

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบ
จำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

THE USE OF POWER QUALITY TO FORECAST RELIABILITY IN THE
PEA'S DISTRIBUTION SYSTEM USING ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS



กพ.
ก675ก
2552

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...107452
วัน,เดือน,ปี... 2 9 ค.ศ. 2553

12204560

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายใน KMITL 2009-EN-M-020-177 ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE USE OF POWER QUALITY TO FORECAST RELIABILITY IN THE
PEA'S DISTRIBUTION SYSTEM USING ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2009-EN-M-020-177



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

Thesis Title The Use of Power Quality to Forecast Reliability in the PEA's Distribution System using Artificial Neural Networks

นักศึกษา นายกิตติศักดิ์ กาพันธ์






รหัสประจำตัว 50060214

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-020-177

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ประภาส ไพรสุวรรณ	
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ	
ผศ.ดร.ปานจิต คำรงกุลกำจร	
ดร.สุรินทร์ คำฝอย	
รศ.ดร.สมชาติ จิริวิภากร	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2552 เวลา 09.00-11.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 ตุลาคม พ.ศ. 2552

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 23 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2552
ลงชื่อ..... อิวพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
นักศึกษา	นายกิตติศักดิ์ กาพรัตน์
รหัสประจำตัว	50060214
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. สมชาติ จิริวิภากร

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและคุณภาพทางไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม บทความนี้เป็น การนำเสนอการนำข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า ในระบบจำหน่าย 22 kV สถานีไฟฟ้าโรจนะ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) จังหวัดอยุธยา โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANNs) โครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้เป็นแบบที่มีหลายชั้นซ่อน (Multi Layer Feedforward Networks : MLFN) ชนิดที่มีการแพร่ค่าแบบย้อนกลับ (Back – Propagation Learning Algorithm : BP) ซึ่งข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่ แรงดันทางไฟฟ้า กระแสทางไฟฟ้า ความผิดปกติฮาร์โมนิกส์ แรงดันต่ำ/เกินชั่วขณะ เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) มาใช้ในการลดขนาดของอินพุต โดยที่ไม่ทำให้ข้อมูลเกิดความสูญเสียสำคัญของข้อมูลและเพื่อลดระยะเวลาการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งผลที่ได้จากการพยากรณ์นั้นมีความถูกต้องและแม่นยำสูง ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ปรับปรุงและพัฒนาระบบไฟฟ้าให้มีความน่าเชื่อถือและคุณภาพทางไฟฟ้าที่ดีได้

Thesis Title The Use of Power Quality to Forecast Reliability in the PEA's Distribution System using Artificial Neural Networks

Student Mr. Kittisak Kamlarat

Student ID. 50060214

Degree Master of Engineering

Program Electrical Engineering

Year 2009

Thesis Advisor Asst.Prof.Dr. Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

Currently, power quality and reliability have role and variable important to determine continuous of manufacturing in industry. This thesis presents the power quality for forecasting reliability in 22 kV distribution system at Rojana substation of Provincial Electricity Authority Area 1 (Central) in Ayutthaya Province using Artificial Neural Networks (ANNs) typed Multi Layer Feedforward Networks (MLFN) with Back – Propagation Learning Algorithm (BP). Data of power quality for analysis such as voltage, current , harmonic distortion, voltage sag/swell etc.The study used Principle Component Analysis (PCA) to reduce the dimensionality of an input space without losing a significant amount of information and decrease time for training ANNs.The result forecast include correctly and high accurately. These research utility are improves and develops for good power quality and reliability in power system.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำ, คำปรึกษา และความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จาก รศ.ดร.สมชาติ จิรวិภากร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำชี้แนะแนวทางและการแก้ปัญหาในงานวิจัย และให้ความช่วยเหลือในหลาย ๆ ด้าน ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีแก่ข้าพเจ้า จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความสนับสนุนด้านทุนการศึกษาตลอดจนคำแนะนำและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของกฟภ.

ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยที่อำนวยความสะดวกในการสอบต่างๆ และจัดทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่น้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กิตติศักดิ์ กาพันธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 คุณภาพทางไฟฟ้า.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 สัญญาณปัญหา.....	5
2.2.1 แรงดันตกชั่วขณะ.....	5
2.2.2 การขาดช่วง.....	6
2.2.3 แรงดันเกินชั่วขณะ.....	7
2.2.4 ภาวะชั่วคราว.....	8
2.2.5 แรงดันบาก.....	12
2.3 ความไม่สมดุล.....	13
2.4 ฮาร์โมนิกส์.....	14
2.4.1 แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกส์.....	15
2.4.2 ผลกระทบจากกระแสฮาร์โมนิกส์.....	15
2.4.3 ตัวชี้วัดฮาร์โมนิกส์.....	16
2.5 แรงดันกระเพื่อม.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 ไฟกระพริบ.....	17
2.7 ดัชนีความเปลี่ยนแปลง R.M.S.....	19
2.7.1 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบ.....	19
2.7.2 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันทันทีทันใดของระบบ.....	20
2.7.3 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันชั่วขณะของระบบ.....	21
2.7.4 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันชั่วคราวของระบบ.....	21
2.7.5 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับ เส้นโค้งมาตรฐาน CBEMA.....	22
2.7.6 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับ เส้นโค้งมาตรฐาน ITIC.....	22
2.7.7 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับ เส้นโค้งมาตรฐาน SEMI.....	22
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3 ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า.....	28
3.1 บทนำ.....	28
3.2 แนวคิดพื้นฐานความเชื่อถือได้.....	29
3.2.1 สมรรถนะความพร้อมใช้งานของระบบ.....	30
3.2.1.1 สมรรถนะความพร้อมใช้งาน.....	31
3.2.1.2 สมรรถนะความเชื่อถือได้.....	32
3.2.1.3 สมรรถนะการสนับสนุนการบำรุงรักษา.....	32
3.2.1.4 สมรรถนะการบำรุงรักษา.....	32
3.2.1.5 เวลาสูญเสีย.....	33
3.3 การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า.....	33
3.3.1 การประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต.....	33
3.3.2 การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต.....	37
3.4 ความเชื่อถือได้กับการลงทุน.....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียม.....	40
4.1 เซลล์ประสาททางชีววิทยา.....	41
4.2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	42
4.2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว.....	42
4.2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น.....	44
4.2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ.....	45
4.3 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	46
4.3.1 การเรียนรู้ที่ต้องมีผู้สอน.....	46
4.3.2 การเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอน.....	47
4.3.3 การเรียนรู้แบบเสริม.....	48
4.4 ชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอน.....	48
4.5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีหลายชั้นที่ใช้การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ.....	50
4.6 กฎการเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับด้วย Levenberg-Marquardt Algorithm.....	51
4.7 กระบวนการ normalization ชุดข้อมูลฝึกสอน.....	52
4.7.1 วิธีการ unnormalization และการ unbounding ของชุดข้อมูลชุดทดสอบและชุดข้อมูลฝึกสอน.....	53
4.8 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม.....	54
4.9 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ generalization ของโครงข่ายประสาทเทียม.....	55
4.10 ประโยชน์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	56
บทที่ 5 การนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า.....	57
5.1 ระบบไฟฟ้าที่นำมาศึกษา.....	57
5.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในโครงข่ายประสาทเทียม.....	59
5.2.1 ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า.....	59
5.2.2 ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า.....	64
5.3 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ไปใช้งาน.....	67
5.3.1 ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า.....	67
5.3.2 ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า.....	80

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 การวิเคราะห์ตัวแปรที่นำมาเป็นข้อมูลอินพุต.....	81
5.5 การออกแบบโครงสร้างนิเวศเน็ตเวิร์ค.....	85
5.6 การนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักไปใช้งาน.....	92
5.7 ขั้นตอนการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม.....	100
บทที่ 6 ผลการทดลอง.....	102
6.1 ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม.....	102
6.2 ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมกับ PCA.....	116
บทที่ 7 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	130
เอกสารอ้างอิง.....	132
ภาคผนวก.....	134
ภาคผนวก ก. รายละเอียดโปรแกรมPQSecure.....	135
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	145
ประวัติผู้เขียน.....	155

