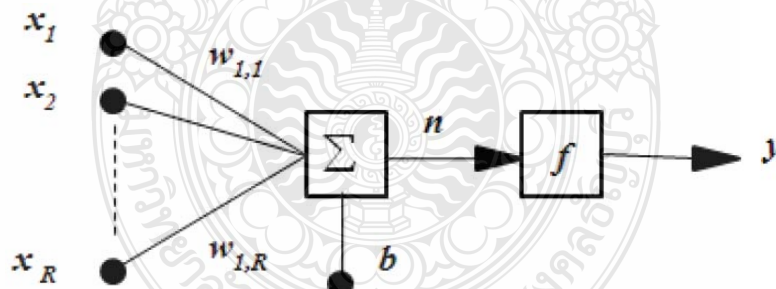
โครงสร้างพื้นฐานของนิวรอนที่มีหนึ่งอินพุตตามรูปที่ 2.20 อินพุต  $x$  จะคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight)  $w$  โดยมีไบอัส (Bias)  $b$  เป็นอีกอินพุตที่มีค่าน้ำหนัก โดยอินพุตทั้งหมดจะถูกรวมได้เอาท์พุตเป็น  $n$  เรียกว่า เน็ตอินพุต (Net Input) เป็นอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)  $f$  และจะได้เอาท์พุตนิวรอน  $y$  ตามสมการที่ 2.14 ดังนี้

$$y = f(wx + b) \quad (2.14)$$

โดยที่  $x$  คือ อินพุต  
 $w$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก  
 $b$  คือ ไบอัส  
 $f$  คือ ฟังก์ชันถ่ายโอน  
 $y$  คือ เอาท์พุต

และค่าถ่วงน้ำหนัก  $w$  และไบอัส  $b$  สามารถปรับค่าได้ตามกฎการเรียนรู้ และค่าเอาท์พุตจะขึ้นอยู่กับฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  ซึ่งสามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้งาน

#### 2.4.2.2 แบบจำลองนิวรอนหลายอินพุต (Multiple-Input Neuron)



รูปที่ 2.21 แบบจำลองของนิวรอนหลายอินพุต

โครงข่ายประสาทที่มีอินพุตหลายอินพุตนั้น จะถูกคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละอินพุต ดังรูปที่ 2.21 ซึ่งสามารถเขียนเป็นเมตริกซ์ได้เรียกว่า เมตริกซ์ค่าถ่วงน้ำหนักที่มีสัญลักษณ์เป็น  $W$  จะถูกรวมเข้ากับอินพุตของฟังก์ชันถ่ายโอน  $n$  ตามสมการที่ 2.15 ดังนี้



$$n = w_{1,1}x_1 + w_{1,2}x_2 + \dots + w_{1,R}x_R + b \quad (2.15)$$

เขียนอยู่ในรูปเมตริกซ์ตามสมการที่ 2.16

$$n = Wx + b \quad (2.16)$$

โดยที่เมตริกซ์  $w$  เป็น Row Matrix มีเพียง 1 แถว จะได้เอาที่พุทนิวรอนตามสมการที่ 2.17

$$y = f(Wx + b) \quad (2.17)$$

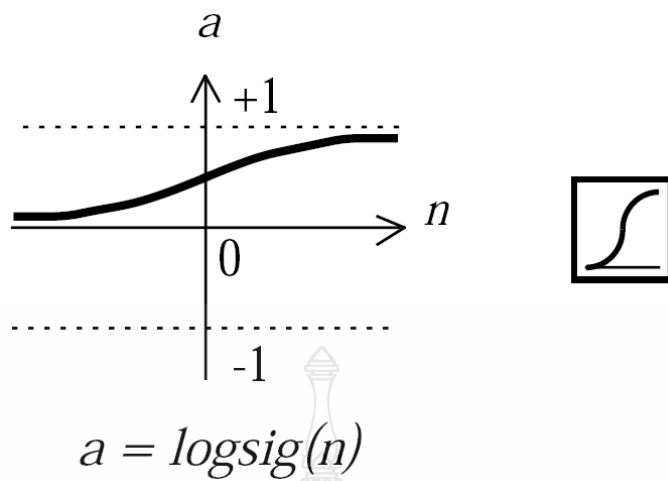
### 2.4.3 ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function)

ฟังก์ชันถ่ายโอนเป็นตัวกำหนดค่าเอาที่พุท โดยฟังก์ชันที่ใช้จะเป็นแบบเชิงเส้นหรือแบบไม่เชิงเส้นได้ ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายชนิดและแบบที่นิยมใช้งาน เช่น ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (Log-Sigmoid) ฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบแทนซิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ดังนี้

2.4.3.1 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (Log-Sigmoid) จะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง 0 กับ 1 และมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.18

$$\text{logsig}(n) = \frac{1}{1 + e^{(-n)}} \quad (2.18)$$

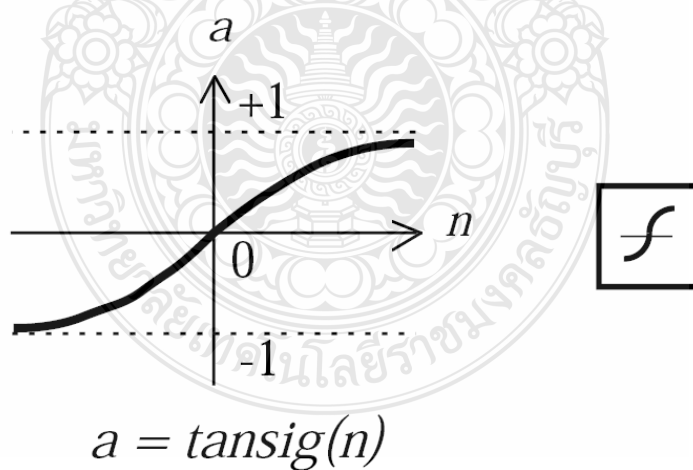




รูปที่ 2.22 Log-Sigmoid Transfer Function [11]

2.4.3.2 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบแทนจิกมอยด์ (Tan-Sigmoid) โดยจะมีค่าระดับอยู่ที่ระหว่าง -1 กับ 1 และมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.19

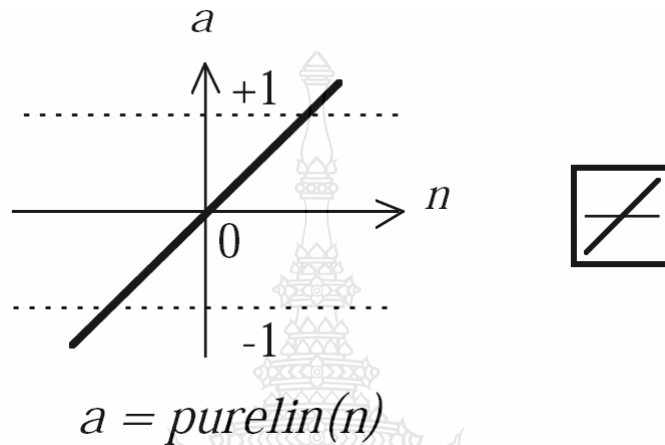
$$\text{tansig}(n) = \frac{1 - e^{-n}}{1 + e^{-n}} \quad (2.19)$$



รูปที่ 2.23 Tan-Sigmoid Transfer Function

2.4.3.3 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) โดยจะมีค่าระดับเป็นแบบเชิงเส้น มีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.20

$$purelin(n) = n \quad (2.20)$$

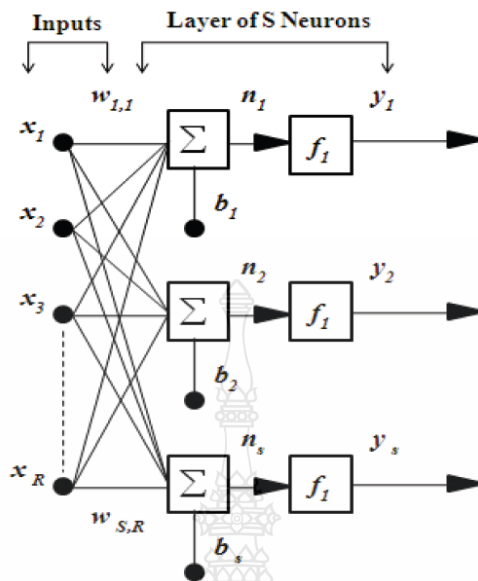


รูปที่ 2.24 Linear Transfer Function

#### 2.4.4 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

จากลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์จำนวนมากเชื่อมต่อกัน ซึ่งการเชื่อมต่อแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย โดยมีชั้นแรก เป็นชั้นรับข้อมูลป้อนเข้า คือ ตัวแปรอินพุท (Input Layer) และมีชั้นสุดท้ายเป็นชั้นส่งข้อมูลออก คือ ตัวแปรเอาต์พุท (Output Layer) และระหว่างชั้นรับข้อมูลเข้ากับชั้นส่งข้อมูลออก จะมีชั้นที่เรียกว่า ชั้นแฝง (Hidden Layer) ซึ่งโดยทั่วไปอาจมีมากกว่า 1 ชั้นก็ได้ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งประเภทของโครงข่ายประสาทเทียมได้ 2 แบบ คือ โครงข่ายแบบชั้นเดียว (Single-Layer Network) กับ โครงข่ายแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network) ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไป

2.4.4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single-Layer Network) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายที่ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทเทียมจัดเรียงอยู่ในชั้นต่างๆ ได้แก่ ชั้นอินพุทและชั้นเอาต์พุท สาเหตุที่จัดโครงสร้างเป็นแบบชั้นเดียว เนื่องมาจากนับชั้นเอาต์พุทเพียงชั้นเดียวเท่านั้น เพราะชั้นอินพุทจะไม่มีผลการประมวลผลใดๆ จึงไม่พิจารณาว่าเป็นชั้นของเซลล์ประสาท ทำหน้าที่แค่เพียงรับข้อมูลเข้ามาและส่งต่อไปยังชั้นถัดไปเท่านั้น



รูปที่ 2.25 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวดังรูปที่ อินพุทหลายอินพุทจะเชื่อมต่อกันหลายๆ นิวรอนแบบต่อถึงกันหมด เรียกว่า “s นิวรอน” จำนวนของอินพุทไม่จำเป็นต้องเท่ากับนิวรอนในชั้นนั้น  $R \neq S$  แสดงในรูปเมตริกซ์ตามสมการที่ 2.21- 2.23

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_R \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

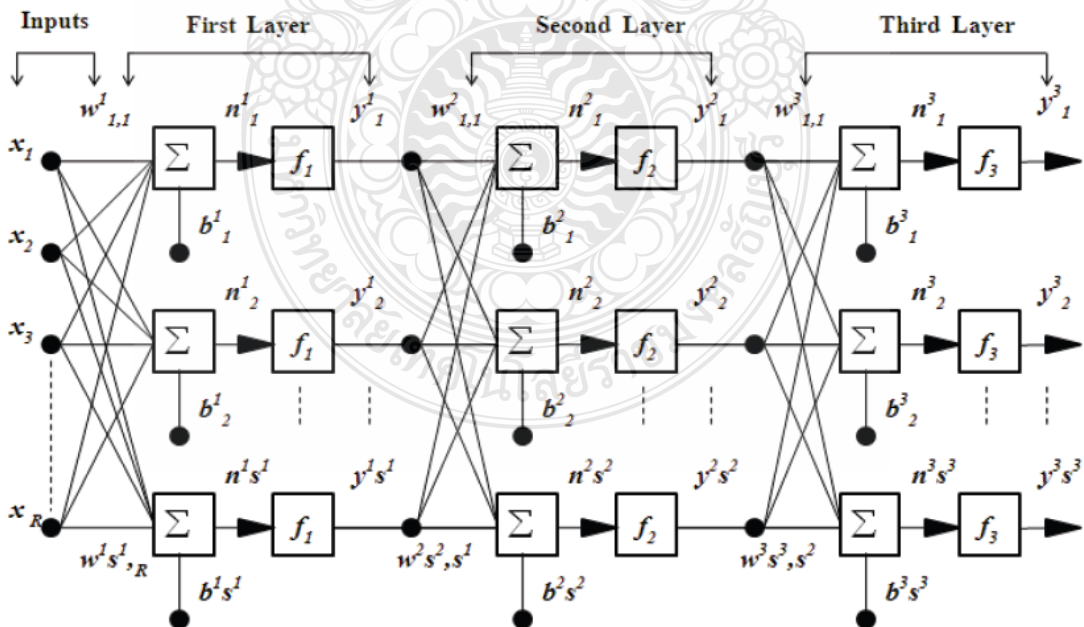
$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_s \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$w = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \cdots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \cdots & w_{2,R} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \cdots & w_{S,R} \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

จะได้เอาท์พุทของนิวรอนนี้ตามสมการที่ 2.24

$$y = f(Wx + b) \quad (2.24)$$

2.4.4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network) โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวนั้นจะมีข้อจำกัด คือไม่สามารถนำมาแก้ไขในบางกรณีที่ซับซ้อนได้ นักวิจัยจึงเสนอรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ซึ่งมีโครงสร้างของตัวเซลล์ประสาทตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไป (ไม่นับรวมชั้นอินพุท) โดยรูปแบบของการทำงานจะป้อนไปข้างหน้า (Feedforward) และชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นอินพุทและเอาท์พุท เรียกว่า “ชั้นซ่อน (Hidden Layer)” ซึ่งเป็นตัวเพิ่มความสามารถให้แก่โครงข่ายประสาทเทียม ทั้งนี้จำนวนของชั้นซ่อนสามารถมีได้มากกว่า 1 ชั้น และแต่ละชั้นอาจมีจำนวนนิวรอนที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ کاربرยุกต์ใช้



รูปที่ 2.26 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

ตามรูปที่ 2.26 ชุดข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จากชั้นที่ 1 จะถูกส่งให้เป็นข้อมูลอินพุตสำหรับชั้นต่อไปโดยค่าเอาต์พุตชั้นสุดท้าย คือเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งแต่ละชั้นจะมีเมตริกซ์ค่าถ่วงน้ำหนัก  $w$  ไบอัส  $b$  เน็ตอินพุต  $n$  และเอาต์พุต  $y$  ของชั้นนั้นๆ โครงข่ายประสาทเทียมชั้นอินพุต มี  $R$  อินพุต ชั้นที่ 1 มี  $s^1$  นิวรอนต่อไปเรื่อยๆจนถึงชั้นสุดท้าย และเอาต์พุตแต่ละชั้นตามสมการที่ 2.25 - 2.27

$$\text{First Layer} \quad y^1 = f^1(W^1x + b^1) \quad (2.25)$$

$$\text{Second Layer} \quad y^2 = f^2(W^2y^1 + b^2) \quad (2.26)$$

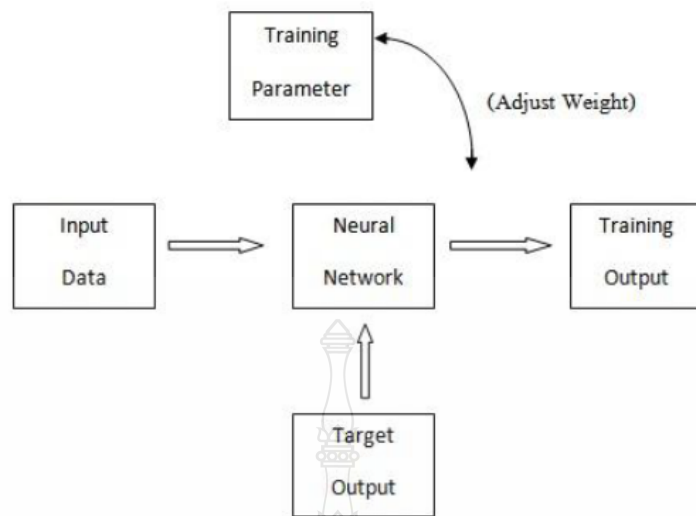
$$\text{Third Layer} \quad y^3 = f^3(W^3y^2 + b^3) \quad (2.27)$$

เอาต์พุตสามารถหาได้จากสมการที่ 2.28 ดังนี้

$$y^3 = f^3(W^3 f^3(W^2 f^1(W^1x + b^1) + b^2) + b^3) \quad (2.28)$$

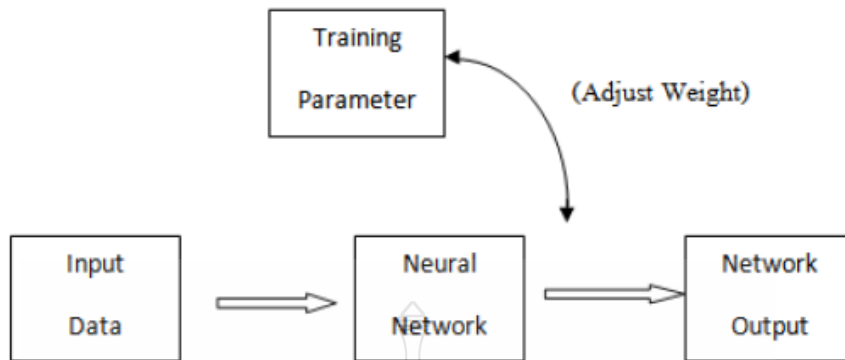
## 2.4.5 ประเภทการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม [12]

2.4.5.1 การเรียนรู้แบบควบคุม (Supervised Learning) ข้อมูลจะประกอบด้วยตัวอย่างที่ต้องการสอน และผลลัพธ์ที่ต้องการ กำหนดคู่กันของการฝึกสอนที่เรียกว่า “เทรนนิ่งแพร์ (Training Pairs)” เมื่อมีการนำข้อมูลในลักษณะเดียวกันมาเป็นข้อมูลป้อนเข้า โครงข่ายประสาทเทียมจะกำหนดค่าผลลัพธ์ที่เป็นเป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว และโครงข่ายประสาทเทียมจะนำค่าผิดพลาดระหว่างเป้าหมายกับค่าผลลัพธ์ที่ได้ ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะถูกป้อนเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อมาใช้ในการปรับค่าน้ำหนัก (Weight) เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเป้าหมายมากที่สุด (ถ้าเปรียบเทียบกับมนุษย์ก็เหมือนการสอนนักเรียน โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ) โครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้จะแบ่งออกเป็น Feedforward Neural Network และ Radial Basis Function Network ซึ่งนิยมนำไปแก้ปัญหาลักษณะการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function Approximation)



รูปที่ 2.27 แสดงการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

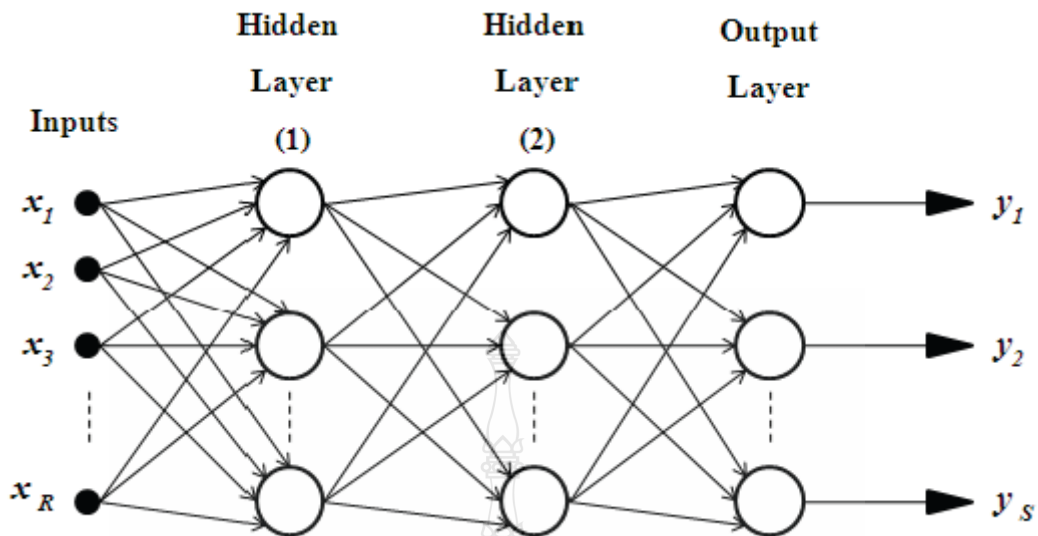
2.4.5.2 การเรียนรู้แบบไม่มีการควบคุม (Unsupervised Learning) การเรียนรู้แบบนี้ จะทำการสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยการนำข้อมูลป้อนเข้าอย่างต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการส่งค่าผลลัพธ์เป้าหมายให้กับข้อมูลป้อนเข้าแต่ละตัว โดยการปรับค่าน้ำหนักนั้นจะปรับจากข้อมูลที่นำมาสอน โดยปรับตามกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน (เปรียบเทียบกับการที่สมองมนุษย์เราสามารถแยกแยะพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ตามลักษณะรูปร่างของมันได้ด้วยตัวเอง) การสอนโดยวิธีนี้จะไม่สามารถระบุได้ว่าข้อมูลเอาที่พุดไหนใดเป็นข้อมูลกลุ่มไหน ผู้ใช้งานจะต้องกำหนดเอง ต่างจากการสอนแบบรู้ควบคุมที่สามารถระบุกลุ่มเอาที่พุดได้อย่างแน่นอน โครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ Kohonen Network นิยมใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะการแยกแยะ (Classification Problem) และ Hopfield Network ซึ่งนิยมใช้แก้ปัญหาลักษณะการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization Problem)



รูปที่ 2.28 แสดงการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning)

#### 2.4.6 โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation)

เป็น โครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างเป็นแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network) ประกอบด้วย ชั้นอินพุต (Inputs) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer) โดยมีการเชื่อมโยงในแต่ละชั้นแบบต่อกันหมด โดยทุกๆ นิวรอนในชั้นอินพุตจะส่งสัญญาณไปยังชั้นซ่อนแรก ส่งต่อไปจนถึงชั้นซ่อนสุดท้ายและส่งสัญญาณไปยังชั้นเอาต์พุต วิธีการคำนวณลักษณะนี้มีชื่อตามลักษณะว่า Forward-Propagation และขั้นต่อไปจะเป็นการคำนวณแบบ Backward-Propagation ซึ่งจะนำค่าเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมาเปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุตเป้าหมายเพื่อคำนวณค่าผิดพลาด และค่าผลต่างจะถูกส่งกลับไปยังชั้นซ่อน ชั้นตอนสุดท้ายก็จะนำค่าผิดพลาดมาใช้เป็นค่าปรับถ่วงน้ำหนัก โดยจะมีอัลกอริทึมสำหรับปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส โดยกระบวนการจะกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนแรกจนกระทั่งค่าผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยหรือต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ตามรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ 2 ชั้นซ่อน

เริ่มต้นที่มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมจะมีกฎการเรียนรู้พื้นฐานเป็นแบบ Perceptron และกฎการเรียนรู้แบบ Widrow-Hoff ที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงสร้างชั้นเดียวหลายนิวรอน ซึ่งมีข้อจำกัดคือสามารถแก้ปัญหาที่เป็นเชิงเส้นได้เท่านั้น และเพื่อเป็นการแก้ปัญหาค่าจำกัดนี้ จึงมีการพัฒนาการเรียนรู้ใหม่ โดยการนำอัลกอริทึมแพร่ค่าย้อนกลับมาใช้ฝึกสอน และสามารถแก้ปัญหาได้หลายหลายชั้นแม้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังสามารถใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นได้ อัลกอริทึมแพร่ค่าย้อนกลับจะมีกฎการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้นเช่น Conjugate Gradient เป็นรูปแบบตามทิศทางของ Conjugate หรือ Quasi-Newton เป็นรูปแบบการปรับค่าโดยประมาณของ Hessian Matrix และ Levenberg-Marquardt เป็นรูปแบบของผลรวมกำลังสองจากการกำหนด Hessian Matrix เป็นต้น วิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้กฎการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt ตามที่ระบุใน Neural Network Toolbox User's Guide ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการฝึกสอนสูงสุด โดยมีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสตามสมการที่ 2.29

$$X_{k+1} = X_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (2.29)$$

$$g = J^T \cdot e \quad (2.30)$$



โดยที่  $X$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก ( $w$ ) และค่าไบอัส ( $b$ )

$J$  คือ จาโคเบียนเมตริกซ์ (Jacobian Matrix) ของอนุพันธ์ของค่าผิดพลาด (แต่ละค่า) ต่อค่า  $X$  (แต่ละค่า)

$g$  คือ Performance Gradient

$J^T$  คือ Transpose Matrix ของ  $J$

$e$  คือ เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error) ระหว่างคำตอบ (Target,  $t$ ) กับค่าที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ (Answer,  $y$ )

$\mu$  คือ ค่าคงที่

$I$  คือ Identity Matrix

- จาโคเบียนเมตริกซ์ของ ( $w$ )

$$J(w) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,1}} & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,2}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,s^1}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,1}} & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,2}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,s^1}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial e_{s^2}}{\partial w_{s^2,1}} & \frac{\partial e_{s^2}}{\partial w_{s^2,2}} & \dots & \frac{\partial e_{s^2}}{\partial w_{s^2,s^1}} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

$$J(b) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial b_1} \\ \frac{\partial e_2}{\partial b_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{s^2}}{\partial b_{s^2}} \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

- เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{s^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1^2 - y_1^2 \\ t_2^2 - y_2^2 \\ \vdots \\ t_{s^2}^2 - y_{s^2}^2 \end{bmatrix} \quad (2.33)$$

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22kV โดย คุณเอกภพ ดวงจันทร์ และคณะ [ 1 ] ที่ได้วิจัยเรื่องนำโปรแกรม DigSILENT มาจำลองหาค่ากระแสผิดพลาดตามความยาวของสายไฟบนหัวเสา กรณีศึกษา จากหน้าสถานีไฟฟ้าบางปะอิน 3 ถึงร้านอาหารริ้วสุนทร แล้วนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองมาระบุพิกัดบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้พนักงานช่างแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หาดำแหน่งผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว และมีงานวิจัยของคุณบัณฑิต ฤทธิ์ทอง และคณะ [2] ที่ได้แนะนำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด ซึ่งงานวิจัยนี้ได้พิจารณาความต้องการได้ค่าเอาท์พุท คือ ขนาดเครื่องวัด ขนาดเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ ขนาดท่อ ระยะแรงดันตก ที่สัมพันธ์กับข้อมูลอินพุท คือ พื้นที่ห้อง ประเภทของอาคารชุด ระบบทำความเย็น ระบบไฟฟ้า เพื่อให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว เป็นต้น และอีกงานวิจัยหนึ่งซึ่งเป็นแนวคิดสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ คืองานวิจัยของคุณอนุรักษ์ เชยชุ่ม และคณะ [4] ที่ได้แนะนำเสนอการย้ายโหลดบัส 22 kV เมื่อหม้อแปลงทรูปัดโนมิตี โดยการใช้ซอฟต์แวร์มาจัดการเลียนแบบการทำงานของพนักงานควบคุมการไฟฟ้า ซึ่งจะใช้ข้อมูลในการพิจารณาและตัดสินใจจากระบบ SCADA เพื่อประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย และความรวดเร็วในการจ่ายไฟ เพื่อช่วยลดระยะเวลาไฟฟ้าดับ ทั้งประชาชนและ โรงงานอุตสาหกรรม เพิ่มความน่าเชื่อถือ และมาตรฐานขององค์กรมากขึ้นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นที่เกี่ยวข้องและประกอบกับในด้านที่ผู้แต่งได้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องในส่วนของงานแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง พบว่าปัญหาหนึ่งที่มีก็จะทำได้ช้าหลังจากค้นพบสาเหตุความผิดปกติในระบบจำหน่าย คือการสั่งการสวิตซ์ ซึ่ง เพื่อถ่ายเทโหลดและจำกัดพื้นที่การทำงาน รวมถึงความถูกต้อง ปลอดภัย เนื่องจากประสบการณ์ของผู้สั่งการเอง หรือเหตุปัจจัยอื่นๆ จากการสืบค้นงานวิจัยในประเทศไทย พบว่ายังไม่มียงานวิจัยที่นำมาช่วยในการสั่งการสวิตซ์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีแนวคิดที่จะแนะนำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่มีวิธีการคำนวณ

เป็นแบบขนาน คือการคำนวณข้อมูลที่ป้อนทั้งหมดพร้อมกัน ทำให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว อีกทั้งขั้นตอนการเรียนรู้โปรแกรมเพื่อใช้งานน้อยกว่า และสิ่งสำคัญคือ สามารถเรียนรู้เพิ่มเติมใหม่ได้ กรณีที่มีข้อมูลใหม่เข้ามา

## 2.6 สรุป

การนำเสนอข้างต้นเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับ การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง ความผิดปกติในระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่นำไปสู่การศึกษาเกี่ยวกับจำลองค่ากระแสฟอลต์ที่เป็นส่วนสำคัญของการเก็บข้อมูล และหลักการปฏิบัติเกี่ยวกับการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) การวางแผนสั่งการสวิตชิง (Switching) เพื่อถ่ายเทโหลด และจำกัดพื้นที่ไฟดับ เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบจำหน่าย รวมถึงส่วนประกอบของโครงข่ายประสาทดัดเทียม แบบจำลอง และสถาปัตยกรรมต่างๆ การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทดัดเทียม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ที่บอกถึงส่วนประกอบที่สำคัญเพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ ส่วนวิธีการดำเนินการวิจัยนั้นจะกล่าวในบทที่ 3 ต่อไป



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนสั่งการเพื่อถ่ายเทโหลด และจำกัดบริเวณที่ไฟดับ (Switching) เมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบจำหน่าย ผู้สั่งการนั้นจะต้องมีประสบการณ์ทักษะความชำนาญในการอ่านผังการจ่ายไฟ และจำเป็นจะต้องให้รอดแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ค้นหาตำแหน่งที่แน่นอนเสียก่อน จึงจะกำหนดขั้นตอนสั่งการทำสวิตชิงได้ โดย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมีแนวคิด นำค่าการจำลองกระแสฟอลต์ เพื่อช่วยในการค้นหาสถานที่เกิดฟอลต์ และทำให้สามารถวางแผนสั่งการสวิตชิงเบื้องต้นได้ เพื่อช่วยลดขั้นตอนในการที่พนักงานจะต้องอ่านผังจ่ายไฟเพื่อสั่งการสวิตชิง โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีคุณสมบัติในการแยกแยะข้อมูลจำนวนมากๆ จากการเรียนรู้และจดจำข้อมูลที่ได้ฝึกสอนไปแล้ว อีกทั้งวิธีการคำนวณยังเป็นแบบขนาน คือการคำนวณข้อมูลที่ป้อนทั้งหมดพร้อมกัน ทำให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว อีกทั้งขั้นตอนการเรียนรู้โปรแกรมเพื่อใช้งานน้อยกว่า และสิ่งสำคัญคือ สามารถที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมใหม่ได้ ในกรณีที่มีข้อมูลใหม่เข้ามา

ลำดับต่อไปจะเป็นขั้นตอนการออกแบบโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยจะต้องมีการจำลองค่ากระแสผิดพร่องจากโปรแกรม DIGSILENT [9] เพื่อนำค่ามาจัดเป็นข้อมูลป้อนเข้าโครงข่ายประสาทเทียม โดยขั้นตอนต่อมาโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องมีการเลือกตัวแปรที่จะฝึกสอนและทดสอบ การพิจารณาและการกำหนดโครงสร้างประสาทเทียม ปริมาณข้อมูลที่ฝึกสอน ข้อมูลทดสอบ เงื่อนไขการฝึกสอนและการประเมินประสิทธิภาพวิธีที่นำเสนอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

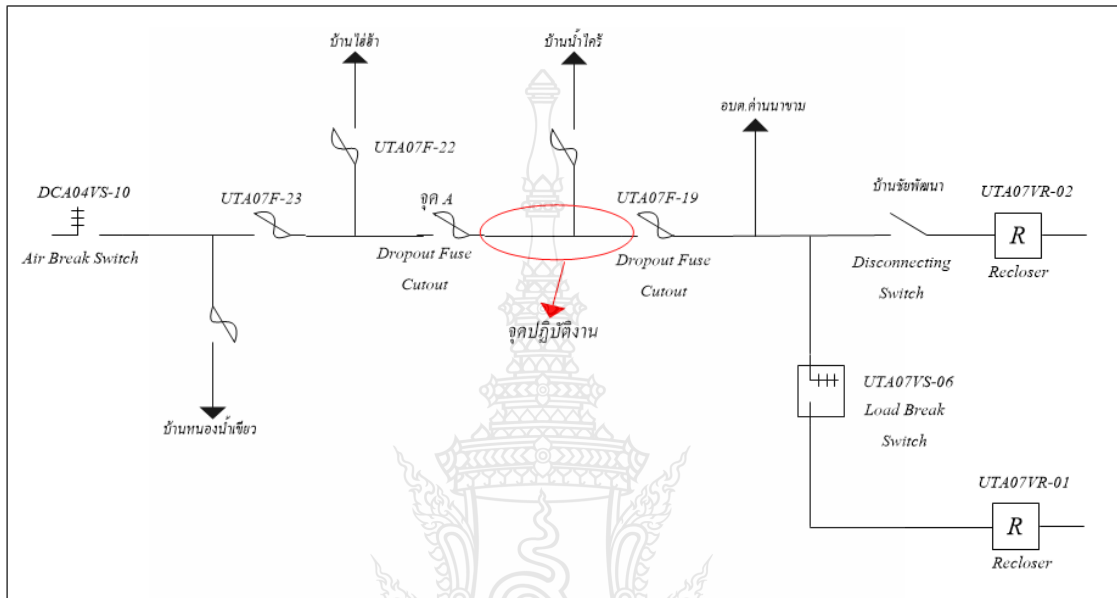
#### 3.1 วิธีการออกแบบผังสั่งการสวิตชิงระบบจำหน่าย

โดยหลักการเบื้องต้นของการสั่งการระบบไฟฟ้ามีความมุ่งหมาย เพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างปลอดภัย เชื่อถือได้ มีประสิทธิภาพ จึงได้จัดทำเป็นขั้นตอนการทำสวิตชิง ให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง ตามขั้นตอนที่เตรียมการไว้ กรณีดับไฟทำงานปกติ โดยขั้นตอนการเตรียมงานขอดับไฟปฏิบัติงาน เริ่มจากหน่วยงานที่ขอดับไฟ ต้องทำบันทึกขอดับไฟ (เอกสาร จฟ.-ร.29) [10] และแผนผังจุดปฏิบัติงาน ไปยังศูนย์สั่งการฯ ไม่น้อยกว่า 7 วัน หลังจากนั้นทางศูนย์สั่งการฯ จะตรวจสอบประสานงานกับหน่วยงานที่ได้รับผลกระทบในการดับไฟ ครั้งนี้ ยกเว้น กรณีฉุกเฉิน ที่ทางหน่วยกระแสไฟฟ้าขัดข้องหน่วยงาน จะต้องสั่งการทำสวิตชิง โดยประสานงานระหว่างรอดแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง กับศูนย์สั่งการ เพื่อถ่ายเทโหลด และจำกัดพื้นที่ไฟดับ ได้อย่าง

ถูกต้อง ปลอดภัย รวดเร็ว โดยตัวอย่างดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 นี้จะเป็นตัวอย่างขอตัดไฟปฏิบัติงาน กรณีปกติ

**รายละเอียดงานและปริมาณงาน**

1. ทำการรีดถอนเสา คอ. (คอนกรีตอัดแรง) ขนาด 14 เมตร จำนวน 8 ต้น



รูปที่ 3.1 แผนผังดับไฟปฏิบัติงาน กรณีปกติ

แผนการดำเนินการ				ดำเนินการจริง				หมายเหตุ
ที่	ปลด / สับ	รหัสอุปกรณ์	อุปกรณ์	เวลา	ปลด / สับ	รหัสอุปกรณ์	รหัสรถยนต์	
1	โยก MODE SW. ของ UTA07VR-02 ไปตำแหน่ง NON RECLOSING							
2	ปลด	UTA07VR-02						สนง.ตรวจสอบบัญชี
3	ปลด	สวิตช์เบรกชั่วคราวบ้านน้ำไคร้					ตามผังแนบ	บ้านน้ำไคร้
4	ปลด	เครื่องเอาท์ชั่วคราว จุด A หัวสะพานบ้านไผ่ดำ					ตามผังแนบ	หัวสะพานบ้านไผ่ดำ
5	สับ	UTA07VR-02						สนง.ตรวจสอบบัญชี
6	สับ	UTA07VR-03			ABS.			บ้านหนองน้ำเขียว
7	โยก MODE SW. ของ UTA07VR-02 ไปตำแหน่ง NORMAL RECLOSING							

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการสวิตชิง ดับไฟ กรณีปกติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังรายละเอียดงาน ขอย้ายโหลดในระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง ฟีดเดอร์ 7 (สายป้อนลำดับที่ 7) สถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เพื่อทำการรีดออนเสาคอร์.(คอนกรีตอัดแรง) ขนาด 14 เมตร จำนวน 8 ต้น ตั้งแต่อุปกรณ์สวิตช์ไบมีดชั่วคราว บ้านน้ำไคร้ จนถึง ครัวฟเอาท์ ฟิวส์คัทเอาท์ จุด A บริเวณสะพานไฮฮ้า ผู้ใช้ไฟประมาณ 80 ราย โหลดรวม 100 kVA โดยมีขั้นตอนการสั่งการทำสวิตซ์ ดังรูปที่ 3.2 ดังนี้

ขั้นตอนการสวิตซ์ระดับไฟทำงาน

1. โยก MODE SWITCH ของ UTA07VR-02 ไปตำแหน่ง NON RECLOSING
2. ปลด UTA07VR-02 (รี โคลสเซอร์)
3. ปลด สวิตซ์ไบมีดชั่วคราว บ้านน้ำไคร้
4. ปลด ครัวฟเอาท์ ฟิวส์คัทเอาท์ ชั่วคราว จุด A บริเวณสะพานบ้านไฮฮ้า
5. สับ UTA07VR-02 (รี โคลสเซอร์)
6. สับ DCA04VS-10 (แอร์เบรกสวิตซ์)
7. โยก MODE SWITCH ของ UTA07VR-02 ไปตำแหน่ง NORMAL RECLOSING

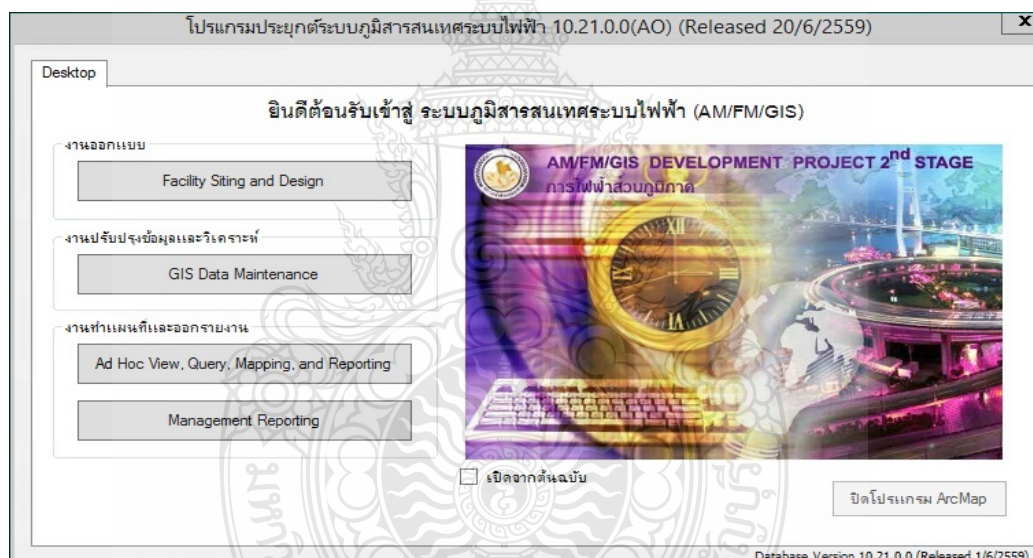
จะเห็นได้ว่า กรณีปกติ พนักงานสั่งการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง จะสั่งการรอกแก้ไฟฟ้าขัดข้อง ไปปฏิบัติงานตามผังสวิตซ์ข้างต้น ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย แต่ในกรณีฉุกเฉินนั้น การสั่งการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง จะสั่งการโดยอาศัยความชำนาญของผู้สั่งการแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ในการอ่านแบบผังจ่ายไฟ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า และข้อกำหนดในการปฏิบัติงานกับอุปกรณ์ตัดตอนในระบบจำหน่าย เป็นต้น

### 3.2 การจำลองค่ากระแสผิดพร่อง

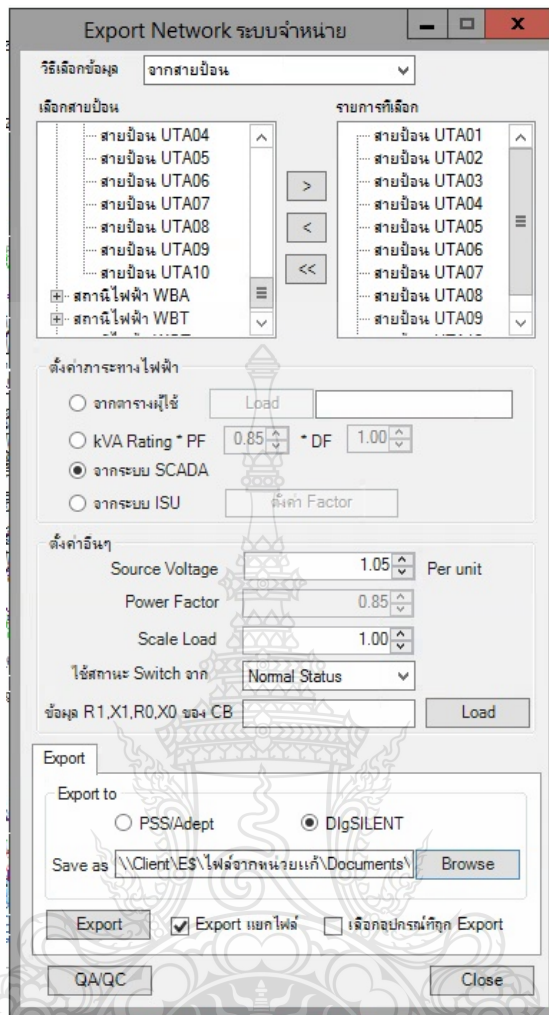
สำหรับการศึกษาค่าตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่องจะใช้ข้อมูลของระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรดิตถ์ ทั้ง 10 สายป้อน (Feeder) ทำการจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT โดยขอบเขตการจำลองจะจำลองความผิดพร่องแบบสายไลน์เส้นเดียวลงดิน (Single-Line-to-Ground Fault) ซึ่งเป็นแบบที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด และจำลองค่าเฉพาะสายป้อนหลัก (Main Feeder) ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัดตอนแต่ละส่วนเท่านั้น เนื่องจากสายป้อนย่อย (Sub Feeder) ต่างๆ จะมีอุปกรณ์ป้องกันอยู่แล้ว เวลาเกิดความผิดพร่องในระบบจำหน่าย ทางอุปกรณ์ป้องกันของสถานีไฟฟ้า จะไม่สามารถตรวจจับได้ ซึ่งจะอาศัยผู้ใช้ไฟ เป็นผู้แจ้งเหตุไฟฟ้าขัดข้อง

### 3.2.1 เตรียมข้อมูลระบบจำหน่าย

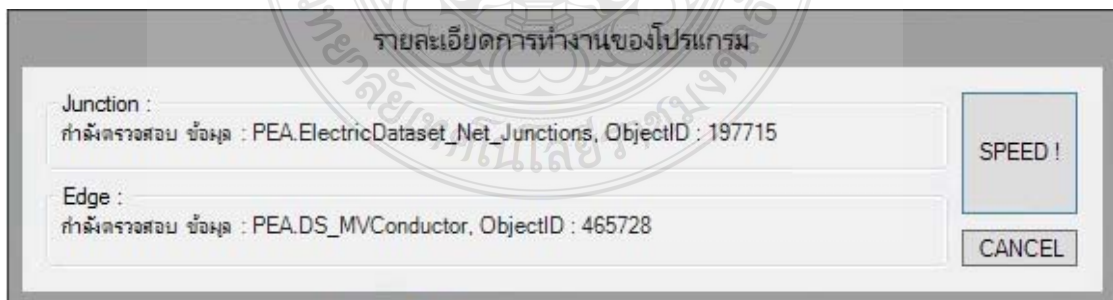
การจำลองหรือวิเคราะห์ค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะประยุกต์ใช้โปรแกรม DIgSILENT โดยอาศัยการโอนถ่ายข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จากระบบฐานข้อมูล GIS (Geographic Information System) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งค่ากระแสลัดวงจรจะแม่นยำมากน้อยเพียงใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลต่างๆ เช่น ระยะทางสายส่ง ชนิดสายส่ง และค่าพารามิเตอร์หม้อแปลง ดังนั้นก่อนการใช้แบบจำลองระบบไฟฟ้าจึงต้องมีการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เสียก่อน (ภาคผนวก ก.) ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ใช้ข้อมูลระบบไฟฟ้าของระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าจังหวัดอุดรดิตต์ ทั้ง 10 สายป้อน เพื่อจำลองค่ากระแสผิดพลาดในแต่ละจุดระหว่างอุปกรณ์ตัดตอน เพื่อนำค่ากระแสผิดพลาดที่ได้เป็นข้อมูลในการวางแผนสั่งการสวิตชิง เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยวิธีการเตรียมข้อมูลมีดังรูปที่ 3.3-3.6 [9]



รูปที่ 3.3 โปรแกรมระบบภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปที่ 3.4 การนำข้อมูลออกจากฐานข้อมูล GIS การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค



รูปที่ 3.5 รายละเอียดการทำงานของการนำข้อมูลออกจากฐานข้อมูล GIS



Computer > Local Disk (D:) > DigiSilent Power factory > digisilent > export gis > UTA

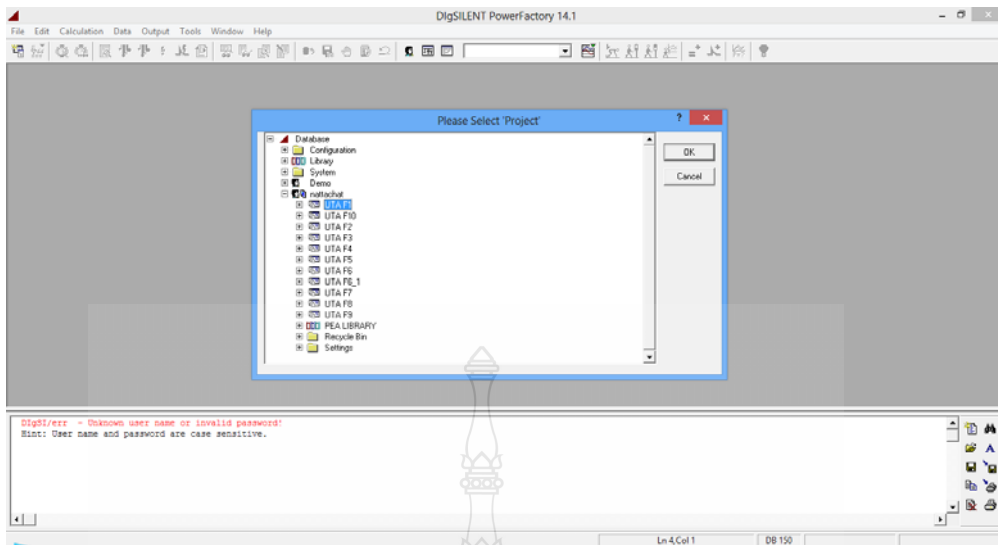
Name	Date modified	Type	Size
UTA01.dgs	11/10/2015 2:52 PM	DGS File	428 KB
UTA02.dgs	10/27/2015 2:57 PM	DGS File	366 KB
UTA03.dgs	10/28/2015 2:13 PM	DGS File	387 KB
UTA04.dgs	10/28/2015 2:17 PM	DGS File	191 KB
UTA05.dgs	10/28/2015 3:28 PM	DGS File	701 KB
UTA06.dgs	11/10/2015 2:53 PM	DGS File	205 KB
UTA07.dgs	10/29/2015 2:20 PM	DGS File	769 KB
UTA08.dgs	10/29/2015 2:41 PM	DGS File	133 KB
UTA09.dgs	10/29/2015 2:52 PM	DGS File	400 KB
UTA10.dgs	10/29/2015 3:09 PM	DGS File	125 KB

รูปที่ 3.6 วงจรระบบจำหน่ายจากฐานข้อมูล GIS

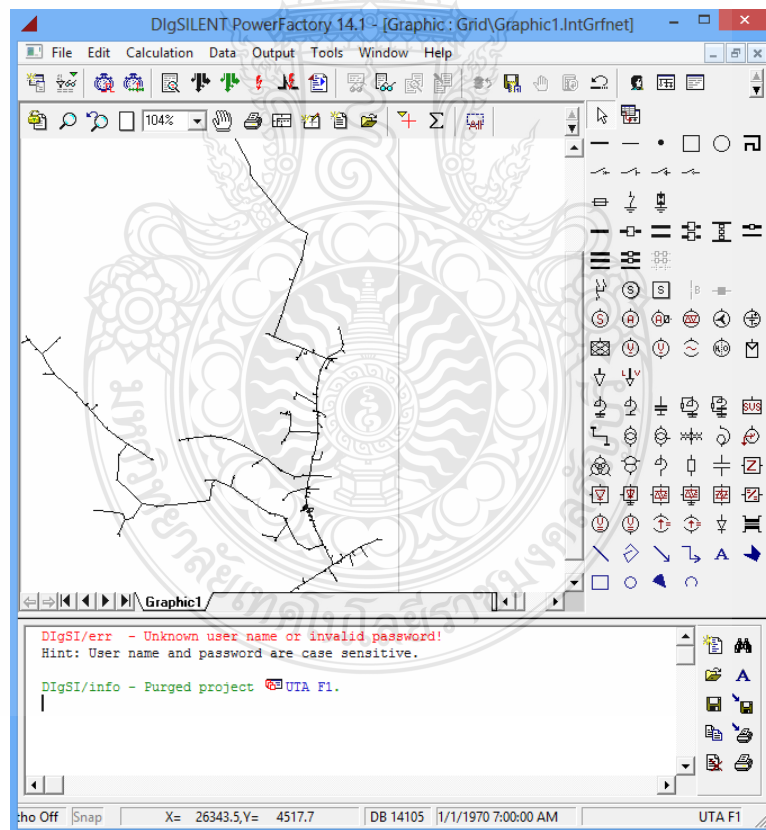
จากรูปที่ 3.3 เป็น โปรแกรมประยุกต์ระบบภูมิสารสนเทศระบบไฟฟ้า โดยเราจะเข้าไปที่ เครื่องมือ (Tools) โอนถ่ายข้อมูลระบบจำหน่าย (Export) ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 โดยจะนำข้อมูลระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์ ทั้ง 10 สายป้อนออก ตั้งแต่เซอร์กิตเบรกเกอร์ลงไปจนถึงหม้อแปลงระบบจำหน่าย โดยทำการรวมโหนดไว้หลังหม้อแปลงระบบจำหน่าย ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ DGS. ดังรูปที่ 3.6 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับ โปรแกรม DIgSILENT นำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่ากระแสลัดวงจร สายไลน์เส้นเดียวลงดิน (Single Line-to-Ground Fault)

### 3.2.2 การใช้โปรแกรม DIgSILENT จำลองค่ากระแสลัดวงจร

เมื่อนำข้อมูลระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์ ทั้ง 10 สายป้อนออกมาในรูปแบบไฟล์ สำหรับ โปรแกรม DIgSILENT จำเป็นจะต้องตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนจะทำการจำลองค่ากระแสลัดพ่วง โดยตรวจสอบกับข้อมูลคู่มือค่าพารามิเตอร์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [8]



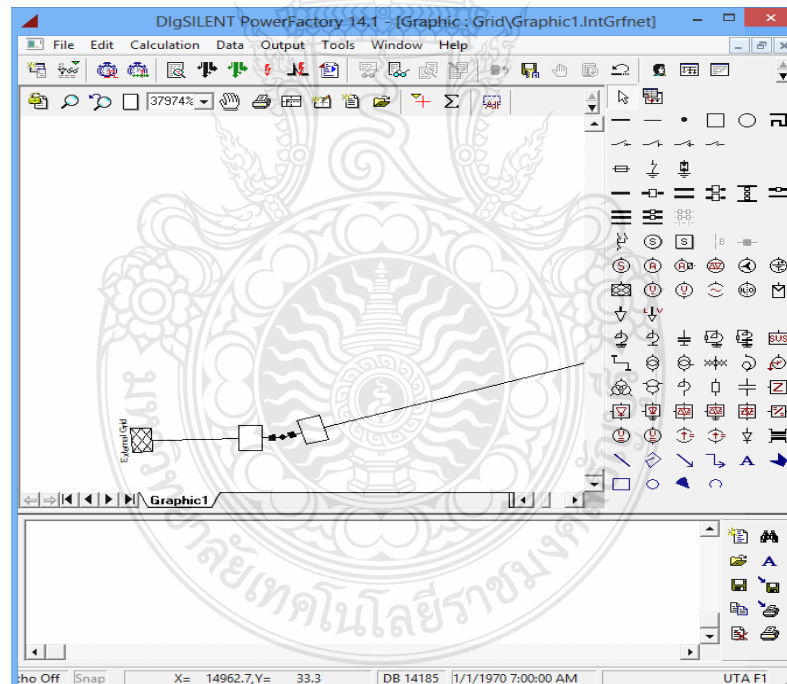
รูปที่ 3.7 โปรแกรม DIgSILENT



รูปที่ 3.8 วงจรระบบจำหน่ายที่นำออกมาจากระบบฐานข้อมูล GIS

Name	In Folder	Type	Out of Service	Object modified	Object modified by
Grid	Network Data			10/7/2016 11:32:09 F	nattachai
Summary Grid	Study Case			10/7/2016 11:32:08 F	nattachai
Sw199_126	Grid	MSD60012		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Sw203_3442	Grid	MSD60050		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Sw203_3445	Grid	MSL60040		10/20/2016 1:40:03 F	nattachai
Sw203_3448	Grid	MSD60050		10/17/2016 11:32:48 F	nattachai
Sw203_3455	Grid	MSL60040		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Sw203_3462	Grid	MSL60040		10/20/2016 2:05:16 F	nattachai
Sw203_3463	Grid	MSL60040		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Sw203_3457	Grid	MSL60040		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Sw203_65324	Grid	MSD60040		10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_192692	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_192699	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_192894	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1924295	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1924731	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1925825	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926052	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926121	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926596	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926597	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926598	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926599	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926617	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926618	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926619	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926620	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926621	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926622	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926623	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai
Ln193_1926668	Grid	MEL3	<input type="checkbox"/>	10/7/2016 11:32:12 F	nattachai

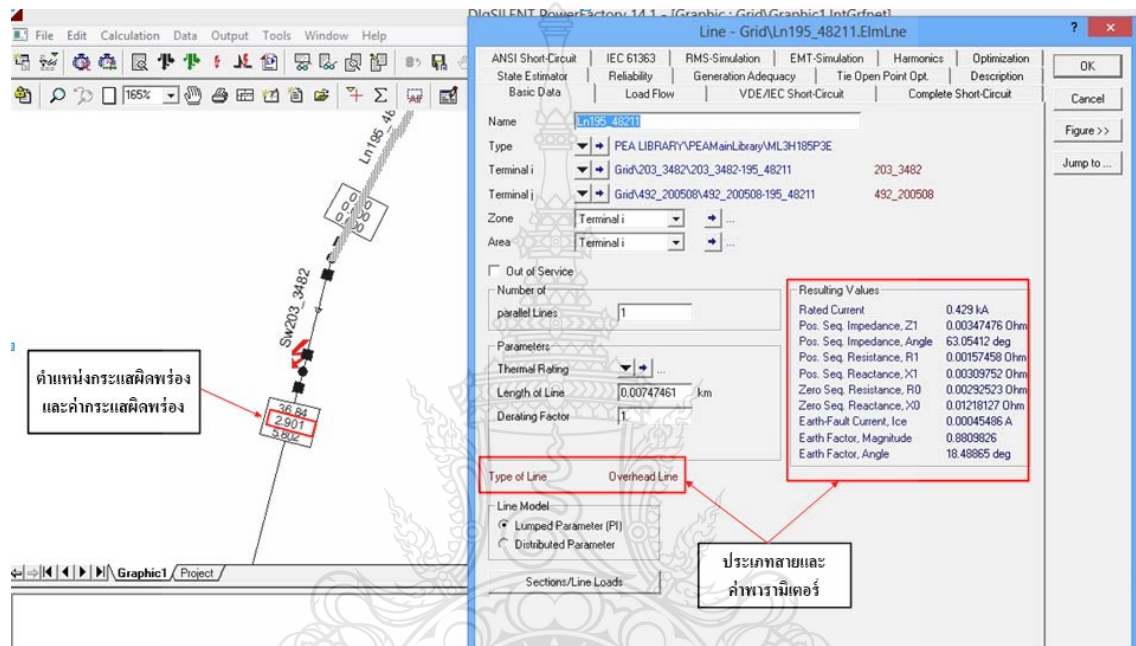
รูปที่ 3.9 ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ระบบจำหน่ายจากฐานข้อมูล GIS



รูปที่ 3.10 แหล่งจ่ายวงจรระบบจำหน่าย โปรแกรม DIgSILENT

จากรูปที่ 3.7 คือ โปรแกรม DIgSILENT เพื่อจำลองค่ากระแสผิดพลาดของระบบจำหน่าย โดยจะนำข้อมูลที่ได้จาก โปรแกรม GIS ตามรูปที่ 3.8 เป็นวงจรระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับ

ที่ 1 ของสถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์ เมื่อได้วงจรแล้วทำการตรวจค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น แหล่งจ่าย หม้อแปลงระบบจำหน่าย สายไฟฟ้าต่างๆ ตามรูปที่ 3.9 และ 3.10 เป็นต้น การจำลองค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่ายนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้น ซึ่งถูกบันทึกโดยรีเลย์ของสถานีไฟฟ้าจังหวัดอุตรดิตถ์ และทำการเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 3.11 เป็นการจำลองค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 1 และตรวจสอบค่าพารามิเตอร์สายไฟฟ้า (ภาคผนวก ก.)