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ความเสียหายของการเกิดไฟฟ้าขัดข้องในปี พ.ศ. 2543.....	39
5.1 รายละเอียดของ database ของเครื่องวัด Unilizer902.....	60
5.2 แสดงตัวอย่างการวัดข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภท Harmonic THD ของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส 4 สาย.....	62
5.3 แสดงตัวอย่างการวัดข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทแรงดัน และกระแส.....	63
5.4 ตัวอย่างข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(การเกิดไฟฟ้าขัดข้อง).....	65
5.5 ตัวอย่างข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(การเกิดไฟกระพริบ).....	66
5.6 ตัวอย่างข้อมูลคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทฮาร์มอนิกส์กระแสในช่วงเดือนมกราคม.....	67
5.7 ตัวอย่างการแปลงค่าข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทฮาร์มอนิก current เฟส 4 จากรายวันเป็นรายเดือน.....	68
5.8 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภทฮาร์มอนิก Voltage เฟส 2.....	70
5.9 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภทดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า.....	72
5.10 ตัวอย่างข้อมูลฮาร์มอนิกส์แรงดันระบบ 3 เฟส 4 สายก่อนการแปลง R.M.S.....	74
5.11 การแปลงค่า R.M.S ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภท Harmonic Voltage ลำดับฮาร์มอนิกส์ที่ 1-13 ด้วยการแปลง R.M.S.....	76
5.12 ตัวอย่างข้อมูลแรงดันทางไฟฟ้าที่มี 3 เฟส ก่อนการแปลง โดย R.M.S.....	78
5.13 การแปลงค่า R.M.S ประเภทแรงดัน 3 เฟส.....	79
5.14 การแปลงข้อมูลด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า.....	80
5.15 แสดงผลการเลือกตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต.....	83
5.16 แสดงตัวอย่างค่า Weight และ Bias ที่ดีที่สุดในการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI).....	91
6.1 ผลการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI) แต่ละโครงสร้างของนิวยอร์กของจำนวนนิวยอร์กชั้นชอนที่ 1,2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10.....	104
6.2 ผลการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIDI) แต่ละโครงสร้างของนิวยอร์กของจำนวนนิวยอร์กชั้นชอนที่ 1,2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10.....	106
6.3 ผลการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(CAIDI) แต่ละโครงสร้างของนิวยอร์กของจำนวนนิวยอร์กชั้นชอนที่ 1,2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10.....	108

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.4 ผลการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ASAI) แต่ละ โครงสร้างของนิวยอร์กเน็ทเวิร์ค ของจำนวนนิวยอร์กชั้นโซนที่ 1,2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10.....	110
6.5 ผลการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(MAIFI) แต่ละ โครงสร้างของนิวยอร์กเน็ทเวิร์ค ของจำนวนนิวยอร์กชั้นโซนที่ 1,2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10.....	112
6.6 ผลสรุปที่ได้จากการนำข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้ามาทำนายความเชื่อถือทางไฟฟ้า.....	114
6.7 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	115
6.8 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับPCA โดยการลดขนาดอินพุตลง ในการทำนายดัชนี SAIFI.....	118
6.9 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับPCA โดยการลดขนาดอินพุตลง ในการทำนายดัชนี SAIDI.....	120
6.10 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับPCA โดยการลดขนาดอินพุตลง ในการทำนายดัชนี CAIDI.....	122
6.11 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับPCA โดยการลดขนาดอินพุตลง ในการทำนายดัชนี ASAI.....	124
6.12 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับPCA โดยการลดขนาดอินพุตลง ในการทำนายดัชนี MAIFI.....	126