รูปที่ 3.11 ลักษณะการจำลองค่ากระแสผิดพลาด โปรแกรม DIgSILENT

โดยจะจำลองค่ากระแสผิดพลาดระหว่างแต่ละช่วงของอุปกรณ์ตัดตอนทั้ง 10 สายป้อนของระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้าจังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อเก็บข้อมูลนำมาเป็นตัวแปรอินพุตสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม และผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำลองผ่านโปรแกรม DIgSILENT กับค่ากระแสผิดพลาดข้อมูล และตำแหน่งที่เกิดขึ้นจริงที่บันทึกจากพนักงานสถานีไฟฟ้า โดยผลการทดสอบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลจำลองกระแสผิดพลาดโปรแกรม DIGSILENT เทียบกับรีเลย์สถานีไฟฟ้า

No.	วันที่	สถานที่	Feeder No.	SLG Fault จาก รีเลย์สถานีไฟฟ้า (A)	SLG Fault จากการ จำลอง DIGSILENT (A)	%Error
1	2/4/2016	ประปา ส.อรุณ	5	1188	1222	2.861
2	23/3/2016	ชกส. วังกะพี้	8	3180	3117	1.981
3	21/5/2016	ราชภัฏอุตรดิตถ์	2	2220	2320	4.504
4	6/12/2016	หน้าโรงพยาบาลอุตรดิตถ์	1	4140	4290	3.623
5	7/2/2016	หน้าศูนย์มาสด้า อุตรดิตถ์	6	2262	2193	3.050
6	7/10/2016	โรงสีวิวัฒน์ ม่อนดินแดง	7	1980	1995	0.757
7	24/7/2016	หน้า ราชภัฏอุตรดิตถ์	2	2400	2416	0.666
8	25/8/2016	หน้าสำนักงานสรรพากร จ. อุตรดิตถ์	2	3210	3137	2.274
9	26/8/2016	ตรงปิด-เปิดรถไฟ สี่แยกบ้านเกาะ	3	3498	3604	3.030
10	21/10/2016	หน้า โรงเรียนสาธิตราชภัฏ จ. อุตรดิตถ์	2	2520	2480	1.587

จากตารางที่ 3.1 เป็นผลการเปรียบเทียบการจำลองค่ากระแสผิดพลาด แบบเฟสเดียว ลงดิน โดยโปรแกรม DIGSILENT กับการบันทึกค่ากระแสผิดพลาดของรีเลย์สถานีไฟฟ้า ซึ่งผลที่ได้ สามารถให้ค่ากระแสผิดพลาด และบริเวณที่เกิดเหตุการณ์ ได้ใกล้เคียงกับที่บันทึกข้อมูลไว้ ยกตัวอย่าง เช่น เกิดกระแสผิดพลาดที่ระบบจำหน่ายลำดับที่ 8 บริเวณ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ สาขาวังกะพี้ ได้ 3.180 kA และจากโปรแกรม DIGSILENT จำลองสถานที่เดียวกันได้ 3.117 kA เทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้ 1.981 % และจากการจำลองทั้ง 10 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกันได้ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยที่ 2.141 % จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลระบบจำหน่ายของสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้ง 10 สายป้อน จากฐานข้อมูล GIS ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สามารถใช้ในการจำลองค่ากระแสผิดพลาด เพื่อใช้เก็บข้อมูลเป็นตัวแปรอินพุทของโครงข่ายประสาทเทียมได้

### 3.3 การเลือกตัวแปรในการฝึกสอนและทดสอบ [2]

การเลือกตัวแปรในการฝึกสอนเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมมากที่สุด โดยประกอบไปด้วยตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งตัวแปรอินพุตที่ออกแบบได้แก่ ช่วงพิกัดกระแสผิดพลาดที่ได้จากการจำลองผ่านโปรแกรม DIGSILENT ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย ซึ่งป้อนให้กับชั้นข้อมูลอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียมตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 กำหนดค่าตัวแปรอินพุต

Input	Possible Values
ค่ากระแสผิดพลาด	9.95 - 0.45 kA
ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย	1 : Circuit Breaker Trip - Reclose
	2 : Circuit Breaker Trip - Lock Out
	3 : Recloser Trip - Lock Out

จากการคำนวณจำนวนข้อมูลที่น่าไปกำหนดค่าตัวแปรอินพุตจะมีจำนวนทั้งหมด 744 ชุดตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลอินพุตที่ได้จากการกำหนดค่าตัวแปรอินพุต

ชุดที่	ค่ากระแสผิดพลาด (kA)	ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่	สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย
1	9.95	1	1
2	9.95	1	2
3	9.95	1	3
4	9.45	1	1
741	0.95	10	3
742	0.45	10	1
743	0.45	10	2
744	0.45	10	3



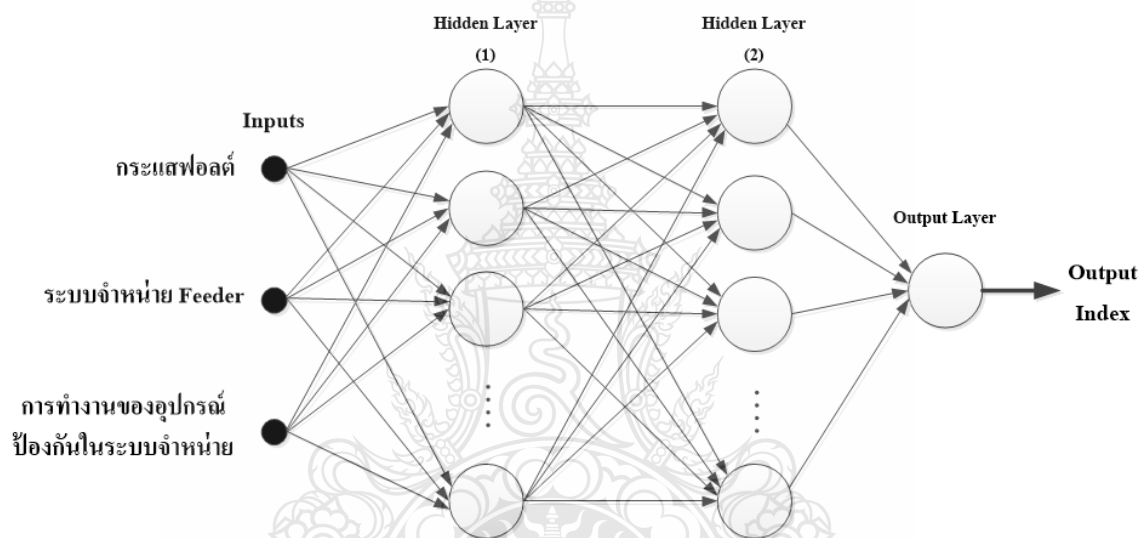
ส่วนตัวแปรเอาต์พุตที่ได้จากการออกแบบไว้โดยผู้ชำนาญ คือ ขั้นตอนการวางแผนสังการ สวิตซ์ เพื่อจำกัดพื้นที่ที่ไฟดับ ก่อนปฏิบัติงาน โดยสามารถได้คำตอบ 172 ข้อมูล ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 กำหนดค่าตัวแปรเอาต์พุตที่ได้จากข้อมูลระบบจำหน่าย

Output Index	ขั้นตอนที่ 1 สถานที่เกิดเหตุ	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3	ขั้นตอนที่ 10
1	ป้อนค่าไม่ถูกต้อง			
2	ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน RECLOSER ในระบบจำหน่าย			
3	บริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA01VS-01 ถึงจุดปลดแค ลัมป์สี่แยกห้วยไผ่			
170	บริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA10VR-01 ถึงอุปกรณ์ UTA10VS-05	ปลดพร้อมเปิดใบมีด ด้าน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	ปลดและลือค ถาน UTA10VS-05 (SF6 Load break switch)	-
171	บริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA10VS-05 ถึงอุปกรณ์ UTA10VS-06 และ UTA10VS-07	ปลดพร้อมเปิดใบมีด ด้าน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	ปลดและลือค ถาน UTA10VS-05 (SF6 Load break switch)	-
172	บริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA10VS-07 ถึงอุปกรณ์ UTA10VR-02 และ UTA01VS-08	ปลดพร้อมเปิดใบมีด ด้าน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	ปลดและลือค ถาน UTA10VS-07 (SF6 Load break switch)	-

### 3.4 การพิจารณาและกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

ข้อมูลที่ได้จากการกำหนดค่าตัวแปรอินพุต เอาท์พุทเป็นปัญหาชนิด ฟังก์ชันต่อเนื่องไม่เป็นเชิงเส้น จากการศึกษาในบทที่ 2 สามารถเลือกโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Network) โดยการทำงานเลือกแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward) ส่วนการฝึกสอนใช้แบบชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) โดยโครงสร้างลักษณะนี้นิยมเรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียมเปอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron Network : MLP) ลักษณะตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเสนอ

#### 3.4.1 การพิจารณาชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอน

ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม โดยฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบการทำงานป้อนไปข้างหน้า (Feedforward) มีอยู่หลายชนิด วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน (Hidden Layer) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (Linear) ในชั้นเอาท์พุท ซึ่งเพียงพอกับการแก้ปัญหา



### 3.5 ปริมาณของข้อมูลฝึกสอนและทดสอบ

ปริมาณของข้อมูลที่นำมาใช้ในการฝึกสอนและทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียมนี้ ส่วนมากจะมีข้อจำกัดจากวิธีการเตรียมข้อมูล ถ้าข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการเก็บบันทึกตามช่วงเวลา และความถี่ในการเก็บข้อมูล ส่วนในกรณีที่ได้ข้อมูลจากการจำลองเหตุการณ์ ปริมาณของข้อมูลจะขึ้นกับความซับซ้อนและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลอง ดังนั้นการเลือกปริมาณของข้อมูลฝึกสอนจึงต้องพิจารณาตามวิธีการเตรียมข้อมูล

ข้อมูลทดสอบ คือ ข้อมูลที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับ การฝึกสอนมาแล้ว โดยเป็นข้อมูลที่ประกอบไปด้วยตัวแปรอินพุตเช่นเดียวกับข้อมูลฝึกสอน หากแต่ค่าของตัวแปรจะเป็นค่าที่ไม่เคยถูกใช้ในการฝึกสอนมาก่อน เพื่อเป็นการวัดประสิทธิภาพของ โครงข่ายประสาทเทียมนี้ โดยใช้วัดค่าผิดพลาดของคำตอบของข้อมูลทดสอบ ที่ได้จากโครงข่าย ประสาทเทียม

### 3.6 เงื่อนไขการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

เงื่อนไขที่กำหนดขอบเขตการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะมีผลต่อการเรียนรู้ของ โครงข่ายประสาทเทียม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ Neural Networks Toolbox ของโปรแกรม MATLAB ฝึกสอน ดังนั้นองค์ประกอบบางชนิดที่มีผลต่อการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมที่โปรแกรม MATLAB ได้กำหนดไว้แล้วยกเว้นองค์ประกอบบางอย่าง เช่น รูปแบบอินพุตและเอาต์พุต จำนวน ข้อมูลฝึกสอนและทดสอบ เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้งานจะเป็นผู้กำหนดจุดมุ่งหมายของการฝึกสอนเอง ใน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ฝึกสอนให้ได้เอาต์พุตที่ต้องการ คือ ขั้นตอนการสั่งการสวิตชิง การฝึกสอนจะ ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม MATLAB ด้วยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU : Intel Core i3 ความเร็ว 1.8 GHz RAM : 4 GB

### 3.7 ขั้นตอนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมเป็นกระบวนการที่ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ ข้อมูลอินพุตและเอาต์พุต โดยอัลกอริทึมที่ช่วยในการฝึกสอนเร็วใช้วิธีการแพร่ค่าย้อนกลับ การนำ โครงข่ายประสาทเทียมไปใช้งานนั้นต้องผ่านขบวนการ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเรียนรู้หรือฝึกสอน (Learning) และขั้นตอนการทดสอบ (Testing)

### 3.7.1 ค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าไบอัส (Bias)

การเลือกค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสสำหรับการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมนั้นโดยทั่วไป จะมี 2 วิธีคือ กำหนดค่าด้วยตนเอง หรืออีกวิธีคือให้โปรแกรมทำการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสโดยวิธีการสุ่มเลือก โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้วิธีการสุ่มเลือก เนื่องจากจะทำให้การฝึกสอนในแต่ละรอบมีทิศทางการเข้าสู่คำตอบที่แตกต่างกันออกไป

### 3.7.2 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส

จากที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ว่าการปรับถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสนั้นมีวิธีการหลายวิธี แต่ละแบบจะมีประสิทธิภาพและความเร็วในการฝึกสอนแตกต่างกันไป วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้กฎการเรียนรู้ Levenberg-Marquardt ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการฝึกสอนสูงสุด ตามที่ระบุใน Neural Network Toolbox User's Guide [11]

### 3.7.3 จำนวนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงข่ายประสาทเทียมอีกอย่างหนึ่ง คือ จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนจะมีผลต่อเวลาในการฝึกสอน แต่จำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่มาก ไม่ได้หมายความว่า โครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพดี วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ เริ่มต้นที่ชั้นซ่อน 1 ชั้นจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 2 ไปจนถึง 30 นิวรอน แล้วดูผลการฝึกสอนถ้าไม่สำเร็จ จะเพิ่มชั้นซ่อนเป็น 2 ชั้น โดยจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 จะมีมากกว่าในชั้นซ่อนที่ 2 อยู่ 1 นิวรอนและเพิ่มไปที่ละนิวรอน จนการฝึกสอนสำเร็จและนำโครงสร้างที่ดีที่สุดไปใช้งาน

### 3.7.4 เงื่อนไขของการสิ้นสุดการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward) ด้วยกฎ Levenberg-Marquardt โดยใช้ Neural Networks Toolbox ซึ่งมีเงื่อนไขการสิ้นสุดการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมดังนี้ คือ ค่า Performance Gradient ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาถึงการสิ้นสุดการฝึกสอนโดยในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสแต่ละรอบนั้น ค่าพารามิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับค่าผิดพลาด ( $e$ ) ที่เกิดขึ้นใน Epoch โดยการฝึกสอนจะสิ้นสุดลงเมื่อ Performance Gradient มีค่าน้อยกว่า  $1e^{-5}$

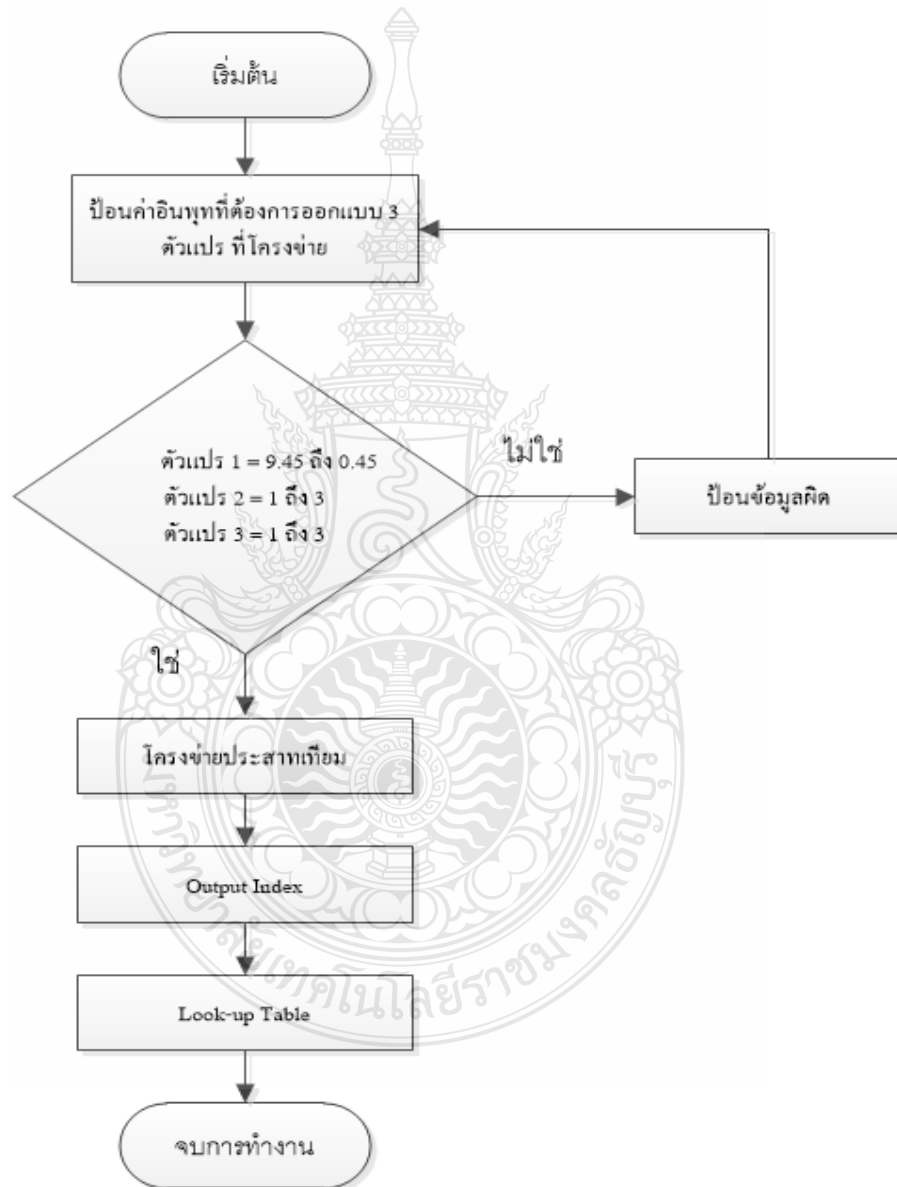
## 3.8 ขั้นตอนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation)

ขั้นตอนแรกของการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม จะเป็นการเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน เมื่อได้ข้อมูลนำมาจัดอยู่ในรูปแบบเมตริกซ์ โดยมีจำนวนหลักเท่ากับจำนวนตัวแปรอินพุท ร่วมกับจำนวนตัวแปรเอาต์พุท 1 เอาต์พุท และจำนวนแถวเท่ากับจำนวนชุดที่ฝึกสอนให้กับโครงข่าย

ประสาทเทียม วิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดค่าตัวแปรอินพุท เอาท์พุท จำนวนชุดฝึกสอน จำนวนชุดทดสอบและฝึกสอน โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนตามรายละเอียดดังนี้

### 3.9 ขั้นตอนการวางแผนสั่งการสวิตชิง โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

ขั้นตอนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตชิง ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการออกแบบโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

### 3.10 การประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ

ในส่วนของ การประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอเป็นขั้นตอนที่สำคัญ สำหรับการวางแผนสั่งการสวิตชิง โดยที่เป้าหมายคือ การนำไปให้ผู้สั่งการจัดทำ สวิตชิงเพื่อถ่ายเท โหลดและจำกัดพื้นที่ไฟฟ้าดับ จำนวน 10 คนทดลองใช้ และเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ปฏิบัติอยู่

ขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพ

1. จัดทำแบบฟอร์มการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรม
2. ให้ผู้สั่งการทำสวิตชิง ทดลองใช้โปรแกรม
3. แนะนำโครงข่ายประสาทดัดแปลงและโปรแกรม MATLAB เบื้องต้นแก่ผู้ใช้งาน
4. ชี้แจงการกำหนดค่าตัวแปรและการป้อนข้อมูลอินพุต เข้าโครงข่ายประสาทดัดแปลง
5. นำเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นกับระบบจำหน่าย จำนวน 5 เหตุการณ์ เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องกับการสั่งทำสวิตชิงโดยคน
6. จัดเก็บข้อมูลผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรม

### 3.11 สรุป

ในบทที่ 3 นี้ แสดงวิธีการออกแบบขั้นตอนการวางแผนสั่งการสวิตชิง กรณีดับไฟ ปฏิบัติงานปกติ เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการสั่งการเบื้องต้น ว่ามีลักษณะอย่างไร ต่อมาเป็นการจำลอง ค่ากระแสผิดพลาดของระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ ทั้ง 10 สายป้อน โดยโปรแกรม DIGSILENT และเทียบกับข้อมูลจากกรีเคย์จากสถานีไฟฟ้า พบว่าสามารถให้ผลในเรื่องตำแหน่งของการเกิดฟอลต์ในระบบได้ จึงทำการเก็บข้อมูลค่ากระแสฟอลต์ นำไปกำหนดข้อมูลอินพุต ของโครงข่ายประสาทดัดแปลง โดยมีอินพุต 3 อินพุต คือ ค่ากระแสผิดพลาด ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย จัดข้อมูลอินพุตได้ทั้งหมด 744 ชุดข้อมูล ส่วนเอาต์พุต คือ ขั้นตอนวางแผนสั่งการสวิตชิง ซึ่งจัดข้อมูลได้ 172 ชุดข้อมูล

โดยเงื่อนไขการฝึกสอนโครงข่ายประสาทดัดแปลง เลือกแบบชนิดแพร่ย้อนกลับ และใช้กฎ การเรียนรู้ Levenberg-Marquardt โดย เริ่มต้นที่ชั้นซ่อน 1 ชั้นจำนวนนิวรอนตั้งแต่ 2 ไปจนถึง 30 นิวรอน และจะเพิ่มชั้นซ่อนเป็น 2 ชั้น โดยจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 จะมีมากกว่าในชั้นซ่อนที่ 2 อยู่ 1 นิวรอนและเพิ่มไปที่ละนิวรอน หากฝึกสอนไม่สำเร็จ โดยเงื่อนไขการสิ้นสุดการฝึกสอน คือ Performance Gradient มีค่าน้อยกว่า  $1e^{-5}$

ส่วนการประเมินประสิทธิภาพ คือ จัดทำแบบฟอร์ม ให้ผู้สั่งการทดลองใช้ และเปรียบเทียบกับวิธีการวางแผนสวิตซ์ปัจจุบัน ลำดับต่อไปจะเป็นขั้นตอนการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 4 ต่อไป



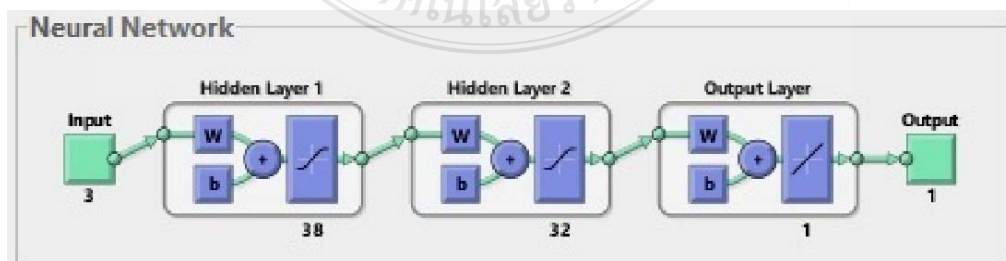
## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

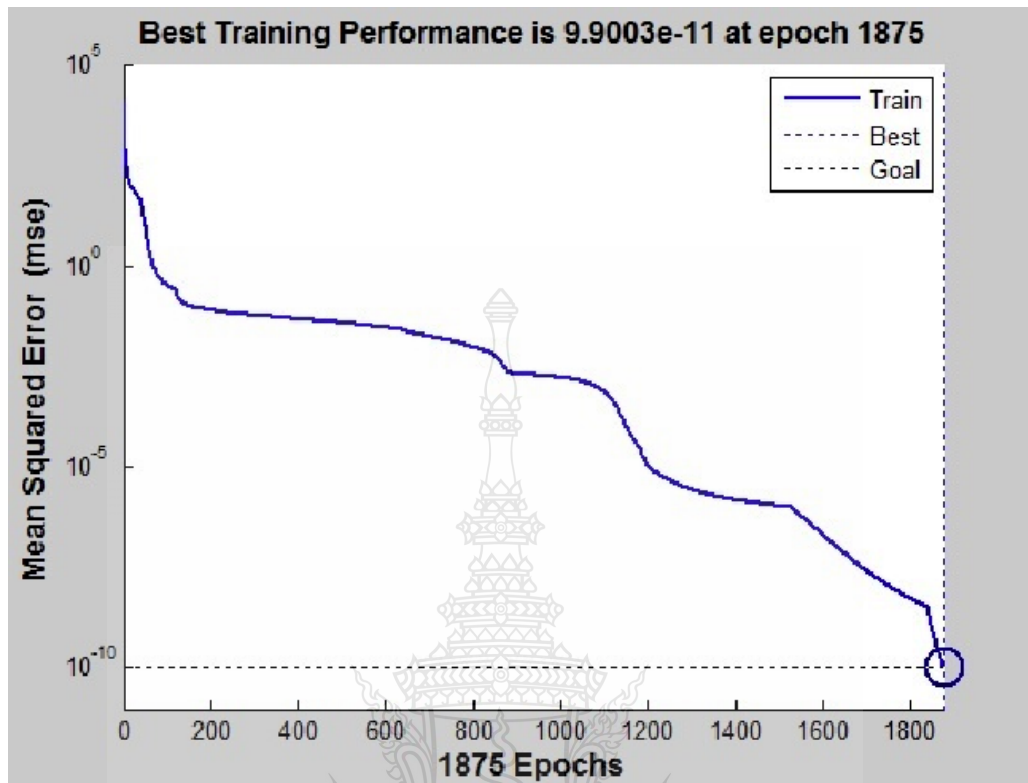
บทนี้เป็นการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม และทดสอบ โดยการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบข้อมูล ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากเอาต์พุทของโครงข่ายประสาทเทียมมาเปรียบเทียบกับการออกแบบด้วยบุคคล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

จากการจัดทำข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ที่ได้มาจากการจำลองค่ากระแสผิวดพรวง โดยโปรแกรม DIGSILENT มาจัดเป็นข้อมูลอินพุทได้ 3 อินพุท คือ ค่ากระแสผิวดพรวง ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ส่วนค่าเอาต์พุทเป็นดัชนี เพื่อไปชี้ค่าคำตอบเอาต์พุท คือ ขั้นตอนการสั่งการสวิตช์ระบบจำหน่าย ซึ่งได้มาจากการออกแบบของผู้ชำนาญการ โดยสามารถจัดข้อมูลอินพุททั้งหมด  $3 \times 744$  ชุดข้อมูล และมีค่าดัชนีเอาต์พุท 172 ชุดข้อมูล โดยเงื่อนไขการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม ชนิดแพร่ย้อนกลับ ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งจากผลการฝึกสอน ที่เริ่มต้นที่ชั้นซ่อนที่ 1 จำนวนตั้งแต่ 2 ไปจนถึง 30 นิวรอนพบว่าไม่สามารถแก้ปัญหาของข้อมูลได้ ค่า Performance Gradient ยิ่งมากกว่า  $1e^{-5}$  จึงได้เพิ่มชั้นซ่อนที่ 2 ขึ้น พบว่าสามารถแก้ปัญหาทางข้อมูลได้ โดยใช้จำนวนเซลล์ชั้นซ่อนในชั้นแรก เท่ากับ 30 เซลล์ และชั้นที่ 2 เท่ากับ 23 เซลล์ แต่หากต้องการค่าผิดพลาดน้อยกว่า  $1e^{-10}$  ต้องใช้จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนที่ 1 เท่ากับ 38 เซลล์ และชั้นซ่อนที่ 2 เท่ากับ 32 เซลล์ เพื่อให้มีความผิดพลาดน้อย จึงได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมนี้ มาใช้ในการทดสอบข้อมูล โดยการป้อนข้อมูลอินพุททั้งหมด  $3 \times 744$  ชุดข้อมูล เข้าโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าสามารถให้ค่าเอาต์พุทได้ถูกต้องทั้งหมด



รูปที่ 4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับใน โปรแกรม MATLAB



รูปที่ 4.2 สมรรถนะการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมในโปรแกรม MATLAB

จากรูปที่ 4.1 หลังจากกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จากนั้นสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยใช้ Toolbox Neural Network ของโปรแกรม MATLAB และได้ผลค่าความผิดพลาดน้อยกว่า  $1e^{-10}$  ตามรูปที่ 4.2 ซึ่งมีจำนวนรอบการฝึกสอนทั้งหมด 1,875 รอบ ส่วนการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมจะพูดถึงในหัวข้อถัดไป

#### 4.2 การทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

จะทำการป้อนข้อมูลตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ โดยมีตัวอย่างการทดสอบ 20 ชุดข้อมูล แบ่งเป็นชุดข้อมูลที่ถูกต้อง 10 ชุดข้อมูล และข้อมูลที่ค่ากระแสผิดพร่องไม่ตรงกับค่าเป้าหมาย แต่อยู่ในช่วงพิกัด 9.95 – 0.45 kA จำนวน 10 ชุดข้อมูล รวมทั้งสิ้น 20 ชุดข้อมูล

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบกับโครงข่ายประสาทดัดเทียม

กระแสฟอลต์ (kA)	ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่	สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน	ดัชนีเป้าหมาย	ดัชนีที่ได้จากการทดสอบ
8.45	1	2	16	16
7.95	2	2	36	36
6.95	3	2	53	53
6.45	4	2	70	70
5.45	5	2	91	91
4.45	6	2	115	115
7.45	7	2	136	136
2.45	8	2	152	152
3.95	9	2	162	162
5.45	10	2	169	169
7.14	1	2	16	16
6.60	2	2	36	36
4.51	3	2	54	54
2.56	4	2	78	78
7.28	5	2	91	91
6.31	6	2	114	114
9.05	7	2	136	136
1.99	8	2	152	152
5.78	9	2	160	160
4.36	10	2	169	169

จากตารางที่ 4.1 หลังจากทดสอบโครงข่ายประสาทดัดเทียมด้วยการป้อนชุดข้อมูลที่มีอินพุตถูกต้อง 10 ชุด พบว่าค่าดัชนีที่ได้จากการทดสอบตรงกับค่าดัชนีเป้าหมาย และทดลองป้อนชุดข้อมูลที่มีอินพุต ค่ากระแสผิดพลาดไม่ตรงกับค่าเป้าหมาย แต่อยู่ในช่วงพิกัด 9.95 – 0.45 kA จำนวน 10 ชุดข้อมูล พบว่าค่าดัชนีไม่คลาดเคลื่อนจากค่าเป้าหมาย

ขั้นตอนต่อไป จะทำการทดสอบโครงข่ายประสาทดัดเทียม โดยการป้อนข้อมูล ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ที่ไม่ตรงกับค่าเป้าหมาย โดยค่า



ดัชนีที่ได้จะไม่ตรงกับค่าดัชนีเป้าหมาย ตามตารางที่ 4.2 และออกแบบให้โปรแกรมทำการแจ้งเตือนผู้ใช้ เกี่ยวกับการป้อนข้อมูลเกินขอบเขตที่กำหนด

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ไม่ตรงกับค่าเป้าหมายทดสอบกับโครงข่ายประสาทดัดเทียม

กระแสฟอลต์ (kA)	ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่	สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน	ดัชนีที่ได้จากการทดสอบ
8.45	11	2	337
7.95	12	2	670
6.95	13	2	331
6.45	14	2	258
5.45	15	2	592
4.45	6	4	757
7.45	7	5	836
2.45	8	6	236
3.95	9	7	246
5.45	10	8	329

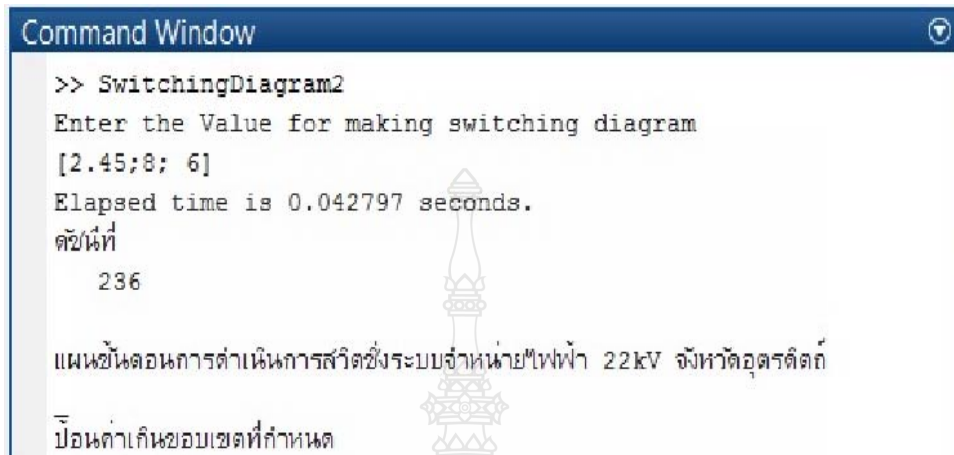
จากตารางที่ 4.2 ทดสอบโดยการป้อนข้อมูล ค่ากระแสฟอลต์ที่ตรงเป้าหมาย ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 5 ชุดข้อมูล และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ชุดข้อมูลไม่ตรงค่าเป้าหมาย อีก 5 ชุดข้อมูล ผลจากการทดสอบที่ได้คือ ดัชนีที่ได้จะไม่ตรงกับค่าเป้าหมาย 1-172 จึงให้โปรแกรมทำการแจ้งเตือนการป้อนข้อมูลเกินขอบเขตที่กำหนด ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[8.45;11; 2]
Elapsed time is 0.076587 seconds.
ดัชนีที่
    337

แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตซ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุตรดิตถ์
ป้อนค่าเกินขอบเขตที่กำหนด
    
```

#### รูปที่ 4.3 ทดสอบชุดข้อมูลระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ไม่ตรงค่าเป้าหมาย



```
Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[2.45;8; 6]
Elapsed time is 0.042797 seconds.
คี่ใหม่
236
แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตซ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรดิตถ์
ป้อนค่าเกินขอบเขตที่กำหนด
```

#### รูปที่ 4.4 ทดสอบชุดข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินที่ไม่ตรงค่าเป้าหมาย

### 4.3 การทดสอบผลโครงข่ายประเทียมเทียบการออกแบบโดยบุคคล

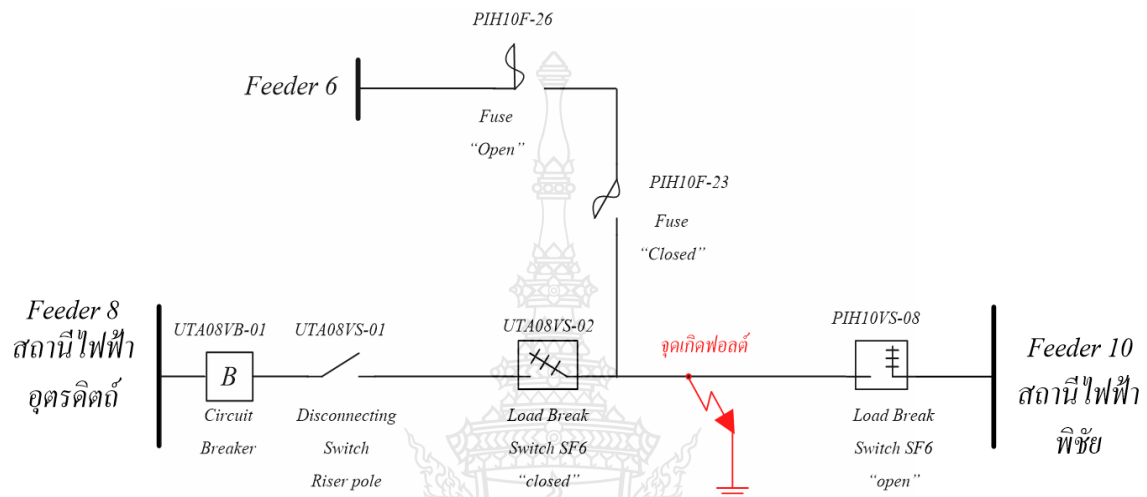
ขั้นตอนการทดสอบนี้ จะนำข้อมูลที่บันทึกเหตุการณ์การสวิตซ์ระบบจำหน่าย 22 kV ก่อนแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง จากพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง จังหวัดอุดรดิตถ์ มาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบโดยโปรแกรม โดยทดสอบข้อมูลทั้งหมด 5 ชุดข้อมูล โดยแสดงตัวอย่างดังนี้

#### 4.3.1 เหตุการณ์ที่ 1 วันที่ 17 พฤษภาคม 2560 เวลา 23.53 – 03.45 น. (ภาคผนวก ข.)

หน่วยแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องรับ แจ้งจากสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เกิดเหตุการณ์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวเจอร์ที่ 8 Trip - Lock Out กระแสฟอลต์ 1.4 kA Phase B-Ground จากนั้นพนักงานสั่งการรถแก่กระแสไฟฟ้า ออกค้นหาสาเหตุ พร้อมกับสวิตซ์ระบบจำหน่าย เพื่อจำกัดพื้นที่ไฟดับบริเวณกว้าง โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ค้นหาสาเหตุ บริเวณตั้งแต่หน้าสถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟิวเจอร์ 8 ถึง อุปกรณ์โหลดเบรกสวิตซ์ UTA08VS-02 ไม่พบสาเหตุ ทดลองจ่ายเบรกเกอร์ฟิวเจอร์ 8 จ่ายได้ปกติ
2. จากนั้นสับ UTA08VS-02 ทดลองจ่ายไฟ ไม่สามารถจ่ายได้
3. ปลด UTA08VS-02 ค้นหาสาเหตุตั้งแต่ UTA08VS-02 ถึง PIH10VS-08
4. พบเจอสาเหตุ เป็นกิ่งไม้พาดสายแรงสูงเปลือย หลังอุปกรณ์ UTA08VS-02

5. ทำการล๊อคคานโหลดเบรกสวิตช์ UTA08V-02 และ PIH10VS-08
6. แก้ไขโดยเช็คแรงดันไฟฟ้า ก่อนตัดกิ่งไม้ที่พาดสายแรงสูงเปลือย ออก
7. จากนั้นปลดล๊อคคาน UTA08VS-02 และ PIH10VS-08 พร้อมสับ UTA08VS-02  
จ่ายไฟได้ปกติ สภาพอากาศหน้างาน ฝนตก , ลมแรง



รูปที่ 4.5 ฟังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 1 ในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 4.5 เป็นการจำลองเหตุการณ์ กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ที่ถูกบันทึกโดยพนักงาน  
สั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หลังจากนั้น จะทำการทดลองโครงข่ายประสาทยืดที่ผ่านการ  
ฝึกสอนมาแล้ว โดยนำค่ากระแสผิดพลาดที่รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า คือค่า 1.400 kA เป็นอินพุทที่ 1  
และอินพุทที่ 2 เป็นระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 8 ส่วนอินพุทที่ 3 คือ 2 Circuit Breaker Trip –  
Lock Out การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ทั้งหมด 3 อินพุทป้อนเข้าโครงข่าย  
ประสาทยืด ผลของโปรแกรมที่ค่าดัชนีที่ 154 ดังรูปที่ 4.6

```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[1.40;8; 2]
Elapsed time is 0.053961 seconds.
ดัชนีที่
    154

แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตซ์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรดิตถ์

ขั้นตอนที่ 1 คั่นหาบริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA08VS-02 ถึงอุปกรณ์ PIH10VS-08  วัดวงรีปรั้ง
ขั้นตอนที่ 2 ปลด UTA08VB-01 (เบรกเกอร์สถานะ)
ขั้นตอนที่ 3 ปลด และลืดอกาน UTA08VS-02 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 4 สับ UTA08VB-01 (เบรกเกอร์สถานะ)
ขั้นตอนที่ 5 ลืดอกาน PIH10VS-08 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 6 ปลด PIH10F-23 (Drop out fuse cut-out)  วัดท่าทอง
ขั้นตอนที่ 7 สับ PIH10F-26 (Drop out fuse cut-out)  บานมุงจิก Tie line
หมายเหตุ*** ตรวจสอบแรงดันก่อนขึ้นปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัย

```

รูปที่ 4.6 การวางแผนสั่งการสวิตซ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 1 ในระบบจำหน่าย

ผลที่ได้คือโปรแกรมสามารถแสดงผล สถานที่ที่เกิดฟอลต์ในระบบ และขั้นตอนการสั่งการสวิตซ์ ปลด – สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง แต่อาจแตกต่างตรงที่แผนสั่งการสวิตซ์ที่ได้ออกแบบไว้เพื่อจำกัดพื้นที่ไฟฟ้าดับให้น้อยที่สุด แต่กรณีนี้พนักงานสั่งการ ไม่ได้ทำตามขั้นตอนที่ 6 – 7 ซึ่งอาจมองว่าเวลาที่ใช้ในการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง นำกิ่งไม้พาดสายออกนั้น ใช้เวลาไม่นานจนต้องทำตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น

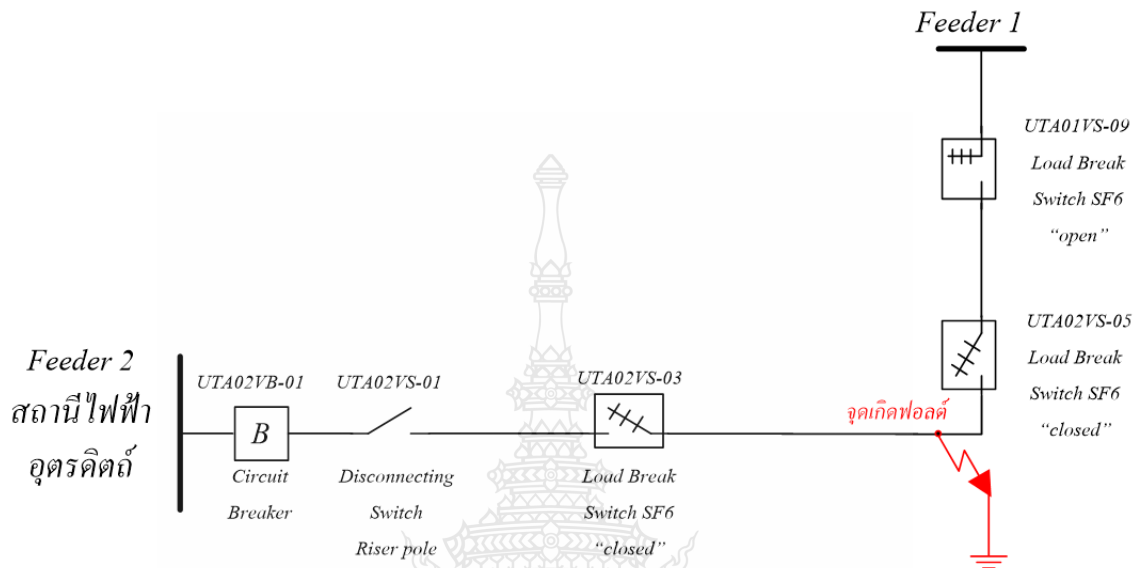
#### 4.3.2 เหตุการณ์ที่ 2 วันที่ 29 พฤษภาคม 2560 เวลา 05.50 – 07.09 น. (ภาคผนวก ข.)

หน่วยแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เกิดเหตุการณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 2 Trip – Reclosed กระแสฟอลต์ 2.48 kA Phase A-Ground จากนั้นพนักงานสั่งการรถแก้กระแสไฟฟ้า ออกค้นหาสาเหตุ พร้อมกับสวิตซ์ระบบจำหน่าย โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ค้นหาสาเหตุ บริเวณตั้งแต่หน้าสถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 2 พบสาเหตุเป็นสายแรงสูงขาด บริเวณหน้าโรงเรียนอุดรดิตถ์ ก่อนถึงอุปกรณ์โหลดเบรกสวิตซ์ UTA02VS-05 ต้องสั่งการสวิตซ์ถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย จำกัดพื้นที่ไฟดับ

2. ปลด UTA02VS-03 บริเวณสถานีดับเพลิงเทศบาลอุดรดิตถ์
3. ปลด UTA02VS-05 บริเวณโรงเรียนอุดรดิตถ์
4. สับ UTA01VS-09 บริเวณห้างศรีพงษ์พาร์ค

5. แก้ไข ต่อสายแรงสูงขนาด เฟส เอ จากนั้นเมื่อปฏิบัติงานแล้วเสร็จพร้อมคืนระบบ
6. ให้สับ UTA02VS-05 , UTA02VS-03 และปลด UTA01VS-09



รูปที่ 4.7 ผังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 2 ในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 4.7 เป็นการจำลองเหตุการณ์ กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ที่ถูกบันทึกโดยพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หลังจากนั้น จะทำการทดลอง โคร่งข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว โดยนำค่ากระแสผิดปกติที่รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า คือค่า 2.480 kA เป็นอินพุทที่ 1 และอินพุทที่ 2 เป็นระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 2 ส่วนอินพุทที่ 3 คือ 2 Circuit Breaker Trip – Lock Out การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ทั้งหมด 3 อินพุทป้อนเข้าโคร่งข่ายประสาทเทียม ผลของโปรแกรมชี้ค่าดัชนีที่ 41 ดังรูปที่ 4.8



```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[2.48;2; 2]
Elapsed time is 0.045764 seconds.
คำสั่งที่
    41

แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตช์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรดิตถ์

ขั้นตอนที่ 1 ดันหยาบริเวณตั้งแต่จุดปลดแคล้มป์แขวงทางอุดรดิตถ์ ที่ 1 ถึงอุปกรณ์ UTA02VS-05
ขั้นตอนที่ 2 ปลด UTA02VB-01 (เบรกเกอร์สถานี)
ขั้นตอนที่ 3 ปลด และล๊อคคาน UTA02VS-03 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 4 ปลด จุดปลดแคล้มป์แขวงทางอุดรดิตถ์ ที่ 1
ขั้นตอนที่ 5 ปลด และล๊อคคาน UTA02VS-05 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 6 สับ UTA02VS-03 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 7 สับ UTA02VB-01 (เพื่อจ่าย Feeder 2)
ขั้นตอนที่ 8 สับ UTA01VS-09 (เพื่อจ่าย Feeder 1)
หมายเหตุ*** ตรวจสอบแรงดันก่อนขึ้นปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัย

```

รูปที่ 4.8 การวางแผนสั่งการสวิตช์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 2 ในระบบจำหน่าย

ผลที่ได้คือโปรแกรมสามารถแสดงผล สถานที่ที่เกิดฟอลต์ในระบบ และขั้นตอนการสั่งการสวิตช์ ปลด – สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง แต่อาจแตกต่างตรงที่แผนสั่งการสวิตช์ที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อจำกัดพื้นที่ไฟฟ้าดับให้น้อยที่สุด แต่กรณีนี้พนักงานสั่งการ ไม่ได้ทำขั้นตอนที่ 4 ซึ่งอาจมองว่าเวลาที่ใช้ในการปลดแคล้มป์ อาจเพิ่มเวลาในการปฏิบัติงานมากขึ้น

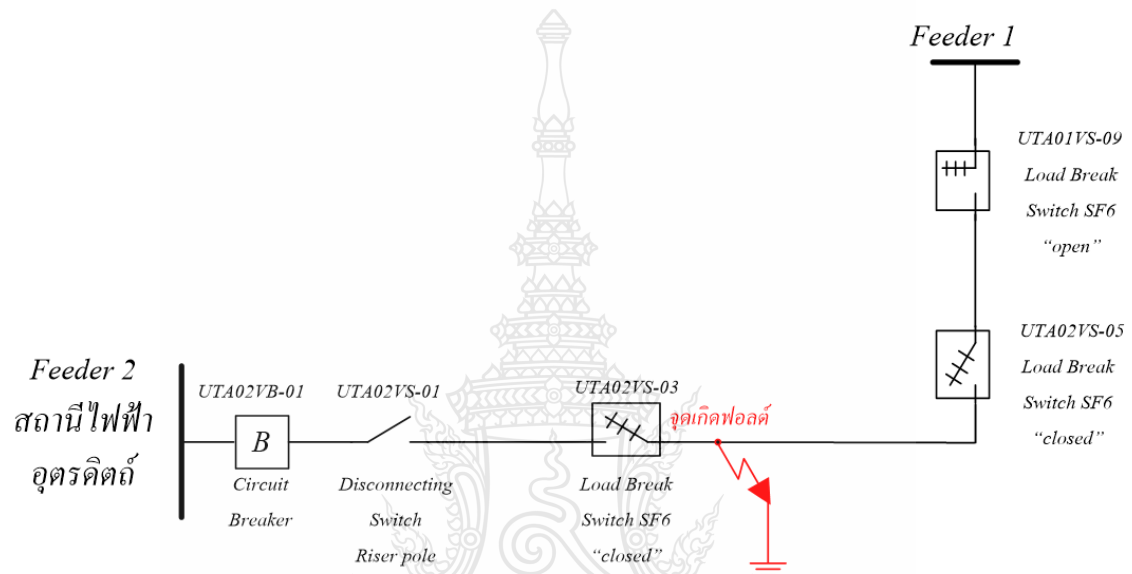
#### 4.3.3 เหตุการณ์ที่ 3 วันที่ 13 มิถุนายน 2560 เวลา 13.50 – 15.40 น. (ภาคผนวก ข.)

หน่วยแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เกิดเหตุการณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 2 Trip – Lock Out กระแสฟอลต์ 2.749 kA Phase C-Ground จากนั้นพนักงานสั่งการรถแก่กระแสไฟฟ้า ออกค้นหาสาเหตุ พร้อมกับสวิตช์ระบบจำหน่าย โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ค้นหาสาเหตุ บริเวณตั้งแต่หน้าสถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 2 พบสาเหตุเป็นกิ่งไม้พาดสายแรงสูงขาด บริเวณข้างโรงเรียนเทศบาลท่าอิฐ ก่อนถึงจุดปลดแคล้มป์แขวงทางอุดรดิตถ์ที่ 1 และอุปกรณ์โหลดเบรกสวิตช์ UTA02VS-05 ต้องสั่งการสวิตช์ถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย จำกัดพื้นที่ไฟดับ

2. ปลด UTA02VS-03 พร้อมล๊อคคาน บริเวณสถานีดับเพลิงเทศบาลอุดรดิตถ์
3. สับ UTA02VB-01 เซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 2

4. ปลด UTA02VS-05 พร้อมล๊อคคาน บริเวณ โรงเรียนอุตรดิตถ์
5. สับ UTA01VS-09 บริเวณห้างศรีพงษ์พาร์ค
6. แก้ไข ตัดกิ่งไม้และต่อสายแรงสูงขนาด เฟส ซี จากนั้นเมื่อปฏิบัติงานแล้วเสร็จ พร้อมคืนระบบ
7. ให้สับ UTA02VS-05 , UTA02VS-03 และปลด UTA01VS-09



รูปที่ 4.9 ผังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 3 ในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 4.9 เป็นการจำลองเหตุการณ์ กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ที่ถูกบันทึกโดยพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หลังจากนั้น จะทำการทดลอง โคร่งจ่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว โดยนำค่ากระแสผิดพ่วงที่รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า คือค่า 2.749 kA เป็นอินพุทที่ 1 และอินพุทที่ 2 เป็นระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 2 ส่วนอินพุทที่ 3 คือ 2 Circuit Breaker Trip – Lock Out การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ทั้งหมด 3 อินพุทป้อนเข้าโคร่งจ่ายประสาทเทียม ผลของโปรแกรมชี้ค่าดัชนีที่ 40 ดังรูปที่ 4.10

```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[2.749;2; 2]
Elapsed time is 4.200080 seconds.
คชวินที่
    40

แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตชิงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรดิตถ์