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แรงดันตกชั่วขณะ.....	6
2.2 การเกิดแรงดันขาดช่วง.....	7
2.3 แรงดันเกินชั่วขณะ.....	8
2.4 การสวิตชิงออสซิลเลชันของคาร์ปาซิเตอร์กับขดของแรงดันที่สูงขึ้น.....	9
2.5 แรงดันอิมพัลส์.....	9
2.6 แสดงการเกิดอิมพัลส์ชั่วครู่ที่เกิดจากฟ้าผ่า.....	10
2.7 แสดงกระแสออสซิลเลชันชั่วครู่ที่เกิดจากการสวิตชิง capacitor แบบ back-back.....	11
2.8 แสดงแรงดันออสซิลเลชันความถี่ต่ำชั่วครู่ที่เกิดจากการสวิตชิง capacitor เข้าในระบบ.....	11
2.9 แรงดันออสซิลเลชันความถี่ต่ำชั่วครู่เกิดจากเฟอร์โรเรโซแนนซ์ในสภาวะหม้อแปลง ไม่มีโหลด.....	12
2.10 แรงดันบวม.....	13
2.11 แสดงคลื่นรอยบากที่เกิดจากคอนเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส.....	13
2.12 ความไม่สมดุลของแหล่งจ่ายไฟฟ้า.....	14
2.13 แรงดันกระเพื่อม.....	17
2.14 ตัวอย่างการเกิดไฟกระพริบ.....	18
2.15 การวัดแรงดันกระเพื่อมที่หม้อแปลงทางด้านทุติยภูมิ a) ระยะเวลาการเกิดแรงดัน กระเพื่อม b) แสดงสเปกตรัมของฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่และอินเตอร์ฮาร์โมนิกส์.....	19
3.1 องค์ประกอบต่างๆของสมรรถนะความพร้อมใช้งาน.....	31
3.2 ความนิยมในการใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ต่างๆ.....	33
4.1 โครงสร้างของนิเวศ.....	41
4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว.....	43
4.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นซ่อน.....	44
4.4 Elman Network.....	45
4.5 Hopfield Network.....	46
4.6 การเรียนรู้ที่ต้องมีผู้สอน.....	47
4.7 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน.....	47
4.8 Hard limit Transfer function.....	48
4.9 Linear Transfer Function.....	49
4.10 Log-Sigmoid Transfer Function.....	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 Tan-Sigmoid Transfer Function.....	49
4.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าแบบแพร่ย้อนกลับ 2 ชั้นซ่อน.....	50
5.1 Single line diagram ของสถานีไฟฟ้าโรงนะ.....	57
5.2 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัด PQ Recorder ทางด้านระบบจำหน่าย 22 kV.....	58
5.3 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องวัด Utilizer 902.....	58
5.4 ลักษณะของโปรแกรม PQ-Secure ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้า.....	60
5.5 การใช้ scatter plot หาค่าความสัมพันธ์(Correlation Coefficient).....	82
5.6 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี SAIFI.....	86
5.7 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี SAIDI.....	87
5.8 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี CAIDI.....	88
5.9 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี ASAI.....	89
5.10 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี MAIFI.....	90
5.11 ข้อมูลอินพุตเมื่อผ่านกระบวนการ PCA ก่อนที่จะลดขนาดข้อมูล.....	99
5.12 ข้อมูลอินพุตเมื่อผ่านกระบวนการ PCA หลังจากลดขนาดข้อมูล.....	99
5.13 แสดงขั้นตอนการฝึกสอนและการทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียม.....	100
5.14 แสดงขั้นตอนการฝึกสอนและการทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียม โดยการใช้ PCA.....	101
6.1 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	105
6.2 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIDI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	107
6.3 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (CAIDI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	109
6.4 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (ASAI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	111
6.5 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (MAIFI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม.....	113
6.6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า MAPE(%) กรณีที่ใช้ PCA และกรณีที่ไม่ใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI).....	127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.7 แสดงผลการเปรียบเทียบ ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม กรณีที่ใช้PCAและกรณีที่ไม่ใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI).....	128
6.8 แสดงผลการเปรียบเทียบ จำนวนอินพุต กรณีที่ใช้ PCA และกรณีที่ไม่ใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI).....	129



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งบ่งบอกถึงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ในอดีตคุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า จะมุ่งเน้นไปที่การมีไฟฟ้าใช้และมีคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) อยู่ในเกณฑ์ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย แต่จากความสำคัญของภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจที่มีต่อระบบเศรษฐกิจในปัจจุบัน คุณภาพการจ่ายไฟฟ้าจึงต้องรวมถึงความต่อเนื่องของการจ่ายไฟฟ้า เพราะเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง สามารถสร้างความเสียหายเป็นจำนวนมากแก่ภาคอุตสาหกรรม ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือทางไฟฟ้าและการศึกษาด้านคุณภาพทางไฟฟ้านั้น ได้มีการทำมาแล้วอย่างต่อเนื่อง ณ ปัจจุบันนี้แต่ปัญหาหนึ่งที่มีมานานแล้ว คือ ทางกรไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังไม่มีการนำข้อมูลทั้งสองส่วนกล่าวคือ ข้อมูลทางด้านคุณภาพและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้ามาใช้งานร่วมกัน หรือมาศึกษาว่าข้อมูลทั้งสองเรื่องนี้มีมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร เช่น ถ้าคุณภาพทางไฟฟ้ามีค่าต่ำ ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร หรือ ถ้าความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้ามีค่าสูง แล้ว คุณภาพทางไฟฟ้าจะเป็นอย่างไร ซึ่งเป็นเป้าหมายที่งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาและพัฒนาโมเดลในการนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาใช้ประโยชน์ร่วมกัน เพื่อที่จะได้ใช้ประโยชน์ร่วมกันได้ในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เป็นการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในการทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเหมาะสำหรับงานลักษณะปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนที่สูงมากๆ และมีข้อมูลจำนวนมาก ๆ และโครงข่ายประสาทเทียมนั้น สามารถเรียนรู้และจดจำรูปแบบต่างๆ ได้และถ้ามีรูปแบบใหม่เข้ามามีลักษณะใกล้เคียงหรือแตกต่างจากรูปแบบเดิมบ้าง โครงข่ายประสาทเทียมจะสามารถทำนายข้อมูลที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก ภายหลังจากเรียนรู้ด้วยกระบวนการที่เหมาะสม จะได้โมเดลของโครงข่ายประสาทเทียมที่สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ค่าทางไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