ขั้นตอนที่ 1  ค้นหาบริเวณตั้งแต่จุดปลดแกล้มบี่สี่แยกโรงเรียนอุดรดิตถ์ครุฑ์ ถึงจุดปลดแกล้มบี่แขวงการทางอุดรดิตถ์ ที่ 1
ขั้นตอนที่ 2  ปลด UTA02VB-01 (เบรกเกอร์สถานี)
ขั้นตอนที่ 3  ปลด และลือคคาน UTA02VS-03 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 4  ปลด จุดปลดแกล้มบี่สี่แยกโรงเรียนอุดรดิตถ์ครุฑ์
ขั้นตอนที่ 5  ปลด จุดปลดแกล้มบี่แขวงการทางอุดรดิตถ์ ที่ 1
ขั้นตอนที่ 6  สับ UTA02VS-03 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 7  สับ UTA02VB-01 (เพื่อจ่าย Feeder 2)
ขั้นตอนที่ 8  สับ UTA01VS-09 (เพื่อจ่าย Feeder 1)
หมายเหตุ*** ตรวจสอบแรงดันก่อนขึ้นปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัย

```

รูปที่ 4.10 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 3 ในระบบจำหน่าย

ผลที่ได้คือ โปรแกรมสามารถแสดงผล สถานที่ที่เกิดฟอลต์ในระบบ และขั้นตอนการสั่งการสวิตชิง ปลด – สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง แต่อาจแตกต่างตรงที่แผนสั่งการสวิตชิงที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อจำกัดพื้นที่ไฟฟ้าดับให้น้อยที่สุด

4.3.4 เหตุการณ์ที่ 4 วันที่ 16 พฤษภาคม 2560 เวลา 01.46 – 02.45 น. (ภาคผนวก ข.)

หน่วยแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เกิดเหตุการณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 2 Trip –Reclosed กระแสฟอลต์ 3.130 kA Phase A-Ground จากนั้นพนักงานสั่งการรถแก่กระแสไฟฟ้า ออกค้นหาสาเหตุ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ค้นหาเหตุ บริเวณตั้งแต่หน้าสถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 3 พบสาเหตุเป็นสายแรงสูงของหม้อแปลงชำรุด บริเวณหน้าวัดไม้ล้อม ก่อนถึงอุปกรณ์รีโคลสเซอร์ UTA04VR-01 ทางหน้างานต้องการปลดสายเข้าหม้อแปลง จึงสั่งการสวิตชิงระบบจำหน่าย

2. ปลด UTA04VB-01 เซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 4 Out Service

3. ปลด แกล้มบี่เข้าหม้อแปลงออก

4. สับ UTA04VB-01 เซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 4 In Service

5. แก้ไข ต่อสายแรงสูงเข้าหม้อแปลงขาด เฟส เอ จากนั้นเมื่อปฏิบัติงานแล้วเสร็จพร้อมกั้นระบบ

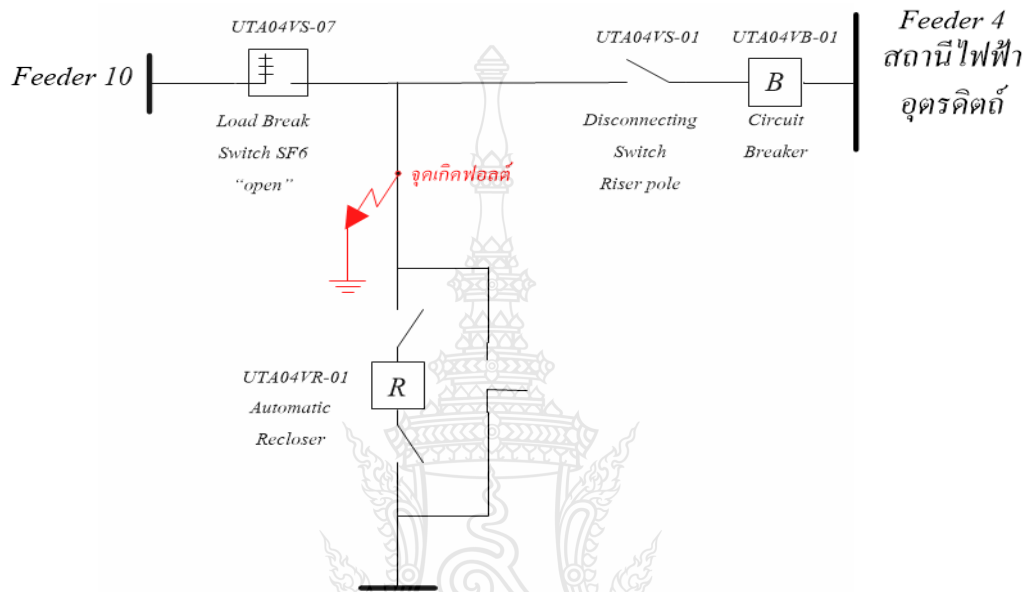


6. จากนั้นให้ ปลด UTA04VB-01 เซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์ ฟีดเดอร์

4 Out Service

7. เชื่อมแกล้มป์เข้าหม้อแปลง เตรียมพร้อมรับการจ่ายไฟ

8. สับ UTA04VB-01 เซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไฟฟ้าอุตรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 4 In Service



รูปที่ 4.11 ฟังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 4 ในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 4.11 เป็นการจำลองเหตุการณ์ กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ที่ถูกบันทึกโดยพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หลังจากนั้น จะทำการทดลองโครงข่ายประสาทยืดที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว โดยนำค่ากระแสผิดพลาดที่รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า คือค่า 3.130 kA เป็นอินพุทที่ 1 และอินพุทที่ 2 เป็นระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 4 ส่วนอินพุทที่ 3 คือ 1 Circuit Breaker Trip – Reclosed การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ทั้งหมด 3 อินพุทป้อนเข้าโครงข่ายประสาทยืด ผลของโปรแกรมที่ค่าดัชนีที่ 62 ดังรูปที่ 4.12

```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[3.130;4; 1]
Elapsed time is 0.049424 seconds.
ดัชนีที่
    62
แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตชิงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรดิตถ์
ขั้นตอนที่ 1 คั่นหาบริเวณตั้งแต่จุดปลดแคสึมบัสแยกไฟลุ่ม ถึงอุปกรณ์ UTA04VR-01

```

รูปที่ 4.12 การวางแผนสั่งการสวิตชิงด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 4 ในระบบจำหน่าย

ผลที่ได้คือ โปรแกรมสามารถแสดงผล สถานะที่ที่ค้นหาฟอลต์ในระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง แต่คำตอบของดัชนีไม่ได้สั่งทำสวิตชิงระบบจำหน่าย เนื่องจากเซอร์กิตเบรกเกอร์สถานีไม่ได้ Trip – Lock Out แต่ผู้ปฏิบัติงานเห็นว่า ใช้เวลาในการปลดแคสึมบัสหม้อแปลงน้อย จึงขอทำการปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สถานี ใช้เวลา 8 นาที จึงจ่ายไฟปกติ

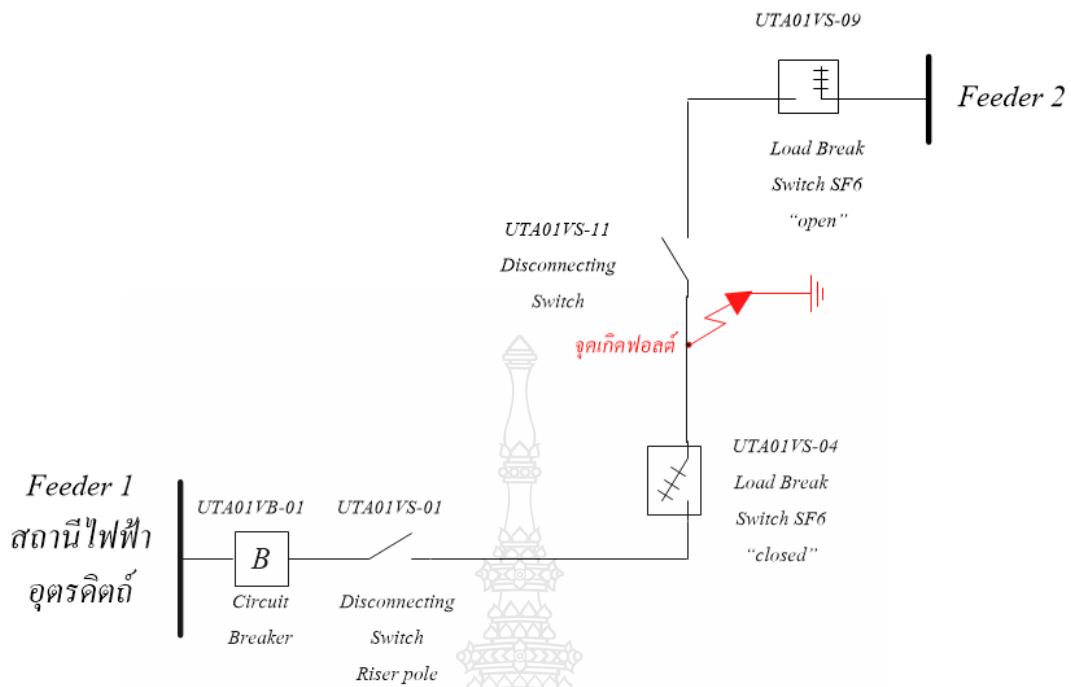
#### 4.3.5 เหตุการณ์ที่ 5 วันที่ 22 มิถุนายน 2560 เวลา 20.10 – 21.26 น. (ภาคผนวก ข.)

หน่วยแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุดรดิตถ์ เกิดเหตุการณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 1 Trip – Lock Out กระแสฟอลต์ 3.953 kA Phase C-Ground จากนั้นพนักงานสั่งการรถแก่กระแสไฟฟ้า ออกค้นหาสาเหตุ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังนี้

1. ค้นหาสาเหตุ บริเวณตั้งแต่หน้าสถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์ ฟีดเดอร์ 1 พบสาเหตุเป็นสายแรงสูงหลุดออกจากทางปลา บริเวณอุปกรณ์สวิตซ์ใบมีด UTA01VS-11 หน้าโรงพยาบาลอุดรดิตถ์ จึงสั่งการสวิตชิงย้ายโหลระบบจำหน่าย

2. ปลด UTA01VS-04 บริเวณแยกจราชรอุดรดิตถ์
3. ปลด UTA01VS-11 สวิตซ์ใบมีด หน้าโรงพยาบาลอุดรดิตถ์ออก
4. สับ UTA01VS-09 บริเวณห้างศรีพงษ์พาร์ค จ่ายไฟปกติ

5. ส่วนการปฏิบัติงานแรงสูง เพื่อความปลอดภัย จึงใช้ชุดฮอตไลน์ปฏิบัติงานเปลี่ยนทางปลาและเชื่อมเข้าระบบจำหน่ายแรงสูง



รูปที่ 4.13 ฟังจำลองฟอลต์เหตุการณ์ที่ 5 ในระบบจำหน่าย

จากรูปที่ 4.13 เป็นการจำลองเหตุการณ์ กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ที่ถูกบันทึกโดยพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง หลังจากนั้น จะทำการทดลองโครงข่ายประสาทยูทึมที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว โดยนำค่ากระแสผิดพลาดที่รับแจ้งจากสถานีไฟฟ้า คือค่า 3.953 kA เป็นอินพุทที่ 1 และอินพุทที่ 2 เป็นระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ 1 ส่วนอินพุทที่ 3 คือ 2 Circuit Breaker Trip – Lock Out การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ทั้งหมด 3 อินพุทป้อนเข้าโครงข่ายประสาทยูทึม ผลของโปรแกรมชี้ค่าดัชนีที่ 21 ดังรูปที่ 4.14

```

Command Window
>> SwitchingDiagram2
Enter the Value for making switching diagram
[3.953;1; 2]
Elapsed time is 0.050936 seconds.
ดัชนีที่
    21

แผนขั้นตอนการดำเนินการสวิตช์ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV จังหวัดอุดรธานี
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดบริเวณตั้งแต่อุปกรณ์ UTA01VS-04 ถึงอุปกรณ์ UTA01VS-11
ขั้นตอนที่ 2 ปลด UTA01VB-01 (เบรกเกอร์สถานี)
ขั้นตอนที่ 3 ปลด และลัดคาน UTA01VS-04 (SF6 Load break switch)
ขั้นตอนที่ 4 ปลด UTA01VS-11 (Disconnecting switch)
ขั้นตอนที่ 5 สับ UTA01VB-01 (เพื่อจ่าย Feeder 1)
ขั้นตอนที่ 6 สับ UTA01VS-09 (เพื่อจ่าย Feeder 2)
หมายเหตุ*** ตรวจสอบแรงดันก่อนขึ้นปฏิบัติงาน เพื่อความปลอดภัย

```

รูปที่ 4.14 การวางแผนสั่งการสวิตช์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเหตุการณ์ที่ 5 ในระบบจำหน่าย

ผลที่ได้คือ โปรแกรมสามารถแสดงผล สถานที่เกิดฟอลต์ในระบบ และขั้นตอนการสั่งการสวิตช์ ปลด – สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง

#### 4.4 การประเมินผลโดยผู้ชำนาญการวางแผนสั่งการสวิตช์

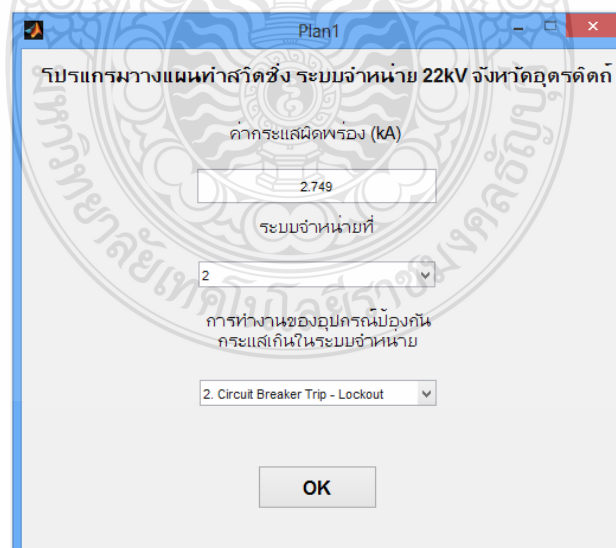
จากแบบประเมินมีส่วนร่วมประเมิน 10 คน โดยเป็นผู้ชำนาญด้านการอ่านแบบระบบจำหน่าย และวางแผนสั่งการสวิตช์ โดยมีหัวข้อการประเมินดังนี้ (ภาคผนวก ค.)

1. การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตช์ (เคย/ไม่เคย)
2. ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจเทียบกับการวางแผนโดยบุคคล (ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง)
3. ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตช์ (รวดเร็ว/ไม่รวดเร็ว)
4. ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์ (ชำนาญ/ไม่ชำนาญ)
5. คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

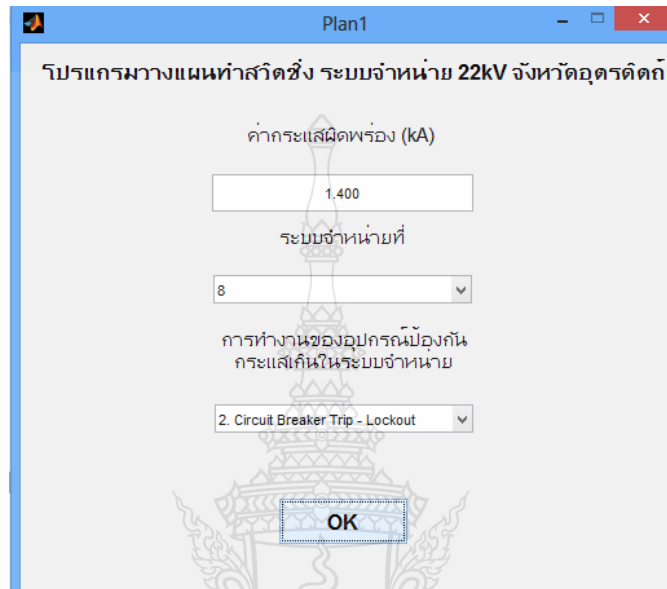
หัวข้อการประเมินประสิทธิภาพ		
1. การใช้งาน โครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตช์	เคย	ไม่เคย
	-	10
2. ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจเทียบกับการวางแผนโดยบุคคล	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง
	10	-
3. ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตช์	รวดเร็ว	ไม่รวดเร็ว
	10	-
4. ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์	ชำนาญ	ไม่ชำนาญ
	-	10

จากผลการประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยให้ผู้ชำนาญด้านการอ่านแบบระบบจำหน่าย และวางแผนสั่งการสวิตช์ ทดลองใช้สรุปผลดังตารางที่ 4.3 ส่วนในหัวข้อคำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ พบว่าต้องการให้การติดต่อใช้งานโปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์ นั้นง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำมาเขียนเป็น Graphical User Interface โดยมีหน้าต่างให้กรอกข้อมูลอินพุตทั้ง 3 ข้อมูลดังนี้ 1. ค่ากระแสผิดพลาด ป้อนข้อมูลเป็นแบบ Text Box , 2. ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่เกิดกระแสผิดพลาด ป้อนข้อมูลแบบ Drop Down , 3. สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ป้อนข้อมูลแบบ Drop Down ดังรูปที่ 4.15

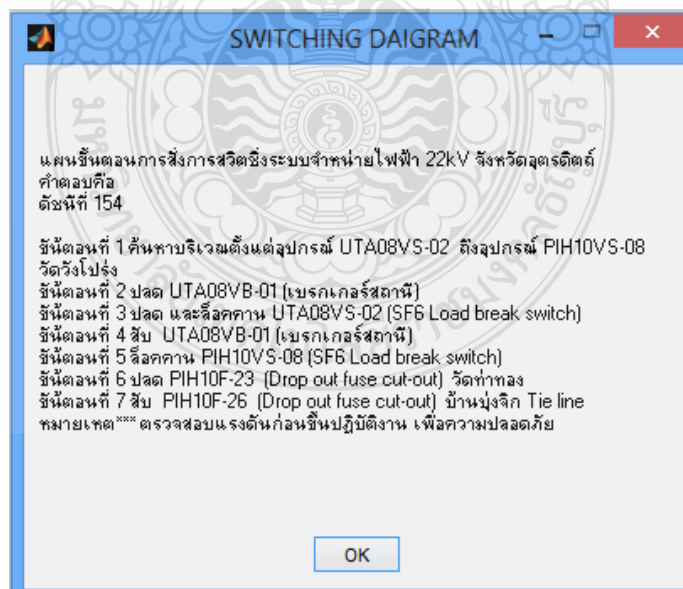


รูปที่ 4.15 หน้าต่าง Graphical User Interface (GUI) ที่ออกแบบ

จากนั้นทดลองป้อนข้อมูลอินพุท จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับระจําหน้าเหตุการณ์ที่ 1 โดยโปรแกรมสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องเช่นกัน ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17

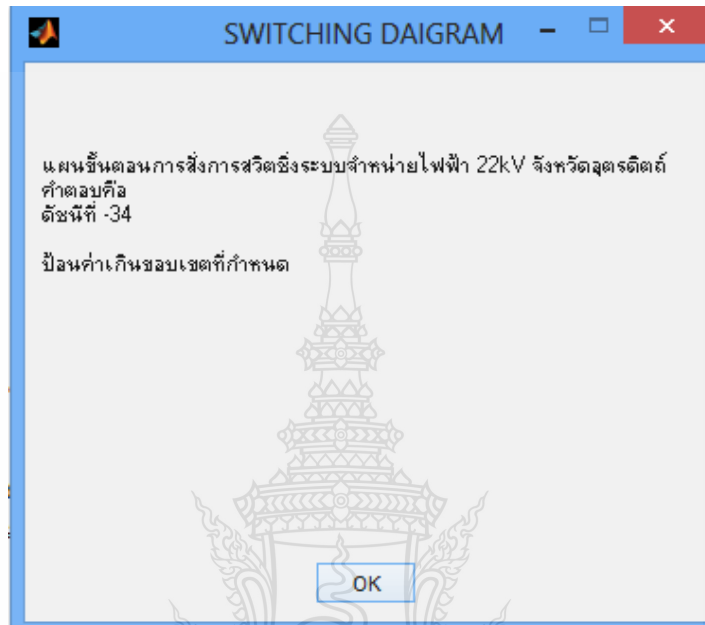


รูปที่ 4.16 การทดสอบการป้อนข้อมูลอินพุทเข้า Graphical User Interface



รูปที่ 4.17 คำตอบแผนสั่งการสวิตชิงของโปรแกรม Graphical User Interface

และหากป้อนข้อมูลเกินขอบเขตได้ออกแบบโปรแกรม Graphical User Interface ให้เตือน  
ผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 คำตอบโปรแกรม Graphical User Interface เมื่อป้อนข้อมูลเกินขอบเขต

#### 4.5 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบโครงข่ายประสาทดัดเทียม ว่าสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบแผนสั่งการสวิตชิงหรือไม่ โดยแบ่งข้อมูลโดยมีตัวอย่างการทดสอบ 20 ชุดข้อมูล แบ่งเป็นชุดข้อมูลที่ถูกต้อง 10 ชุดข้อมูล และข้อมูลที่ค่ากระแสผิดพ้องไม่ตรงกับค่าเป้าหมาย แต่อยู่ในช่วงพิกัด  $9.95 - 0.45$  kA จำนวน 10 ชุดข้อมูล รวมทั้งสิ้น 20 ชุดข้อมูล พบว่าให้คำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด จากนั้นทำการทดสอบโดยการป้อนข้อมูล ค่ากระแสฟอลต์ที่ตรงเป้าหมาย ระบบจำหน่ายสายป้อนลำดับที่ไม่ตรงเป้าหมาย 5 ชุดข้อมูล และสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ที่ชุดข้อมูลไม่ตรงค่าเป้าหมาย อีก 5 ชุดข้อมูล ผลจากการทดสอบที่ได้คือ ดัชนีที่ได้จะไม่ตรงกับดัชนีค่าเป้าหมาย 1-172 จึงให้โปรแกรมทำการแจ้งเตือนการป้อนข้อมูลเกินขอบเขตที่กำหนด ขั้นตอนต่อมาทดสอบโดยการนำข้อมูลเหตุการณ์จริงที่บันทึกโดยพนักงานสั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้องเทียบกับการออกแบบโดยโปรแกรม ผลที่ได้คือ โปรแกรมสามารถให้ค่าบริเวณที่ต้องค้นหาสาเหตุการเกิด

พอลต์และขั้นตอนการสวิตซ์ระบบจำหน่ายได้ถูกต้อง เป็นไปในทิศทางเดียวกับการออกแบบโดยบุคคล แต่บางขั้นตอนอาจไม่ได้ปฏิบัติ เนื่องจากผู้สั่งการ เห็นว่าเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานนั้นรวดเร็วว่าการสวิตซ์ขั้นตอนดังกล่าว ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้สั่งการ ซึ่งอาจจะเพิ่มเงื่อนไขของเวลาปฏิบัติงานเพื่อให้สัมพันธ์กับขั้นตอนการสั่งการสวิตซ์ให้กับโปรแกรมต่อไปได้ และได้นำโปรแกรมให้ผู้ชำนาญการ 10 ท่านทดลองใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ให้ความเห็นว่าคุณต้องและรวดเร็ว แต่การติดต่อใช้งานยังมีความซับซ้อนของโปรแกรมอยู่ จึงเขียนเป็น Graphical User Interface (GUI) เพื่อใช้งานได้ง่ายมากขึ้น





## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมช่วยในการวางแผน  
สั่งการถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย 22 kV หรือที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียก การสวิตชิง ซึ่งผู้วิจัยได้  
ศึกษาการหาค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่าย ขั้นตอนสั่งการสวิตชิง รวมทั้งการนำโครงข่าย  
ประสาทเทียมมาใช้ในการวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย 22 kV ให้สามารถระบุค่าคํตอบ  
ได้อย่างถูกต้อง ไม่มีค่าผิดพลาด ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปงานวิจัย

5.1.1 หาค่ากระแสผิดพลาดในระบบจำหน่าย โดยการกำหนดขอบเขตการจำลองค้นหา  
ความผิดพลาดในระบบจำหน่ายสายป้อนหลัก (Main Feeder) ทั้ง 10 สายป้อน ของจังหวัดอุดรดิตถ์  
จากโปรแกรม DIgSILENT เพื่อนำไปกำหนดเป็นค่าอินพุทของโครงข่ายประสาทเทียม

5.1.2 กำหนดตัวแปรอินพุทที่ต้องการในการวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย 22  
kV พิจารณาจาก 3 ตัวแปรดังนี้

1. ค่ากระแสผิดพลาด
2. ระบบจำหน่ายสายป้อนสายป้อนลำดับที่
3. สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน

5.1.3 กำหนดค่าตัวแปรเอาต์พุทที่ได้จากการวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดระบบจำหน่าย 22  
kV ซึ่งคือ ขั้นตอนการสวิตชิง ปลด – สับ อุปกรณ์ระบบจำหน่าย 22 kV สถานีไฟฟ้าอุดรดิตถ์

5.1.4 จากข้อมูลอินพุท 3 อินพุท และ 1 เอาต์พุท จะถูกนำมาฝึกสอนโครงข่ายประสาท  
เทียมเพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุทที่ตรงกับอินพุทป้อนเข้า ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเลขดัชนี 1 ถึง 172 โดยจะนำไปชี้  
ค่า Look-Up Table

5.1.5 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิด Multi – Layer  
Perceptron โดยวิธีการฝึกสอนแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation Neural Network) มีกฎการ  
เรียนรู้แบบ Levenberg – Marquardt เนื่องจากมีเสถียรภาพมีอัตราการฝึกสอนที่สั้นและใช้เวลาการ  
ฝึกสอนน้อย

5.1.6 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multi – Layer Perceptron Network สามารถช่วยหาคำตอบในการวางแผนสั่งการย้ายโหลดระบบจำหน่าย 22 kV ได้ และยังลดเวลาในการวางแผนได้มาก ส่วนกระบวนการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมนั้นถ้ามีการฝึกสอนข้อมูลทุกชุดจะได้คำตอบที่ถูกต้องไม่มีค่าผิดพลาด

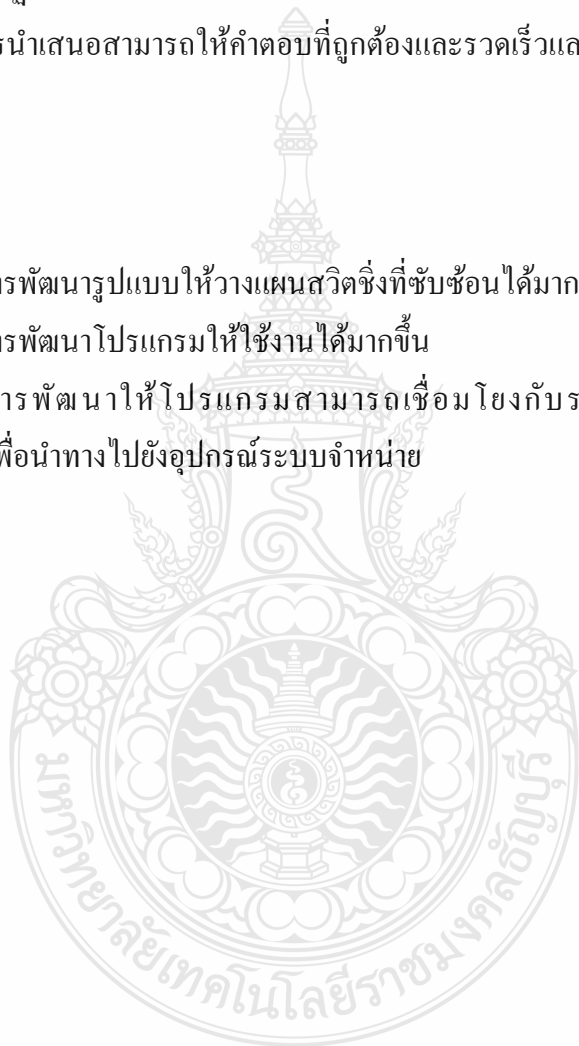
5.1.7 ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ ได้ให้ผู้ปฏิบัติงานสั่งการระบบจำหน่าย และผู้ปฏิบัติงานกับระบบจำหน่าย ทดลองใช้เทียบกับการวางแผนสั่งการย้ายโหลดที่ใช้อยู่ ปรากฏว่าวิธีการนำเสนอสามารถหาคำตอบที่ถูกต้องและรวดเร็วและควรพัฒนารูปแบบการใช้งานให้สะดวกขึ้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ทำการพัฒนาแบบให้วางแผนสวิตซ์ที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

5.2.2 ทำการพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานได้มากขึ้น

5.2.3 ทำการพัฒนาให้โปรแกรมสามารถเชื่อมโยงกับระบบนำทาง GPS(Global Positioning System) เพื่อนำทางไปยังอุปกรณ์ระบบจำหน่าย



## บรรณานุกรม

- [1] เอกภพ ดวงจันทร์ โบนัส ทรงวิจิตร และฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, “การระบุตำแหน่งความผิดปกติในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์,” EECON 38 , pp. 169 – 172 , Nov 2558.
- [2] บัณฑิต ฤทธิ์ทอง , “การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ,2553.
- [3] เสกสิทธิ์ เข้มทอง , “การออกแบบอัลกอริทึม สำหรับค้นหาตำแหน่งความผิดปกติในระบบจำหน่าย 22 kV” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ,2554.
- [4] อนุรักษ์ เชษฐภูมิ วิชาญ อินทร์อยู่ และกัลยา พันแสน, “การย้ายบัสแบบอัตโนมัติสำหรับสถานีไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ เมื่อหม้อแปลงทริป,” EECON 38 , pp. 157 – 160 , Nov 2558.
- [5] ชานี ใจประดิษฐ์ธรรม , การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังในงานวิศวกรรม กรุงเทพฯ: ท้อป, 2552.
- [6] สุชาติ ปรีชาธร, วิศวกรรมการป้องกันระบบไฟฟ้าแรงสูง (เล่ม 2) กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [7] ฝ่ายวางแผนงานระบบไฟฟ้า กองวิเคราะห์และวางแผนระบบไฟฟ้า, คู่มือค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2558 : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤษภาคม 2558.
- [8] ฝ่ายวางแผนงานระบบไฟฟ้า กองวางแผนระบบไฟฟ้า, คู่มือค่าพารามิเตอร์สายระบบจำหน่ายแรงสูง 22/33 เควี, ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลท์ และระบบสายส่ง 115 เควี: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2548.
- [9] โครงการพัฒนาสารสนเทศระบบไฟฟ้าทางภูมิศาสตร์ , คู่มือการฝึกอบรมโปรแกรมประยุกต์ Network Analysis and Power Flow Modeling : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค , พฤษภาคม 2552.
- [10] ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า ศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้า, คู่มือหน้าที่และหลักปฏิบัติเกี่ยวกับงานสั่งการระบบไฟฟ้า : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กันยายน 2548.
- [11] Neural Network Toolbox, User’s Guide, The Mathworks Inc., July 2002.
- [12] กิตติชัย สีเมือง , “การศึกษาผลกระทบของราคาน้ำมันบนตลาดหุ้นไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียม” งานค้นคว้าอิสระปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,2555.
- [13] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M.Beale, 1996 Neural Network Design, PWS Publishing Company, USA

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์และค่ากระแสตัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ.





PL03-2005

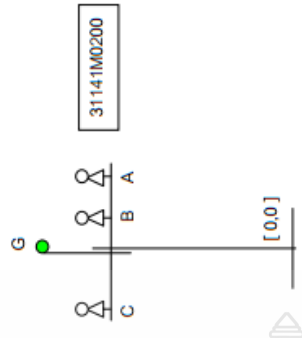
คู่มือค่าพารามิเตอร์สาย  
ระบบจำหน่ายแรงสูง 22/33 เควี , ระบบจำหน่าย  
แรงต่ำ 380/220 โวลท์ และ ระบบสายส่ง 115 เควี



ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า  
กองแผนงานระบบไฟฟ้า  
พฤศจิกายน 2548

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

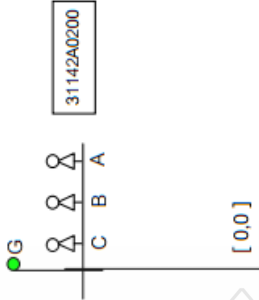
Parameter													Structure Name : 311C00000000		
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km					
1	31141M0200	120A	3E2120A_0	0.95	0.266855	0.423335	0.448670	1.638360	3.374000	1.560000					
2	31141M0200	185A	3E2185A_0	0.56	0.176351	0.409092	0.357149	1.624350	3.522000	1.576000					
3	31141M0200	240A	3E2240A_0	0.60	0.135140	0.400071	0.315477	1.615434	3.624000	1.590000					
4	31141M0200	185AA	3E2185AA_0	0.35	0.212027	0.409092	0.394633	1.623934	3.516000	1.601000					
5	31141M0200	185/30ACSR	3E2185ACR0	0.12	0.177274	0.422422	0.359650	1.637317	3.577000	1.610000					
6	31141M0200	120PIC25	3E2120PIC0	0.68	0.210658	0.414406	0.391355	1.629687	3.592000	1.588000					
7	31141M0200	185PIC25	3E2185PIC0	0.62	0.210658	0.414406	0.391355	1.629687	3.637000	1.597000					
8	31141M0200	120SAC25	3E2120SAC0	0.84	0.210657	0.414406	0.390304	1.629925	3.733000	1.601000					
9	31141M0200	185SAC25	3E2185SAC0	0.98	0.210657	0.414406	0.390304	1.629925	3.769000	1.608000					
X - Y Coordinate															
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond			
1	31141M0200	1150	10200	400	10200	-1150	10200	-90	11650	0	0	1			



กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

Parameter														Structure Name : 312R000000000		
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km						
1	31142A0200	120A	3F2120A_0	0.95	0.266870	0.401215	0.446361	1.683247	3.593000	1.431000						
2	31142A0200	185A	3F2185A_0	0.56	0.176363	0.386972	0.355147	1.669154	3.759000	1.450000						
3	31142A0200	240A	3F2240A_0	0.60	0.135151	0.377952	0.313606	1.660203	3.875000	1.464000						
4	31142A0200	185AA	3F2185AA_0	0.35	0.212045	0.386971	0.392065	1.668890	3.755000	1.461000						
5	31142A0200	185/30ACSR	3F2185ACR0	0.12	0.177292	0.400301	0.357159	1.682253	3.823000	1.470000						
6	31142A0200	120PIC25	3F2120PIC0	0.68	0.210669	0.392286	0.389240	1.674513	3.837000	1.460000						
7	31142A0200	185PIC25	3F2185PIC0	0.62	0.210669	0.392286	0.389240	1.674513	3.889000	1.467000						
8	31142A0200	120SAC25	3F2120SAC0	0.84	0.210666	0.392287	0.388617	1.674643	3.997000	1.477000						
9	31142A0200	185SAC25	3F2185SAC0	0.98	0.210666	0.392287	0.388617	1.674643	4.038000	1.483000						
X - Y Coordinate																
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond				
1	31142A0200	2250	10205	1500	10205	700	10205	-90.5	11650	0	0	1				



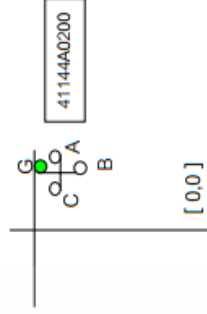
Reference : [Assembly No. 8244](#)

กองแผนงานระบบไฟฟ้า



ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

Parameter													Structure Name : 4114R000000000		
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km					
1	41144A0200	50SAC25	4C2050SAC0	0.62	0.821935	0.339519	1.019329	1.897538	5.122000	1.395000					
2	41144A0200	95SAC25	4C2095SAC0	0.76	0.410480	0.319530	0.606786	1.877820	5.496000	1.402000					
3	41144A0200	120SAC25	4C2120SAC0	0.84	0.324631	0.311795	0.518634	1.870657	5.627000	1.372000					
4	41144A0200	185SAC25	4C2185SAC0	0.98	0.210660	0.298586	0.402942	1.857875	5.950000	1.363000					
5	41144A0200	240SAC25	4C2240SAC0	1.12	0.160778	0.289488	0.352236	1.848982	6.174000	1.362000					
6	41144A0200	50PIC25	4C2050PIC0	0.97	0.821935	0.339519	1.019329	1.897538	5.251000	1.405000					
7	41144A0200	95PIC25	4C2095PIC0	0.74	0.410480	0.319530	0.606786	1.877820	5.605000	1.409000					
8	41144A0200	120PIC25	4C2120PIC0	0.68	0.324631	0.311795	0.518634	1.870657	5.772000	1.380000					
9	41144A0200	185PIC25	4C2185PIC0	0.62	0.210660	0.298586	0.402942	1.857875	6.040000	1.368000					
X - Y Coordinate															
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond			
1	41144A0200	1260	9490	1150	9299	1040	9490	1150	9725	0	0	1			

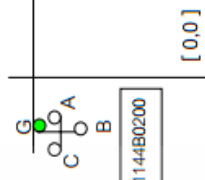


กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

100

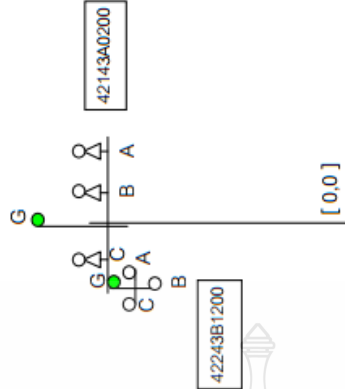
Parameter														Structure Name : 414L00000000			
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km							
1	41144B0200	50SAC25	4D2050SAC0	0.62	0.821935	0.339519	1.019206	1.897570	5.122000	1.393000							
2	41144B0200	95SAC25	4D2095SAC0	0.76	0.410480	0.319530	0.606673	1.877849	5.496000	1.400000							
3	41144B0200	120SAC25	4D2120SAC0	0.84	0.324631	0.311795	0.518541	1.870682	5.627000	1.370000							
4	41144B0200	185SAC25	4D2185SAC0	0.98	0.210660	0.298586	0.402861	1.857897	5.950000	1.362000							
5	41144B0200	240SAC25	4D2240SAC0	1.12	0.160778	0.289488	0.352160	1.849002	6.174000	1.361000							
6	41144B0200	50PIC25	4D2050PIC0	0.97	0.821935	0.339519	1.019206	1.897570	5.250000	1.402000							
7	41144B0200	95PIC25	4D2095PIC0	0.74	0.410480	0.319530	0.606673	1.877849	5.605000	1.407000							
8	41144B0200	120PIC25	4D2120PIC0	0.68	0.324631	0.311795	0.518541	1.870682	5.772000	1.379000							
9	41144B0200	185PIC25	4D2185PIC0	0.62	0.210660	0.298586	0.402861	1.857897	6.040000	1.367000							
X - Y Coordinate																	
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond					
1	41144B0200	-1290	9490	-1400	9299	-1260	9490	-1150	9725	0	0	1					



กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

Parameter													Structure Name : 423R3L000000		
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km					
1	42143A0200	185A	4K2185A_0	0.56	0.176531	0.391484	0.396931	1.640724	3.818000	1.977000					
2	42243B1200	120SAC25	4N2120SAC0	0.84	0.324632	0.311795	0.548657	1.854572	5.629000	1.595000					
1	42143A0200	185A	4K2185A_0	0.56	0.176531	0.391484	0.396931	1.640724	3.815000	1.973000					
2	42243B1200	185SAC25	4N2185SAC0	0.98	0.210660	0.298585	0.432636	1.841947	5.953000	1.579000					
1	42143A0200	185A	4K2185A_0	0.56	0.176531	0.391484	0.396931	1.640724	3.818000	1.979000					
2	42243B1200	95SAC25	4N2095SAC0	0.76	0.324632	0.311795	0.548657	1.854572	5.774000	1.606000					
1	42143A0200	185A	4K2185A_0	0.56	0.176531	0.391484	0.396931	1.640724	3.815000	1.974000					
2	42243B1200	120PIC25	4N2120PIC0	0.68	0.210660	0.298585	0.432636	1.841947	6.043000	1.586000					
1	42143A0200	185A	4K2185A_0	0.56	0.176531	0.391484	0.396931	1.640724	3.814000	1.971000					
2	42243B1200	185PIC25	4N2185PIC0	0.62	0.160779	0.289487	0.381758	1.833135	6.177000	1.576000					
X - Y Coordinate															
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond			
1	42143A0200	1150	10205	600	10205	-600	10205	-90.5	11650	0	0	1			
2	42243B1200	-1040	9490	-1150	9299	-1260	9490	-1150	9725	0	0	1			

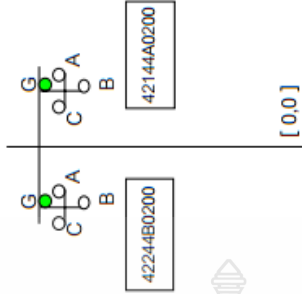


กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

Parameter												
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km		
1	42144A0200	50SAC25	4L2050SAC0	0.62	0.821936	0.339519	1.051326	1.880706	5.123000	1.520000		
2	42244B0200	50SAC25	4P2050SAC0	0.62	0.821936	0.339519	1.051326	1.880706	5.123000	1.520000		
1	42144A0200	95SAC25	4L2095SAC0	0.76	0.410481	0.319530	0.638751	1.861028	5.497000	1.534000		
2	42244B0200	95SAC25	4P2095SAC0	0.76	0.410481	0.319530	0.638751	1.861028	5.497000	1.534000		
1	42144A0200	120SAC25	4L2120SAC0	0.84	0.324632	0.311795	0.550497	1.853965	5.628000	1.508000		
2	42244B0200	120SAC25	4P2120SAC0	0.84	0.324632	0.311795	0.550497	1.853965	5.628000	1.508000		
1	42144A0200	185SAC25	4L2185SAC0	0.98	0.210660	0.298585	0.434688	1.841270	5.951000	1.506000		
2	42244B0200	185SAC25	4P2185SAC0	0.98	0.210660	0.298585	0.434688	1.841270	5.951000	1.506000		
1	42144A0200	240SAC25	4L2240SAC0	1.12	0.160779	0.289487	0.383912	1.832424	6.175000	1.509000		
2	42244B0200	240SAC25	4P2240SAC0	1.12	0.160779	0.289487	0.383912	1.832424	6.175000	1.509000		
X - Y Coordinate												
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond
1	42144A0200	1260	9490	1150	9300	1040	9490	1150	9730	0	0	1
2	42244B0200	-1040	9490	-1150	9299	-1260	9490	-1150	9725	0	0	1

Structure Name : 424R4L000000

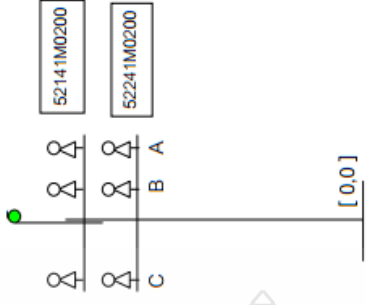


Reference : [Assembly No. 8253](#)

กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

Parameter													Structure Name : 521C1C000000			
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km						
1	52141M0200	185A	5C2185A_0	0.56	0.176353	0.409091	0.389713	1.606211	3.531000	1.919000						
2	52241M0200	185A	5G2185A_0	0.56	0.176349	0.409092	0.375632	1.610685	3.531000	1.825000						
1	52141M0200	185A	5C2185A_0	0.56	0.176353	0.409091	0.389713	1.606211	3.530000	1.908000						
2	52241M0200	240A	5G2240A_0	0.60	0.135139	0.400071	0.333970	1.601805	3.633000	1.834000						
1	52141M0200	185A	5C2185A_0	0.56	0.176353	0.409091	0.389713	1.606211	3.537000	1.989000						
2	52241M0200	185AA	5G2185AA_0	0.35	0.212023	0.409092	0.413029	1.610146	3.531000	1.894000						
1	52141M0200	185A	5C2185A_0	0.56	0.176353	0.409091	0.389713	1.606211	3.536000	1.983000						
2	52241M0200	185/30ACSR	5G2185ACSR0	0.12	0.177271	0.422422	0.378061	1.623544	3.591000	1.902000						
1	52141M0200	185A	5C2185A_0	0.56	0.176353	0.409091	0.389713	1.606211	3.531000	1.919000						
2	52241M0200	185PIC25	5G2185PIC0	0.62	0.210656	0.414406	0.409841	1.616029	3.601000	1.839000						
X - Y Coordinate																
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond				
1	52141M0200	1150	12205	400	12205	-1150	12205	-90.5	13650	0	0	1				
2	52241M0200	1150	10205	400	10205	-1150	10205	-90.5	13650	0	0	1				



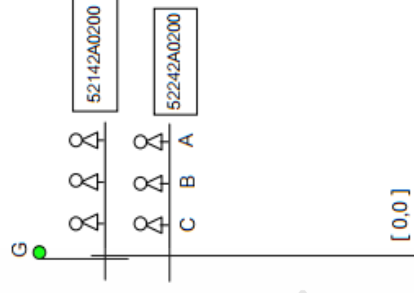
กองแผนงานระบบไฟฟ้า



ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

107

Parameter													Structure Name : 522R2R000000			
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km						
1	52142A0200	185A	5D2185A_0	0.56	0.176377	0.386968	0.386101	1.652108	3.763000	1.773000						
2	52242A0200	185A	5H2185A_0	0.56	0.176352	0.386974	0.374720	1.655588	3.759000	1.713000						
1	52142A0200	185A	5D2185A_0	0.56	0.176377	0.386968	0.386101	1.652108	3.762000	1.761000						
2	52242A0200	240A	5H2240A_0	0.60	0.135141	0.377953	0.333108	1.646687	3.875000	1.720000						
1	52142A0200	185A	5D2185A_0	0.56	0.176377	0.386968	0.386101	1.652108	3.765000	1.843000						
2	52242A0200	185AA	5H2185AA_0	0.35	0.212027	0.386974	0.411907	1.655132	3.755000	1.783000						
1	52142A0200	185A	5D2185A_0	0.56	0.176377	0.386968	0.386101	1.652108	3.765000	1.837000						
2	52242A0200	185/30ACSR	5H2185ACR0	0.12	0.177275	0.400304	0.376967	1.668519	3.823000	1.788000						
1	52142A0200	185A	5D2185A_0	0.56	0.176377	0.386968	0.386101	1.652108	3.763000	1.773000						
2	52242A0200	185PIC25	5H2185PIC0	0.62	0.210658	0.392288	0.408940	1.660928	3.838000	1.725000						
X - Y Coordinate													[0,0]			
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond				
1	52142A0200	2250	12205	1500	12205	700	12205	-90.5	13650	0	0	1				
2	52242A0200	2250	10205	1500	10205	700	10205	-90.5	13650	0	0	1				



กองแผนงานระบบไฟฟ้า

ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของสายระบบจำหน่ายแรงสูง (22 เควี.) หรือระบบสายส่ง(115 เควี.)

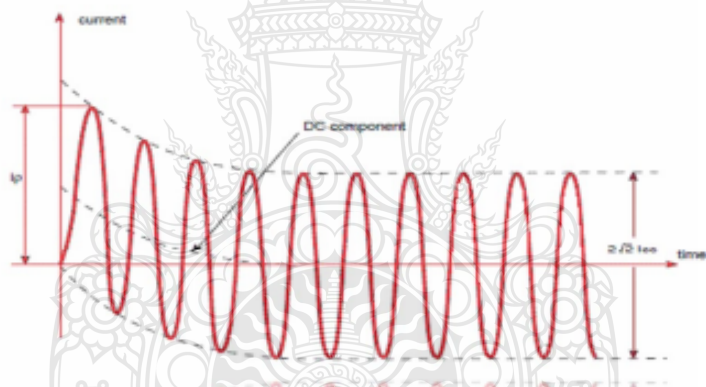
Parameter												
No.	CircuitName	CondType	Code Cond	SAG m	R1 Ohm / km	X1 Ohm / km	R0 Ohm / km	X0 Ohm / km	B1 uS / km	B0 uS / km	Structure Name : 531C1C4L0000	
1	53141M0200	185A	5L2185A_0	0.56	0.176356	0.409091	0.415910	1.590550	3.532000	1.955000		
2	53241M0200	185A	5O2185A_0	0.56	0.176387	0.409087	0.409163	1.592868	3.546000	2.069000		
3	53344B2200	95SAC25	5R2095SAC0	0.76	0.410480	0.319530	0.650425	1.848712	5.497000	1.568000		
1	53141M0200	185A	5L2185A_0	0.56	0.176356	0.409091	0.415916	1.590557	3.532000	1.956000		
2	53241M0200	185A	5O2185A_0	0.56	0.176387	0.409087	0.409168	1.592874	3.545000	2.067000		
3	53344B2200	120SAC25	5R2120SAC0	0.84	0.324631	0.311795	0.561983	1.841774	5.627000	1.532000		
1	53141M0200	185A	5L2185A_0	0.56	0.176356	0.409091	0.415916	1.590557	3.532000	1.956000		
2	53241M0200	185A	5O2185A_0	0.56	0.176387	0.409087	0.409168	1.592874	3.545000	2.065000		
3	53344B2200	185SAC25	5R2185SAC0	0.98	0.210660	0.298585	0.446030	1.829175	5.951000	1.522000		
X - Y Coordinate												
No.	CircuitName	XA mm	YA mm	XB mm	YB mm	XC mm	YC mm	XG mm	YG mm	Sep cm	Ang deg	Cond
1	53141M0200	1150	12205	400	12205	-1150	12205	-90.5	13650	0	0	1
2	53241M0200	1150	10205	400	10205	-1150	10205	-90.5	13650	0	0	1
3	53344B2200	-1040	8290	-1150	8099	-1260	8290	-1150	8525	0	0	1

Reference : [Assembly No. 8282](#)

กองแผนงานระบบไฟฟ้า



รายงาน  
ค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ.  
ปี 2558 (2015)



กองวิเคราะห์และวางแผนระบบไฟฟ้า  
ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า  
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค  
พฤษภาคม 2558



สถานีไฟฟ้าในเขต ทพ.2 (สถานีควบคุมการจ่ายไฟ 22,33 เควี)

รายชื่อสถานีไฟฟ้า	BUS kV	หม้อแปลง MVA	3 P Fault kA	SLG Fault kA	R1 pu.	X1 pu.	R2 pu.	X2 pu.	R0 pu.	X0 pu.
1 แพร่	22-KT1A	50	8.684	7.416	0.01648	0.30174	0.01648	0.30176	0.00000	0.45754
	22-KT2A	50	8.696	7.425	0.01648	0.30134	0.01648	0.30136	0.00000	0.45714
2 อุดรดิตต์	22-KT1A	25	6.058	6.313	0.01773	0.57584	0.01779	0.57605	0.00000	0.50640
	22-KT2A	25	10.917	11.769	0.01773	0.32164	0.01779	0.32185	0.00000	0.25220
	22-KT3A	50	10.998	11.857	0.01773	0.32164	0.01779	0.32185	0.00000	0.25220
3 สิริกิติ์	22-KT3A	25	2.461	2.501	0.00515	1.06632	0.00531	1.06688	0.00000	1.01467
	22-KT4A	25	2.467	2.507	0.00515	1.06366	0.00531	1.06421	0.00000	1.01200
4 พิษณุโลก 1	22-KT1A	50	8.547	7.303	0.01315	0.30678	0.01316	0.30685	0.00000	0.46414
	22-KT2A	50	8.541	7.299	0.01315	0.30698	0.01316	0.30705	0.00000	0.46434
5 พิษณุโลก 2	22-KT2A+3A	50	4.740	4.838	0.00355	0.55363	0.00358	0.55370	0.00000	0.52000
6 พิธิตร	22-KT1A+3A	50	8.522	9.247	0.01076	0.30775	0.01076	0.30780	0.00000	0.23563
	22-KT2A	25	4.492	4.685	0.01076	0.58412	0.01076	0.58417	0.00000	0.51200
7 บารมุนษา	22-KT1A	50	6.826	6.401	0.02281	0.38376	0.02281	0.38377	0.00000	0.46154
	22-KT2A	50	6.905	6.471	0.02281	0.37936	0.02281	0.37937	0.00000	0.45714
8 สุโขทัย	22-KT1A	50	7.882	8.607	0.02308	0.33213	0.02310	0.33222	0.00000	0.24920
	22-KT2A	50	7.822	8.534	0.02308	0.33473	0.02310	0.33482	0.00000	0.25180
9 สวรรคโลก	22-KT1A	25	4.459	4.782	0.03549	0.58752	0.03552	0.58765	0.00000	0.46960
	22-KT2A	25	4.168	4.449	0.03549	0.62859	0.03552	0.62872	0.00000	0.51067
10 กำแพงเพชร	22-KT1A	50	7.583	6.829	0.02345	0.34530	0.02345	0.34534	0.00000	0.46134
	22-KT2A	50	7.583	6.829	0.02345	0.34530	0.02345	0.34534	0.00000	0.46134
11 สานกระบือ	22-KT1A+2A	50	7.983	8.626	0.01544	0.32839	0.01544	0.32844	0.00000	0.25533
12 ตาก	22-KT1A	25	4.704	4.852	0.00791	0.55784	0.00791	0.55790	0.00000	0.50667
	22-KT2A	25	4.867	5.026	0.00791	0.53918	0.00791	0.53924	0.00000	0.48800
13 แม่สอด	22-KT1A	50	6.391	7.362	0.02972	0.40954	0.02973	0.40961	0.00000	0.24860
	22-KT2A	50	6.467	7.462	0.02972	0.40474	0.02973	0.40481	0.00000	0.24380
14 สกลนคร	22-KT1A+2A	50	6.215	6.597	0.05156	0.41911	0.05156	0.41912	0.00000	0.35075
	22-KT3A	25	5.440	5.310	0.05156	0.47968	0.05156	0.47969	0.00000	0.51974
15 ภูมิพล	22-KT2A	13.3	3.183	3.261	0.00598	0.82449	0.00599	0.82457	0.00000	0.76519
	22-KT3A	13.3	3.242	3.323	0.00598	0.80948	0.00599	0.80956	0.00000	0.75019
16 น่าน	22-KT1A	50	8.371	8.956	0.00281	0.31347	0.00281	0.31338	0.00000	0.25220
	22-KT2A	50	8.398	8.987	0.00281	0.31247	0.00281	0.31238	0.00000	0.25120

ภาคผนวก ข

ข้อมูลผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง จังหวัดอุตรดิตถ์





**P2-TP-02 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง**

วันเดือนปี: ..... เวลา: .....

<b>รายละเอียดผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b>		<b>การติดตามผลหลังการจ่ายไฟ</b>
1. ชื่อ-สกุล ..... ที่อยู่ ..... เบอร์โทรศัพท์บ้าน ..... PEA Direct / CA (ถ้ามี) .....	<input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท ..... <input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท ..... <input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท .....	
2. ชื่อ-สกุล ..... ที่อยู่ ..... เบอร์โทรศัพท์บ้าน ..... PEA Direct / CA (ถ้ามี) .....	<input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท ..... <input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท .....	
3. ชื่อ-สกุล ..... ที่อยู่ ..... เบอร์โทรศัพท์บ้าน ..... PEA Direct / CA (ถ้ามี) .....	<input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท ..... <input type="checkbox"/> ติดต่อกับบริษัท .....	

<b>ลักษณะไฟฟ้าขัดข้อง</b> <input type="checkbox"/> สับหลักเดียว <input checked="" type="checkbox"/> สับหลายระดับ <input type="checkbox"/> เฉพาะสาย <input type="checkbox"/> อื่นๆ .....	<b>สถานที่เกิดเหตุ / รหัสอุปกรณ์ไฟฟ้า:</b> $F27/R2 = 05.50 \text{ น } 965 \text{ ก.ด.}$ <b>รายละเอียดเพิ่มเติม และสถานที่ใกล้เคียง:</b> $P = 24.80$ $d = 2898$ $V_{000} \text{ 2VS-03} = 05.58 \text{ น}$ $V_{000} \text{ 2VS-05} = 06.10 \text{ น}$ $V_{000} \text{ 2VS-09} = 06.16 \text{ น}$
<b>สาเหตุ / เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ</b> <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าชนสายตุง <input type="checkbox"/> พายุพัดสายตุง <input type="checkbox"/> สายส่ง, สถานีฯ, ระบบจำหน่ายแรงสูง <input type="checkbox"/> หม้อแปลง - ม้วนค่า <input type="checkbox"/> สับจากผู้ใช้ไฟฟ้า	<input checked="" type="checkbox"/> สายขาด <input type="checkbox"/> สายลัดวงจร <input type="checkbox"/> ขุดสายตุง <input type="checkbox"/> สับเปิดไม่ถูกต้อง <input type="checkbox"/> สับเปิดไม่ถูกต้อง <input type="checkbox"/> สับผิดประเภท <input type="checkbox"/> สับไม่กับสาย <input type="checkbox"/> สับไม่เหมาะสม <input type="checkbox"/> ธรรมชาติ <input type="checkbox"/> สับเปิดค่าขาด <input type="checkbox"/> ไฟฟ้า <input type="checkbox"/> ขุดสายตุงผิดตำแหน่ง, ใต้ความถี่, ใต้สายตุง <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าลัดวงจร <input type="checkbox"/> อื่นๆ ..... $V_{000} \text{ 2VS-05} = 07.05 \text{ น}$
<b>สภาพอากาศ</b> <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> ชื้น <input type="checkbox"/> ลมแรง <input type="checkbox"/> ฝนตก <input type="checkbox"/> ฝนตก ลมแรง <input type="checkbox"/> ฝนตกฟ้าคะนอง	
<b>รถแม่ไฟฟ้า</b> <input type="checkbox"/> คันที่ 1 ..... <input type="checkbox"/> คันที่ 2 ..... <input type="checkbox"/> คันที่ 3 (ชุดเสริม) ..... <input type="checkbox"/> รถอื่นๆ ..... <b>พนักงาน</b> คนที่ 1 ..... คนที่ 2 ..... คนที่ 3 .....	<input type="checkbox"/> 0 นาที <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 2 ชม. <input type="checkbox"/> 0 นาที <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 2 ชม. <input type="checkbox"/> 0 นาที <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 2 ชม.
<b>สถานการณ์การดำเนินงาน</b> 1. ออกเดินทางค้นหาสาเหตุ เวลา: ..... 2. ถึงหน้างาน เวลา: ..... 3. แก้ไขหรือซ่อมแซมไฟฟ้าคืน เวลา: ..... 4. เดินทางกลับงานกับสื่อเบื้องต้น เวลา: .....	<b>รายละเอียดการแก้ไข</b> $V_{000} \text{ 2VS-05} = 07.05 \text{ น}$ $V_{000} \text{ 2VS-03} = 07.09 \text{ น}$ <b>อุปกรณ์ไฟฟ้าที่แก้ไข</b> $V_{000} \text{ 1VS-09} = 07.09 \text{ น}$
<b>เวลาที่รับแจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> ..... ในบริการ (คน.อ.) ..... เลขที่ ..... หมายเลขผู้ไฟฟ้า (CA) .....	
ผู้รับแจ้ง นาย ..... ตำแหน่ง .....	

ข้อมูลเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ 2 วันที่ 29 พฤษภาคม 2560 เวลา 05.50 – 07.09 น. เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 2 Trip – Reclosed กระแสฟอลต์ 2.480 kA Phase A-Ground

P2-TP-02 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง	
วันที่รับแจ้ง : 15 / 05 / 60 เวลา : 15.50	
<b>รายละเอียดผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> 1. ชื่อ-สกุล : นาย น. 2. ที่อยู่ : (F2, T/L 2.749 kA) φCG 3. ชื่อ-สกุล : ..... ที่อยู่ : ..... 4. ชื่อ-สกุล : ..... ที่อยู่ : .....	<b>การติดตามผลหลังการจ่ายไฟ</b> <input type="checkbox"/> ไม่ทราบผล <input type="checkbox"/> ฟื้นคืนปกติ <input type="checkbox"/> ควบคุมปัญหา 5. ชื่อ-สกุล : ..... ที่อยู่ : ..... <input type="checkbox"/> ไม่ทราบผล <input type="checkbox"/> ฟื้นคืนปกติ <input type="checkbox"/> ควบคุมปัญหา 6. ชื่อ-สกุล : ..... ที่อยู่ : ..... <input type="checkbox"/> ไม่ทราบผล <input type="checkbox"/> ฟื้นคืนปกติ <input type="checkbox"/> ควบคุมปัญหา 7. ชื่อ-สกุล : ..... ที่อยู่ : .....
<b>สถานที่เกิดเหตุ / วัตถุประสงค์</b> <input type="checkbox"/> ควบคุมเครื่อง <input checked="" type="checkbox"/> ควบคุมสายส่ง <input type="checkbox"/> เสาขาด <input type="checkbox"/> อื่นๆ .....	<b>สถานที่เกิดเหตุ / วัตถุประสงค์</b> F2, T/L 2.749 kA ไม่พบผลของที่ส่งแรงดันไฟฟ้า (N.A)
<b>สาเหตุ / เหตุการณ์ที่สืบ</b> <input type="checkbox"/> ไม่ทราบสาเหตุ <input checked="" type="checkbox"/> ทราบสาเหตุ <input type="checkbox"/> สาเหตุ สอดคล้อง ระบบจ่ายพลังงานสูง <input type="checkbox"/> หนีแรงดัน - ฉนวนขาด <input type="checkbox"/> ได้รับความเสียหาย	<b>สาเหตุ / เหตุการณ์ที่สืบ</b> <input checked="" type="checkbox"/> สาเหตุ <input type="checkbox"/> สาเหตุอื่น <input type="checkbox"/> จุดต่อหลวม <input type="checkbox"/> ฉนวนเสียหาย <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> สวิตช์เปิดเบรก <input type="checkbox"/> ไฟฟ้า <input type="checkbox"/> อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ <input type="checkbox"/> อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ <input type="checkbox"/> อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ <input type="checkbox"/> อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ <input type="checkbox"/> อื่นๆ 5. / ไม่ทราบ เวลา 15.03 - 15.15, 6. / ไม่ทราบ เวลา 15.15 - 15.20
<b>สภาพอากาศ</b> <input type="checkbox"/> ปกติ <input checked="" type="checkbox"/> มีฝน <input type="checkbox"/> ลมแรง <input type="checkbox"/> ลมพัด <input type="checkbox"/> ลมพัดแรง <input type="checkbox"/> ลมพัดรุนแรง	
<b>รถไฟฟ้า</b> <input checked="" type="checkbox"/> คันที่ 1 เวลา 15.15 <input type="checkbox"/> คันที่ 2 เวลา 15.20 <input type="checkbox"/> คันที่ 3 (จุดเริ่มต้น) เวลา 15.15 <input type="checkbox"/> รถอื่นๆ .....	
<b>พนักงานที่</b> 1. ชื่อ-สกุล : ..... ตำแหน่ง : ..... <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 3 ชม. 2. ชื่อ-สกุล : ..... ตำแหน่ง : ..... <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 3 ชม. 3. ชื่อ-สกุล : ..... ตำแหน่ง : ..... <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม. <input type="checkbox"/> 3 ชม.	
<b>สถานประกอบการ</b> 1. ออกเดินทางกลับเวลา : 15.50 2. ถึงหน้างาน : 14.12 3. ภารกิจก่อนจ่ายไฟ : 15.15 4. เดินทางกลับบริษัท : 15.40	<b>รายละเอียดการแก้ไข</b> อุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ไข 1. ชุดเครื่องมือ 15.20 ถึง 15.30 พบปัญหา 1 อัน แก้ไขเสร็จแล้ว 1 ชม.
เสร็จสิ้นรับแจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ..... ในบริษัท (คน.อ) คนที่ ..... เวลา ..... นายช่างผู้ไฟฟ้า (CA) .....	
ผู้รับแจ้ง นาย น. 2. ที่อยู่ : (F2, T/L 2.749 kA) φCG ตำแหน่ง : ..... ระดับ : 6	

ข้อมูลเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ 3 วันที่ 13 มิถุนายน 2560 เวลา 13.50 – 15.40 น. เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดเดอร์ที่ 2 Trip – Lock out กระแสฟอลต์ 2.749 kA Phase C-Ground

P2-TP-02 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง	
วันเดือนปี: ๑๖ / ๗ / ๒๕๖๐ เวลา	
รายละเอียดผู้แจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง	การคิดค่าธรรมเนียมการจ่ายไฟ
1. ชื่อลูกค้า ..... ที่อยู่ .....	<input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
บริษัท/องค์กร ..... PEA Duesri / CA (ถ้ามี) .....	จำนวน ..... <input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
2. ชื่อลูกค้า ..... ที่อยู่ .....	<input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
บริษัท/องค์กร ..... PEA Duesri / CA (ถ้ามี) .....	จำนวน ..... <input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
3. ชื่อลูกค้า ..... ที่อยู่ .....	<input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
บริษัท/องค์กร ..... PEA Duesri / CA (ถ้ามี) .....	จำนวน ..... <input type="checkbox"/> คิดต่อหน่วย ..... <input type="checkbox"/> คิด ..... <input type="checkbox"/> คิด .....
ลักษณะไฟฟ้าขัดข้อง	สถานที่เกิดเหตุ / รหัสอุปกรณ์ไฟฟ้า:
<input type="checkbox"/> สับหลักเดียว	๑ 100kVA 59-012514 40130/300
<input checked="" type="checkbox"/> สับหลายตัว	รายละเอียดเพิ่มเติม และสถานที่ใกล้เคียง:
<input type="checkbox"/> เฉพาะรวม	1. รหัส ๒๒.๕14.F4 T/R 1น/ 5๕๑/BCA IB 5370
<input type="checkbox"/> อื่นๆ .....	IC: ๑๙๑๒-๒๙,๙๕๙๕
	1. รหัส ๒๕.๕๕๖.๕4 T/R 1น/ 5๕๑/BA 2A 380, IC:
สาเหตุ / เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ	ลักษณะการจ่ายไฟ
<input type="checkbox"/> ไม่ทราบสาเหตุ	<input type="checkbox"/> สายขาด <input type="checkbox"/> สายตลิ่ง <input type="checkbox"/> จุดต่อหลวม <input type="checkbox"/> Duesri/CA <input type="checkbox"/> สวิตช์อัตโนมัติ
<input checked="" type="checkbox"/> ทราบสาเหตุ	<input type="checkbox"/> สับลัดวงจร <input type="checkbox"/> สับชำรุด <input type="checkbox"/> สับไม่ทำงาน <input type="checkbox"/> สับไม่สะอาด <input type="checkbox"/> ระบบเกา
<input type="checkbox"/> สายส่ง, สถานี	<input type="checkbox"/> ระบบจำหน่ายแรงสูง
<input type="checkbox"/> ขนมือแปลง - แรงต่ำ	<input type="checkbox"/> สับจากผู้ใช้ไฟฟ้า
	<input type="checkbox"/> โวลต์สูงเกินไป <input type="checkbox"/> อื่นๆ .....
สภาพอากาศ <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> ชื้น <input type="checkbox"/> ลมแรง <input type="checkbox"/> มีฝน <input type="checkbox"/> มีลมพัดแรง <input type="checkbox"/> มีสายฟ้ากระชาก	
รวมกิโลวัตต์ <input checked="" type="checkbox"/> สับที่ 1 19.๕๐ <input type="checkbox"/> สับที่ 2 19 <input type="checkbox"/> สับที่ 3 (จุดเสริม) .....	<input type="checkbox"/> รหัสอื่นๆ .....
พนักงาน ก. 1. ชื่อ: ธีรภัทร คำสอน รหัส: ๗๕1 ระดับ: 3 <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม.	
2. ชื่อ: อธิวัฒน์ คำสอน รหัส: ๒๐๖ ระดับ: 3 <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม.	
3. ชื่อ: อธิวัฒน์ คำสอน รหัส: ๒๐๖ ระดับ: 3 <input type="checkbox"/> ปกติ <input type="checkbox"/> 1 ชม. <input type="checkbox"/> 1.5 ชม.	
สถานที่การทำงาน 1. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4	รายละเอียดการแก้ไข 1. รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4
1. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4	2. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4
2. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4	3. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4
3. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4	4. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4
4. ชื่อ: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4 รหัส: ๑๑.๕๕๖ 5๖๕ F4	
ตรงกับระบบแจ้งเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง	โดยบริการ (คน) คนที่ ..... รหัส: .....
	หมายเลขผู้ใช้ไฟ (ICA) .....
ผู้รับแจ้ง นาย ๑๑๑๑ รหัส: ๑๑๑๑ รหัส: ๑๑๑๑	ระดับ: 6
อุปกรณ์ 1. ขนมือแปลงแรง 50 1 อัน	อุปกรณ์ตัวไฟแรงสูงตัว C สับหลักรวม
2. ฝาปิดรางแรง 1 อัน	จับ Belt clamp ๕C

ข้อมูลเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ 4 วันที่ 16 พฤษภาคม 2560 เวลา 01.46 – 02.45 น. เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟีดคอร์ที่ 2 Trip – Reclosed กระแสฟอลต์ 3.130 kA Phase A-Ground

P2-TP-02 แบบฟอร์มเก็บข้อมูลผู้แจ้งเหตุการณ์เหตุไฟฟ้าขัดข้อง

วันที่ 22 06 60 เวลา 20.01

รายงานอุบัติการณ์เหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง

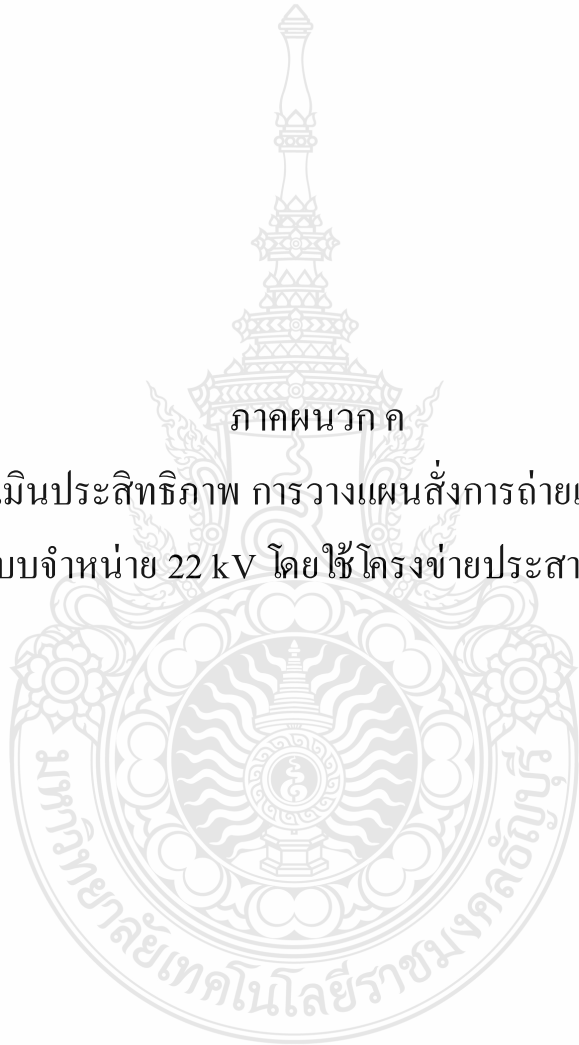
ชื่อ: <b>ภุชงค์ ช่าง</b> ตำแหน่ง: <b>ช่าง</b> หน่วยงาน: <b>PCA Group Co. (P2)</b> เบอร์โทร: <b>091-000-113</b> อีเมล: <b>PCA Group Co. (P2)</b>	
สถานที่เกิดเหตุ: ชื่อ: <b>อาคาร 10</b> ชั้น: <b>10</b> รายละเอียด: <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>	สถานที่เกิดเหตุ: ชื่อ: <b>อาคาร 10</b> ชั้น: <b>10</b> รายละเอียด: <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>
เวลาเกิดเหตุ: วันที่: <b>22 มิ.ย. 60</b> เวลา: <b>20.10 น.</b>	เวลาเกิดเหตุ: วันที่: <b>22 มิ.ย. 60</b> เวลา: <b>20.10 น.</b>
ประเภทเหตุการณ์: <input checked="" type="checkbox"/> ไฟฟ้าดับ <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าแรงดันเกิน <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าลัดวงจร <input type="checkbox"/> ไฟฟ้ารั่ว <input type="checkbox"/> อื่นๆ	ประเภทเหตุการณ์: <input checked="" type="checkbox"/> ไฟฟ้าดับ <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าแรงดันเกิน <input type="checkbox"/> ไฟฟ้าลัดวงจร <input type="checkbox"/> ไฟฟ้ารั่ว <input type="checkbox"/> อื่นๆ
รายละเอียดเหตุการณ์: <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b>	รายละเอียดเหตุการณ์: <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b> <b>เกิดเหตุที่อาคาร 10 ชั้น 10 เวลา 20.10 น. เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้อง</b>
ผลกระทบ: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>	ผลกระทบ: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>
มาตรการแก้ไข: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>	มาตรการแก้ไข: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>
มาตรการป้องกัน: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>	มาตรการป้องกัน: 1. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 2. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 3. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> 4. <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>
หมายเหตุ: <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>	หมายเหตุ: <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b> <b>อาคาร 10 ชั้น 10</b>

ผู้แจ้งเหตุ: **ภุชงค์ ช่าง** ตำแหน่ง: **ช่าง** หน่วยงาน: **PCA Group Co. (P2)**  
 วันที่: **22 มิ.ย. 60** เวลา: **20.10 น.**

ข้อมูลเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ 5 วันที่ 22 มิถุนายน 2560 เวลา 20.10 – 21.26 น. เซอร์กิตเบรกเกอร์  
 ฟีดเดอร์ที่ 1 Trip – Lock out กระแสฟอลต์ 3.953 kA Phase C-Ground

ภาคผนวก ก

ผลประเมินประสิทธิภาพ การวางแผนส่งการถ่ายเทโหลดของ  
ระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม





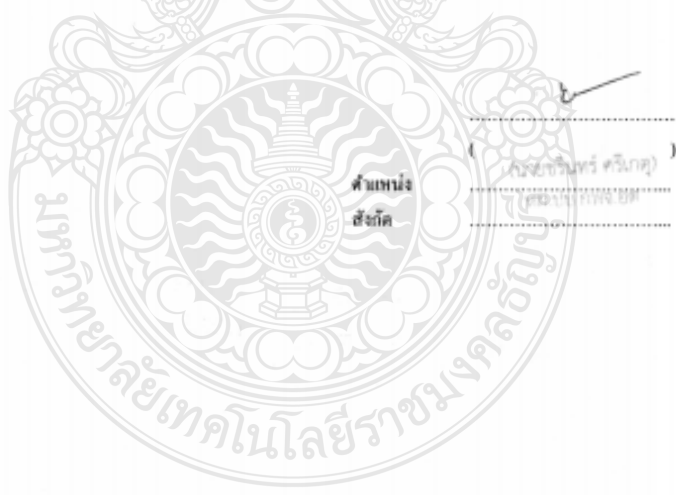
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมควรถูกเกี่ยวกับการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

โดยสามารถส่งคืนรูปประเมินผลในกระดาษพร้อมไปรษณียบัตร  
ในนามโรงเรียนแบบประเมินฯ ได้ที่



นายชรินทร์ ศรีเกตุ ตำแหน่งหัวหน้าแผนก

แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนเชิงการถ่ายทอดเทคโนโลยีของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทยืด

1) การใช้งานโครงข่ายประสาทยืดในการวางแผนเชิงการสวิตซ์

เคย  ไม่เคย

2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมหรือวิธีการวางแผนโดยบุคคล

ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง

3) ความรวดเร็วในการวางแผนเชิงการสวิตซ์

รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว

4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนเชิงการสวิตซ์

ชำนาญ  ไม่ชำนาญ

5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

โปรแกรมสามารถใช้งานได้รอบทิศทาง แต่ควรปรับปรุง  
กราฟให้สวยงามขึ้นบ้าง



*[Signature]*  
ตำแหน่ง  
สังกัด  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

นายมนตรี มณีแกม พนักงานช่างระดับ 6

แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุตรดิตถ์

คณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนจัดการอำนาจโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนจัดการสวิดจ์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจสอบกับการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนจัดการสวิดจ์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนจัดการสวิดจ์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

โปรแกรมทำให้การวางแผนจัดการสวิดจ์มีประสิทธิภาพ



นายฉลอง แก้วกุลศรี พนักงานช่างระดับ 6 (สั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โรงจ่ายประเภทเทียม

- 1) การใช้งานโรงจ่ายประเภทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมพร้อมกับการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ

5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ  
คำสั่งปรับแรงดันให้สอดคล้องกับโหลดที่ปรับให้ตรงกับจริง  
.....  
.....  
.....  
.....



นายรัฐพล พรหมอินทร์ พนักงานช่างระดับ 6 (สั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุตรดิตถ์

คณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนจัดการต่อเทคโนโลยีของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนจัดการสวิดซ์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจสอบการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนจัดการสวิดซ์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนจัดการสวิดซ์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ

5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

โปรแกรมสามารถใช้งานได้ทั้งหมด ทั้งรวดเร็ว และ ถูกต้อง



นายเสกวุฒิ ดิษฐรัมย์ วิศวกรระดับ 4

แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนจัดการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทดัด

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทดัดในการวางแผนจัดการสวิดซึ่ง  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมหรือการวางแผนโดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนจัดการสวิดซึ่ง  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนจัดการสวิดซึ่ง  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ในค่าที่คำนวณการสวิดซึ่ง ใช้โปรแกรม และรวดเร็ว  
สำหรับโครงข่ายที่ใช้โดยจริง



ตำแหน่ง  
ผู้จัดทำ

นายธีระกิจ ปั้นจาด  
ช่างเทคนิค  
สายงานช่างระดับ 3 (ช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

นายธีระกิจ ปั้นจาด พนักงานช่างระดับ 3 (ช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการจ่ายโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทย่อย

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทย่อยในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจเทียบกับการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

นายจตุรงค์ ทรงภักดี วิศวกร 3 (ช่างแก้ไขระบบจ่าย) 16 มิถุนายน 2562



นายจตุรงค์ ทรงภักดี พนักงานช่างระดับ 3 (ช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการถ่ายทอดโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทดัดเทียม

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทดัดเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 ทรยศ  ไม่ทรยศ
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจเทียบกับการวางแผนโหลดบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

.....  
.....  
.....  
.....



นายสุรศักดิ์ ขอดตา พนักงานช่างระดับ 5 (สั่งการแก่กระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุตรดิตถ์



คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการถ่ายทอดโวลต์ของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 เคย  ไม่เคย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรงกับที่วางแผนโดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตซ์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

.....  
.....  
.....  
.....



นายชาคริต เทศเกตุ พนักงานช่างระดับ 4 (ช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

คณะกรรมการศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

แบบประเมินประสิทธิภาพ

การวางแผนสั่งการถ่ายทอดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทย่อย

- 1) การใช้งานโครงข่ายประสาทย่อยในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 เกย  ไม่เกย
- 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมตรวจสอบการวางแผน โดยบุคคล  
 ถูกต้อง  ไม่ถูกต้อง
- 3) ความรวดเร็วในการวางแผนสั่งการสวิตช์  
 รวดเร็ว  ไม่รวดเร็ว
- 4) ความชำนาญในการใช้โปรแกรมวางแผนสั่งการสวิตช์  
 ชำนาญ  ไม่ชำนาญ
- 5) คำวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

.....  
.....  
.....  
.....



ตำแหน่ง  
ผู้จัดทำ

ทำที่ ๓๑๓๓๓๓  
( นาย วิวัฒน์ ประสารศรี )  
วันที่ ๒๐/๑๑/๒๕๖๓

นายวิรัตน์ ประสารศรี พนักงานช่างระดับ 4 (ช่างแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้อง)  
แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี

ภาคผนวก  
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





## CALL FOR PAPERS

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference หรือ EECON) เป็นการประชุมวิชาการระดับชาติที่มีมาตรฐานทางวิชาการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิจัย รวมถึงวิศวกรและผู้ปฏิบัติงานในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งจากสถาบันการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งจากภาครัฐและเอกชน ได้นำเสนอผลงานวิจัย รวมทั้งได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทางด้านงานวิจัยและประสบการณ์ระหว่างกัน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้านี้ดำเนินการโดยคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ผู้แทนจากสถาบันกรรมการสามัญ ผู้แทนจากสถาบันกรรมการสมทบ และคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมจากสถาบันที่ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพในแต่ละปี การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าได้จัดขึ้นทุกปีตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๒๑ เป็นต้นมา และในปี พ.ศ. ๒๕๖๐ นี้ นับเป็นครั้งที่ ๔๐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพหลัก จากอดีตถึงปัจจุบันมหาวิทยาลัยมุ่งเน้นในการสร้างเครือข่ายการพัฒนางานวิจัยและวิชาการแบบสหสาขาวิชา และมุ่งเน้นให้การนำผลงานวิจัยไปแก้ปัญหาให้กับอุตสาหกรรม ดังนั้นการเป็นเจ้าภาพในครั้งนี้จึงเกิดมิติใหม่ในการที่จะทำงานร่วมกันของ ๔ หน่วยงานภายในของมหาวิทยาลัยได้แก่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอิเล็กทรอนิกส์) คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม (ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า) และวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) เพื่อแสดงถึงอัตลักษณ์ที่โดดเด่นและเข้มแข็งของมหาวิทยาลัย รวมทั้งนับเป็นโอกาสที่เนื่องมาจากเป็นวาระครบรอบ ๓๐ ปี ของภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ อีกทั้งเป็นวาระครบรอบ ๕๐ ปี ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

**หมายเหตุ ผู้เข้าร่วมการประชุมครั้งนี้ สามารถนำไปนับเป็นกิจกรรม "การพัฒนาวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง (CPD)" จำนวน ๑๒ ชั่วโมง รหัสกิจกรรม ๓๐๕-๐๓-๒๐๒๕-๐๐-๒๐๒๕**

### คณะกรรมการจัดการประชุม

#### ๑. คณะกรรมการสมาคมวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)



#### ๒. สถาบันกรรมการสามัญ

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
- มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- มหาวิทยาลัยศรีปทุม
- มหาวิทยาลัยมหิดล
- มหาวิทยาลัยสยาม
- มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
- มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
- มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
- มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- มหาวิทยาลัยรังสิต
- มหาวิทยาลัยนครสวรรค์
- มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
- มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
- มหาวิทยาลัยพะเยา
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

### สาขาของบทความ

- ไฟฟ้ากำลัง (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- โฟโตนิกส์ (PH)
- วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

### การส่งบทความ

จัดทำบทความเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษจำนวนไม่เกิน ๔ หน้ากระดาษขนาด A4 (21 cm x 29.7 cm) ตามแบบที่กำหนด ส่งผ่านระบบออนไลน์ โดยขึ้นตอนและรายละเอียดในการส่งบทความสามารถเข้าดูได้ที่เว็บไซต์ของประชุมที่ <http://www.ece.eng.kmutnb.ac.th/eecon-40>

### การพิจารณาและการนำเสนอบทความ

การพิจารณาบทความดำเนินการโดยผู้พิจารณาบทความระดับวิชาชีพชั้นสูงทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Professional reviewers) ที่ได้รับการคัดเลือกตรงตามสาขาจากสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย) (EEAAT) และจากสถาบันกรรมการทั่วประเทศ บทความที่ผ่านการพิจารณาจะได้รับการตีพิมพ์ในเอกสารการประชุม (Proceedings) ของ EECON-40 และต้องมีการนำเสนอในที่ประชุม บทความตีพิมพ์ในแต่ละสาขาจะได้รับการคัดเลือกในขั้นตอนแรกจากผู้พิจารณาบทความและได้รับการพิจารณาตัดสินในขั้นตอนสุดท้ายโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้รับการเสนอชื่อจากสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย) และจากสถาบันที่เป็นกรรมการสามัญทั่วประเทศ

### กำหนดการสำคัญ

หมดเขตรับบทความ	๑๘ มิถุนายน ๒๕๖๐
แจ้งผลการพิจารณาบทความ	๓๐ กรกฎาคม ๒๕๖๐
หมดเขตรับบทความฉบับสมบูรณ์	๒๒ สิงหาคม ๒๕๖๐
วันสุดท้ายของการลงทะเบียนของผู้นำเสนอบทความ	๕ กันยายน ๒๕๖๐
วันสุดท้ายของการลงทะเบียนล่วงหน้า	๓ ตุลาคม ๒๕๖๐
การนำเสนอบทความ	๑๕-๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

### ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชาชาฎการ ๑ แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐  
อีเมล: eecon-40@eng.kmutnb.ac.th  
โทรศัพท์: ๐๒ ๕๕๕ ๒๐๐๐, ต่อ ๕๕๑๙, ๕๕๒๐ โทรสาร: ๐๒ ๕๕๕ ๓๓๕๐



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละสาขา  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ ๔๐

สาขา	ประธานภายใน			หน่วยงาน	ประธานภายนอก			หน่วยงาน
	คำนำหน้า	ชื่อ	สกุล		คำนำหน้า	ชื่อ	สกุล	
PW	ดร.	นพดล	ฉาบแก้ว	มจพ.	ดร.	ธรรมวฤทธิ์	สิงห์วิลัย	ม.มหิดล
PE	รศ.ดร.	นิสัย	เพ็ญเวโรจน์สกุล	มจพ.	ผศ.ดร.	สุรพงศ์	สุวรรณกวิน	จุฬาฯ
CM	ดร.	พิสิฐ	วนิชชานันท์	มจพ.	รศ.ดร.	ภูมิพัฒน์	แสงอุดมเลิศ	ม.กรุงเทพฯ
CT	ดร.	นที	ทองอุ่น	มจพ.	รศ.ดร.	ชินินทร์	บุญลักษณ์านุสรณ์	สจล.
EL	รศ.ดร.	มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	มจพ.	รศ.ดร.	พิพัฒน์	พรหมมี	สจล.
DS	ผศ.ดร.	เอกรัฐ	บุญภูงา	มจพ.	ดร.	มนตรี	โพธิ์โสโนทัย	สจล.
PH	ผศ.ดร.	อมรินทร์	รัตนะวิศ	มจพ.	ดร.	นพดล	นันทวงศ์	NECTEC สวทช.
BE	ผศ.	พยุ่ง	เดชอยู่	มจพ.	ผศ.ดร.	ปิยะมาศ	เสื่อเพ็ง	ม.รังสิต
CP	ดร.	อัครา	ประโยชน์	มจพ.	รศ.ดร.	มงคล	เอกปัญญาพงศ์	AIT
GN	ผศ.ดร.	พงศธร	ชมทอง	มจพ.	ดร.	ศุภกิจ	พฤกษ์อรุณ	ม.ธรรมศาสตร์
SS	ผศ.ดร.	กฤษณ์	อ่างแก้ว	มจพ.	ผศ.ดร.	ชูธรรม	สาวิกัน	ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



9.	056	การประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของเครื่องปรับอากาศในอาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร	ธนโชติ จิรวัดลภ, ธนภัทร พรพงศ์รุ่งเรือง, ศุจินันท์ ชื่นชม, จักรวาล เดชวิเศษ, ณัฐพงศ์ ตันทนุช มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
10.	059	การวางแผนส่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	ณัฐชาติ คำขันตี, วิชัย ผดุงศิลป์, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
11.	062	การนำพลังงานจากรถยนต์ไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้กับที่พักอาศัย	ชวิน หฤพรพงษ์, รศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12.	064	การจัดสรรหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่นที่เหมาะสมสำหรับการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	ศตวรรษ บูรณา, ปณิตา ชารักษ์, พีรพล จิราพงศ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
13.	089	การวิเคราะห์การกระจายสนามไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าบนลูกถ้วยฉนวนแยกสายในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศไทย	ชัยรัตน์ ภูมิธรรมเจริญ, พิสุทธิณี ภูษา, ณัฐพงศ์ ตันทนุช มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
14.	099	การวิเคราะห์สมรรถนะทางไฟฟ้าและอาร์มอิกส์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโหลดฟลูออเรสเซนต์ด้วยโหลดแอลอีดี(LED) เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	คณิศร บุญรัตน์, กัญญาภัค ศรีสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
15.	109	ขนาดอนุภาคของสารตัวเติมอินทรีย์ที่ได้จากเปลือกหอยเชอรี่ต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฉนวนยางซิลิโคน	ศุจิรัตน์ เทพศิลา, อำนวย สุขศรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
16.	110	การศึกษาแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้อิเล็กทรอนิกส์โหลดคอนโทรลเลอร์จ่ายโอนกำลังไฟฟ้าและบัคอินเวอร์เตอร์ปรับอัตราการผลิตประจุของแบตเตอรี่	ธนพงศ์ ประทีพพกุล, ไพรินทร์ เห่งโพธิ์, พิชัย อารีย์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
17.	126	ความคงทนต่อแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซผสมระหว่างก๊าซ $SF_6$ และก๊าซ $N_2$	จาตุรนต์ สินธุคุณากร, นรเศรษฐ พัฒนเดช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
18.	131	การลดแรงบิดสั่นสะเทือนในแกนเพลลาของมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยการหน่วงเวลาจ่ายแรงดัน	นิธิชัย แก้วขำ, พิชัย อารีย์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
19.	138	การศึกษาออกแบบระบบเฝ้าระวังและเตือนภัย การเกิดดีสชาร์จบางส่วนในหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังฉนวนน้ำมันและแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์	พินิจ จิตจริง, สิริชัย ประกอบธรรม, อภิสิทธิ์ เมฆะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
20.	140	การตรวจจับสัญญาณดีสชาร์จบางส่วนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 21 kV : กรณีศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ณ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมของบริษัทราชบุรีเพาเวอร์จำกัด	วรัญญา บุญเพ็ญ, ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, พินิจ จิตจริง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21.	145	การสร้างแบบจำลองเครื่องกังหันแก๊สสำหรับใช้ศึกษาในระบบไฟฟ้ากำลัง	กรสิทธิ์ สินสมบูรณ์, ศิวพล ศรีสนพจน์, คมสันต์ หงส์สมบัติ, บุศรา พิริยอนนท์

การวางแผนสั่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม  
Planning of Load Transfer Ordering of 22 kV Distribution System Using Artificial Neural Networks

ณัฐชาติ คำขันตี<sup>1,2</sup> วิชัย ผดุงศิลป์<sup>1</sup> และ ฉัตรชัย ตุกทิทธิภักดิ์<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ด.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 0-2549-3420 โทรสาร 0-2549-3422  
<sup>2</sup>การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดอุดรธานี อ.ท่าเสา อ.เมือง จ.อุดรธานี 53000 โทรศัพท์ 0-55-443-195  
E-mail: nattachat\_k@mail.rmutt.ac.th, wichai.p@en.rmutt.ac.th, chatchai.s@en.rmutt.ac.th

**บทคัดย่อ**

บทความนี้เสนอการวางแผนสั่งการสวิตช์สำหรับการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 22kV โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมช่วยในการเลือกขั้นตอนการสั่งการ ซึ่งขั้นตอนการสั่งการต้องเป็นไปอย่างรวดเร็ว และถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานแก่ไฟฟ้าในการศึกษานี้ได้นำข้อมูลของสถานีไฟฟ้าจังหวัดอุดรธานีที่ใช้ในการตัดสินใจสั่งการสวิตช์ซึ่งได้แก่ ค่ากระแสผิดพลาดของระบบจำหน่ายสายป้อนวงจรที่ สถานะของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน และแผนสั่งการสวิตช์จากผู้ชำนาญการ มาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยค่ากระแสผิดพลาดของระบบจำหน่ายจำนวน 10 วงจร ได้มาจากการจำลองด้วยโปรแกรม DigSILENT ส่วนเอาต์พุตจะเป็นขั้นตอนการสั่งการสวิตช์ซึ่งระบบจำหน่ายตามตำแหน่งการเกิดความคิดพร้อม ผลการทดลองพบว่าวิธีการนำเสนอสามารถให้คำตอบของลำดับการสั่งการสวิตช์ด้วยความรวดเร็ว และไปในทิศทางเดียวกันกับการสั่งการโดยผู้ชำนาญการ

**คำสำคัญ:** โครงข่ายประสาทเทียม แผนสั่งการสวิตช์ DigSILENT

**Abstract**

This paper presents a switching order planning for load transferring of 22kV distribution system using Artificial Neural Networks (ANNs). The ordering steps have to be done quickly and correctly in order to ensure the safety of the employees while they are making the electrical operation. In this study, the switching decision information obtained from Uttaradit substation which is fault current data, feeder circuits, overcurrent protection status and switching plans that make by skilled operator, is used to train ANNs. DigSILENT program is used for determine simulation fault current of 10 feeders. The output of the ANNs is the switching order procedure of the distribution system according to fault positions. From the experimental results, it is found that the proposed method can provide accurate and quick answers of switching order and tend to be the same direction as the skilled operator gave.

**Keywords:** artificial neural network, Switching Diagram, DigSILENT

**1. บทนำ**

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการจัดหา และให้บริการพลังงานไฟฟ้า แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการภาคอุตสาหกรรม ธุรกิจและครัวเรือน โดยปัจจุบันความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ระบบจำหน่ายมีการขยายวงจรถ่ายไฟฟ้าที่รวมถึงติดตั้งอุปกรณ์ตัดคอนในระบบเพิ่มขึ้น ขั้นตอนการบริหารจัดการเพื่อแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องให้ได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยนั้น จึงมีความซับซ้อนขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพในการจ่ายไฟและดัชนีความน่าเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า หรือ ค่า SAIFI และ SAIDI โดยทั่วไปแล้วเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องขึ้นในระบบจำหน่าย 22 kV จนไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าจากสถานีได้ พนักงานสถานีจะแจ้งเหตุการณมาที่พนักงานสั่งการของหน่วยแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยข้อมูลที่รับแจ้งจะเป็นค่ากระแสผิดพลาด ระบบจำหน่ายวงจรที่เกิดเหตุ และสถานะของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน พนักงานสั่งการจะให้รอดแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้อง ค้นหาตำแหน่งที่แน่นอนของความคิดพร้อมในระบบจำหน่าย เพื่อพิจารณาสั่งการสวิตช์เพื่อย้ายโหลด และจำกัดบริเวณที่ไฟดับ โดยพนักงานสั่งการนั้นจำเป็นต้องมีความชำนาญและความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติงานกับระบบจำหน่าย ตามระเบียบปฏิบัติของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทุกขั้นตอน เพื่อความปลอดภัย จากการสืบค้นงานวิจัยยังไม่พบเรื่องวางแผนสั่งการสวิตช์กับระบบจำหน่าย พบแต่เพียงงานวิจัยที่เกี่ยวกับการระบุตำแหน่งความคิดพร้อมในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ของเอกภพ ดวงจันทร์ [1] ที่ใช้โปรแกรม DigSILENT จำลองค่ากระแสผิดพลาดบนหัวเสา และนำข้อมูลที่เป็น Excel แสดงค่ากระแสผิดพลาดและตำแหน่งในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ให้กับพนักงานแก้กระแสไฟฟ้าขัดข้องใช้ค้นหาตำแหน่งที่เกิดความคิดพร้อม

บทความนี้จึงมีแนวคิด นำวิธีการทำข้อมูลที่ใช้หาตำแหน่งคิดพร้อม มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อวางแผนสั่งการสวิตช์ เพื่อหาคำแนะนำในการสั่งการ โดยจะประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม ที่มีคุณสมบัติในการ

แยกแยะข้อมูลจำนวนมากจากการเรียนรู้และจดจำข้อมูลที่ฝึกสอนแล้ว อีกทั้งการคำนวณแบบขนานที่ป้อนข้อมูลพร้อมกันทั้งหมด ทำให้ได้คำตอบที่รวดเร็ว ที่สำคัญคือกรณีมีข้อมูลใหม่ โมเดลสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ อย่างเช่น งานวิจัยของบัณฑิต ฤทธิทอง [2] ที่ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด ที่จึงเอาทุกให้ค่า ขนาดสายไฟ ระยะสายไฟ อุปกรณ์ป้องกัน ขนาดมอเตอร์ ที่สัมพันธ์กับขนาดพื้นที่ห้อง ประเภทอาคาร และระบบทำความเย็น ได้อย่างรวดเร็ว แม้ผู้ใช้งานจะมีข้อจำกัดในเรื่องความชำนาญ

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ระบบป้องกันกระแสเกินในระบบ 22 kV กฟภ.

จุดประสงค์หลักของการป้องกันระบบจำหน่าย คือ ระบบจะต้องสามารถตัดลัดไฟให้เร็วที่สุด เพื่อให้เกิดปัญหาไฟฟ้าดับน้อย หรือเกิดเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น

โดยส่วนมากระบบป้องกันของ กฟภ. มักจะเป็นระบบป้องกันโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ - รีโกลสเซอร์ - ฟิวส์ ระบบนี้จะติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้ที่ต้นทางภายในตู้สวิตช์เกียร์ และติดตั้งรีโกลสเซอร์ไว้ที่สายป้อนหลัก ซึ่งช่วยลดพื้นที่ไฟดับ และจำนวนครั้งการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนฟิวส์นั้นติดตั้งไว้ในสายแยก หรือไว้ป้องกันเหนือแปลงจำหน่าย [3]

### 2.2 ความคิดพ่วงในระบบไฟฟ้า

ความคิดพ่วงในระบบไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ความคิดพ่วงแบบสมมาตร หรือเรียก ฟอลต์สามสาย (Three Phase Fault) และความคิดพ่วงแบบไม่สมมาตร มีหลายๆ แบบ เช่น ฟอลต์ลงดินเส้นเดียว (Single Line-to-Ground Fault) ซึ่งเป็นฟอลต์ที่เกิดในระบบมากที่สุด การวิเคราะห์ฟอลต์ในระบบไฟฟ้า นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อนำไปใช้ในการเลือกพิกัดอุปกรณ์ป้องกัน และการตั้งค่ารีเลย์ได้อย่างเหมาะสม ปลอดภัยต่อระบบจำหน่ายไฟฟ้า

### 2.3 หลักปฏิบัติการสั่งการสวิตช์เพื่อแก้ไขไฟขัดข้อง

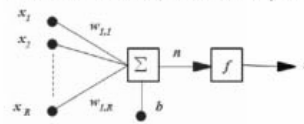
คำสั่งการ สวิตช์ (Switching Order) อาจให้คำนิยามว่า เป็นรายละเอียดการทำงาน ขั้นตอนการปลด - สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่ายที่จัดทำขึ้นเป็นเอกสาร เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ในภายหลัง กรณีปกติ ที่มีการทำงานในระบบจำหน่าย แต่การสั่งการสวิตช์ กรณีฉุกเฉิน คือการปลด - สับ อุปกรณ์ในระบบจำหน่าย เพื่อย้ายโหลด และจำกัดพื้นที่ไฟดับ ก่อนแก้ไขกระแสไฟที่ขัดข้อง ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และปลอดภัย โดยอาศัยความชำนาญของผู้สั่งการ เป็นหลัก [4]



รูปที่ 1 ขั้นตอนการแก้ไขกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย กฟภ.

### 2.4 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อเลียนแบบการทำงานของข่ายประสาทในสมองมนุษย์ เช่น การเรียนรู้จดจำของตึก



รูปที่ 2 แบบจำลองของนิเวรอนหลายอินพุต

จากรูปที่ 2 เป็นแบบจำลองนิเวรอนหลายอินพุต โดยอินพุต  $x_1, x_2, \dots, x_n$  จะถูกคูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก  $w$  และรวมกันเป็นอินพุต  $n$  ของฟังก์ชันถ่ายโอน  $f$  จะได้เอาท์พุทของนิเวรอน  $y$  ตามสมการที่ 1

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) \quad (1)$$

## 3. การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้กับโครงข่ายประสาทเทียม

### 3.1 หลักการศึกษาค่าแห่งกระแสลัดพ่วง

สำหรับการศึกษาค่าแห่งกระแสลัดพ่วงนั้น จะใช้วิธีการนำค่าจากรีเลย์กระแสเกิน จากพนักงานสถานีไฟฟ้า ที่บันทึกเหตุการณ์ มาเปรียบเทียบกับการจำลองโดยโปรแกรม ว่าสามารถให้ผลได้ใกล้เคียงกันหรือไม่

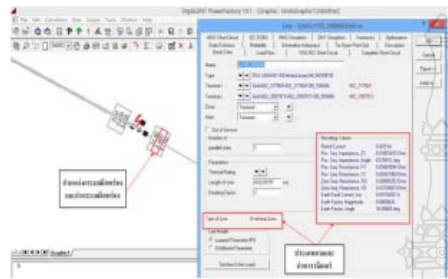
#### 3.1.1 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DIGSILENT

สำหรับแบบจำลองจะใช้ข้อมูลระบบจำหน่าย 22 kV ของ กฟภ. จังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้ง 10 วงจร จากระบบฐานข้อมูล GIS เป็นกรณีศึกษา โดยจำลองความคิดพ่วงแบบลงดินเส้นเดียว (Single Line-to-Ground Fault) เฉพาะสายป้อนหลัก ที่เชื่อมต่อกับระหว่างอุปกรณ์ตัดคอน ส่วนก้าพารามิเตอร์ของแหล่งจ่าย และพารามิเตอร์สายไฟฟ้า จะอ้างอิงตามรายงานค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2558 และคู่มือก้าพารามิเตอร์สาย [5-6] จำลองค่ากระแสลัดพ่วงโดยใช้โปรแกรม DIGSILENT



**3.1.2 จำลองค่ากระแสลัดพร้อมโดยโปรแกรม DigSILENT**

เมื่อเตรียมแบบจำลองข้อมูลและตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แล้วจากนั้นทำการจำลองค่ากระแสลัดพร้อมแบบ ฟอลต์ลงดินสั้นเดียว ตามตำแหน่งระหว่างอุปกรณ์ตัดคอนในระบบ เก็บข้อมูลเพื่อไปเปรียบเทียบกับค่าจารีลัดกระแสเกินที่บันทึกจากสถานีไฟฟ้า



รูปที่ 3 จำลองค่ากระแสลัดพร้อมโดยโปรแกรม DigSILENT

จากผลการทดสอบค่ากระแสลัด โดย โปรแกรม DigSILENT เท่ากับ 2.480 kA เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จารีลัดกระแสเกินที่บันทึกโดยพนักงานสถานี เท่ากับ 2.520 kA ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ได้ใกล้เคียง สำหรับการวางแผนสั่งการสวิตซ์

**3.2 การนำข้อมูลที่จำลองได้ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม**

เมื่อได้ค่ากระแสลัดที่จำลองจากโปรแกรม ทั้ง 10 วงจร ของสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุตรดิตถ์ แล้ว จากนั้นรวบรวมข้อมูล เป็นข้อมูลที่ใช้ในออกแบบสั่งการสวิตซ์ ดังนี้ 1.ค่ากระแสลัดพร้อม 2. ระบบจำหน่ายสายป้อนที่ และ 3.สถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน เป็นข้อมูลอินพุต และมีฟังก์ชันการสวิตซ์ ที่ออกแบบโดยบุคคลเป็นเอาต์พุต เป้าหมาย

**3.2.1 ข้อมูลอินพุตและค่าเป้าหมายในการฝึกสอน**

จากการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบสั่งการสวิตซ์ซึ่งสามารถจัดเป็นข้อมูลอินพุต ดังตารางที่ 1 เพื่อนำมาฝึกสอนให้กับโครงข่ายประสาทเทียม โดยสามารถสร้างกรณของข้อมูลอินพุตได้ 744 ข้อมูล หลังจากจัดค่าอินพุตทั้งหมดแล้ว ได้จัดค่าเป้าหมาย คือ ชั้นคอนการสั่งการสวิตซ์ กับระบบจำหน่าย 22 kV ของสถานีไฟฟ้า จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งออกแบบโดยบุคคล ได้ 172 ค่าเป้าหมาย ดังตารางที่ 2 หลังจากได้ค่าทั้งอินพุต และเอาต์พุตแล้ว จึงทำการฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียม

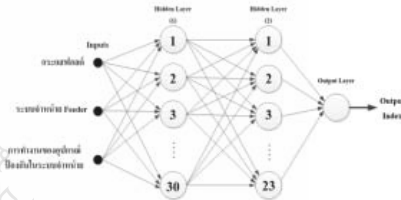
**3.2.2 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม**

บทความนี้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multiple-Layer Networks) โดยการทำงานเลือกแบบป้อนไปข้างหน้า

และการฝึกสอนใช้ชนิดแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) ส่วนกฎการเรียนรู้ใช้แบบ Levenberg-Marquardt เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีที่สุด [7-8] และใช้เวลารฝึกสอนน้อย กับการเรียนรู้จดจำแบบที่มีค่าเป้าหมาย โดยกำหนดให้มีจำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้นซ่อน และ 1 ชั้นเอาต์พุต

ตารางที่ 1 ตารางค่าอินพุตที่นำไปฝึกสอน

Input	Possible Values
ค่ากระแสลัดพร้อม	9.95 - 0.45 kA
ระบบจำหน่าย Feeder	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินในระบบจำหน่าย	1 : Circuit Breaker Trip - Reclose 2 : Circuit Breaker Trip - Lock Out 3 : Recloser Trip - Lock Out



รูปที่ 4 ลักษณะการจัดข้อมูลฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 2 ตารางค่าดัชนีเป้าหมายที่ใช้ออกแบบสั่งการสวิตซ์

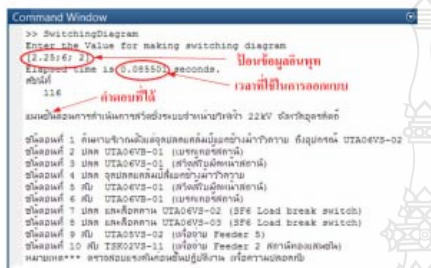
Index	ชั้นซ่อนที่ 1 สถานะที่ติดอยู่	ชั้นซ่อนที่ 2	ชั้นซ่อนที่ 10
1	เขียนค่าในจุดลัด	-	-
2	ไม่มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน RECLOSE ในระบบจำหน่าย	-	-
3	บริเวณลัดอุปกรณ์ UTA10VS-01 ถึงจุดลัดลัดที่ติดอยู่ลัดได้	-	-
170	บริเวณลัดลัดอุปกรณ์ UTA10VR-01 ถึงอุปกรณ์ UTA10VS-05	ปลดพร้อมเปิดในมีดัดัน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	-
171	บริเวณลัดลัดอุปกรณ์ UTA10VS-05 ถึงอุปกรณ์ UTA10VS-06 และ UTA10VS-07	ปลดพร้อมเปิดในมีดัดัน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	-
172	บริเวณลัดลัดอุปกรณ์ UTA10VS-07 ถึงอุปกรณ์ UTA10VR-02 และ UTA10VS-08	ปลดพร้อมเปิดในมีดัดัน LOAD UTA10VR-01 (Recloser)	-

โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่ทำการฝึกสอน ใช้จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนที่ 1 จำนวน 30 เซลล์ ชั้นซ่อนที่ 2 จำนวน 23 เซลล์ เนื่องจากต้องการความผิดพลาดค่าน้อยกว่าทศนิยม 5 ตำแหน่ง ใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Tan-Sigmoid ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Linear ในชั้นเอาต์พุต

**4. ผลการทดลอง**

เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการฝึกสอน และทดสอบโดยป้อนข้อมูลอินพุตของชุดฝึกสอน ตามรูปที่ 5 ซึ่งป้อนข้อมูลอินพุต ข้อมูลแรก

คือ ค่ากระแสตัดพร้อม 2.25 kA ข้อมูลที่สองเป็นระบบจำหน่ายที่ 6 และ ข้อมูลที่สามคือสถานะการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน เป็น 2.Circuit Breaker Trip- Lock Out เข้าโครงข่ายประสาทย่อม ผลลัพธ์คือ โปรแกรมสามารถให้ค่าคอบที่ถูกต้องและใช้เวลาเพียงแค่ 0.08 วินาที ตามรูปที่ 5 จะเห็นว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยมาก เนื่องจากเป็นการคำนวณแบบขนาน

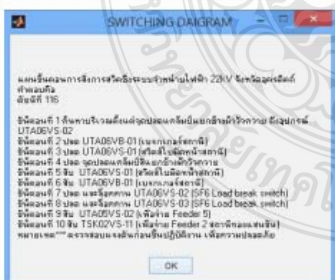


รูปที่ 5 ตัวอย่างผลที่ได้จากการออกแบบ

ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอนี้ ในเบื้องต้นได้นำไปใช้ให้พนักงานส่งกรจำนวน 5 คน ทดลองใช้ และเปรียบเทียบความถูกต้อง จากการออกแบบโดยบุคคล ปรากฏว่าวิธีที่นำเสนอสามารถให้ค่าคอบที่ถูกต้องและรวดเร็ว แต่ยังมีปัญหาในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับ โปรแกรม จึงได้นำมาเขียนเป็น Graphical User Interface เพื่อให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 หน้าต่าง Graphical User Interface ที่เขียนขึ้น



รูปที่ 7 ค่าคอบจากโปรแกรม Graphical User Interface

## 5. สรุป

การนำเสนอวิธีการนำโครงข่ายประสาทย่อมมาช่วยในการวางแผนออกแบบสั่งการสวิตซ์ซึ่ง กรณีเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบจำหน่าย แสดงให้เห็นว่า วิธีที่นำเสนอสามารถหาค่าคอบ ได้ถูกต้องตามค่าเป้าหมายและลดเวลาในการออกแบบได้มาก เพื่อช่วยให้พนักงานส่งกรทำงานได้รวดเร็ว ลดความผิดพลาดจากบุคคล (Human Error) ได้ และหากมีการเปลี่ยนแปลงระบบจำหน่ายหรือจะนำมาวางแผนสั่งการสวิตซ์ซึ่งกรณีปกติ ที่ต้องการดับไฟ เพื่อทำงานกับระบบจำหน่าย สามารถนำค่าที่ถัดจากแผนที่มาประยุกต์ใช้ โดยฝึกสอนเพิ่มเติมให้โครงข่ายประสาทย่อมสามารถแก้ปัญหาได้มากขึ้นในอนาคต

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุดรธานี ที่ได้สนับสนุนข้อมูลระบบจำหน่าย และคู่มือต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกภพ ดวงจันทร์ โบนัส ทรงวิจิตร และฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล, "การระบุตำแหน่งความผิดพลาดในระบบ 22 kV ในรูปแบบพิกัดทางภูมิศาสตร์," EECON 38 , pp. 169 – 172 , Nov 2558.
- [2] มณฑิต ฤทธิ์ทอง , "การใช้โครงข่ายประสาทย่อมในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ,2553.
- [3] สุชาติ ปรีชาพร, วิศวกรรมการป้องกันระบบไฟฟ้าแรงสูง (เล่ม 2) กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.
- [4] ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า ศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้า, คู่มือหน้าที่และหลักปฏิบัติเกี่ยวกับงานสั่งการระบบไฟฟ้า : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กันยายน 2548.
- [5] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองวิเคราะห์และวางแผนระบบไฟฟ้า, คู่มือค่ากระแสลวงจรในระบบไฟฟ้าของ กฟภ. ปี 2558 : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤษภาคม 2558.
- [6] ฝ่ายวางแผนระบบไฟฟ้า กองวางแผนระบบไฟฟ้า, คู่มือค่าพารามิเตอร์สายระบบจำหน่ายแรงสูง 22/33 เคV, ระบบจำหน่ายแรงต่ำ 380/220 โวลท์ และระบบสายส่ง 115 เคV: การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, พฤศจิกายน 2548.
- [7] M.T. Hagan, H.B. Demuth and M.Beale, 1996 Neural Network Design, PWS Publishing Company, USA
- [8] Neural Network Toolbox, User's Guide, The Mathworks Inc., July 2002.



# การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๐ (EECON-40)

ระหว่างวันที่ ๑๕-๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๖๐

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ


ขอมอบเกียรติบัตรนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

นายณัฐชาติ คำขันดี

ได้นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๐

เรื่อง

การวางแผนส่งการถ่ายเทโหลดของระบบจำหน่าย 22 kV โดยใช้โครงข่ายประสาทยูเอ็ม

  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โภธร ชัยชาวงค์  
ประธานคณะกรรมการจัดงาน  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๐

  
พินิจ วิวัฒนกุล  
รองศาสตราจารย์ ดร. พินิจ ลิวนนท์  
ประธานคณะกรรมการฝ่ายจัดการมอบความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๐

รองศาสตราจารย์ ดร. อธิคม ถิ่นบุญศรี  
นายกสมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า  
(ประเทศไทย)

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายณัฐชาติ คำขันตี  
วัน เดือน ปีเกิด 5 มกราคม 2532  
ที่อยู่ 64/2 หมู่ที่ 5 ต.ผาจุก อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์  
การศึกษา ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ประสบการณ์การทำงาน วิศวกรไฟฟ้า  
บริษัท พีริไซซ อีเล็กโทรแมคคานิคัลเวิร์ค จำกัด  
พนักงานช่าง 3 แก๊กระแสไฟฟ้าขัดข้อง  
แผนก ปฏิบัติการและบำรุงรักษา  
การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดอุตรดิตถ์ พ.ศ. 2558 ถึงปัจจุบัน  
เบอร์โทรศัพท์ 087-2105302  
Email nattachat\_k@mail.rmutt.ac.th, kamkantee.en@gmail.com