1.3 สมมติฐานการศึกษา

1.ในการเก็บข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าจะต้องมีความถูกต้องและแม่นยำ ก่อนที่จะนำมาใช้กับ โครงข่ายประสาทดเทียมเพราะถ้าเก็บข้อมูลมาไม่ถูกต้อง จะทำให้โครงข่ายประสาทดเทียมเรียนรู้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทดเทียมต่ำอีกด้วย

2.สามารถนำโครงข่ายประสาทดเทียมมาใช้ในการทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและใช้ข้อมูลคุณภาพทางไฟฟ้าเป็นข้อมูลอินพุตโดยที่โครงข่ายประสาทดเทียมนั้นสามารถให้คำตอบได้ถูกต้องและแม่นยำ

3.การนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมาใช้ในการงานทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้นสามารถช่วยลดขนาดอินพุตและเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนและเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่โครงข่ายประสาทดเทียมในการเรียนรู้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้ ได้มีการนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ 5 ชนิดด้วยกันคือ

1.ทฤษฎีทางด้านสถิติเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอินพุตกับเอาต์พุตที่มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด โดยการตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

2.ทฤษฎีเกี่ยวกับคุณภาพไฟฟ้า ซึ่งเป็นการหาค่าดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบการเปลี่ยนแปลงแรงดันของระบบ (SARFI_x)

3.ทฤษฎีเกี่ยวกับความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า เป็นการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทางระบบไฟฟ้าที่นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดความเชื่อถือได้ในปัจจุบัน (SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI)

4.ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงข่ายประสาทดเทียม เป็นการนำเอาโครงสร้างโครงข่ายประสาทดเทียมชนิดแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-Propagation) มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเด่นของข้อมูลออกมา เพื่อที่จะใช้ในลดขนาดอินพุตก่อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทดเทียม หลังจากผ่านเข้าสู่โครงข่ายประสาทดเทียมแล้วก็ยังสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทดเทียม

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่ายที่เกิดขึ้นจริงที่ได้จากโปรแกรม PQSecure และข้อมูลการเกิดไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่าย ของสถานีไฟฟ้าโรจนะ Bay 1 (RCN 01-05) ซึ่งเป็นสถานีที่จ่ายไฟฟ้าอยู่ในแหล่งอุตสาหกรรม ในช่วงระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2546 ถึง วันที่ 30 ตุลาคม 2548

2. ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ที่ทำการศึกษาวิจัยใช้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จำนวน 5 ดัชนีด้วยกัน คือ ค่าดัชนี SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) ค่าดัชนี SAIDI (System Average Interruption Duration Index) ค่าดัชนี CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) ค่าดัชนี ASAI (Average System Availability Index) ค่าดัชนี MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index)

3. โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดสอบ ใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิด Back-Propagation โดยเปรียบเทียบระหว่างกรณีการใช้การวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักและกรณีไม่ใช้การวิเคราะห์หองค์ประกอบหลัก

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและคุณภาพทางไฟฟ้า
2. รวบรวมข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าและข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่ศึกษา
3. ศึกษาสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับงานวิจัยนี้ได้แก่โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ(Back- Propagation)
4. ศึกษาการใช้งานของ Neural Network Toolbox ของโปรแกรม MATLAB 6.5
5. ออกแบบข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอาต์พุตที่จะใช้ในการพยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI)
6. แบ่งข้อมูลออกเป็นข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม
7. ทดลองฝึกสอนและทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม
8. หาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาสูงสุดออกมา
9. นำการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลัก(PCA) มาใช้ลดขนาดอินพุตก่อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม
10. ทดลองฝึกสอนและทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมหลังจากผ่าน

เอกสารที่กระบวนการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลักเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.เปรียบเทียบผลที่ได้จากนำการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักมาใช้กับกรณีไม่ใช้การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ร่วมกันในการทำนายความเชื่อถือทางไฟฟ้าได้ เพื่อที่จะได้ใช้ประโยชน์ร่วมกันในอนาคต

2. จะได้โมเดลหรือแบบจำลองของการทำนายความเชื่อถือได้ของไฟฟ้าที่มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วโดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้งาน เพื่อจะได้ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาาระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญระดับสูง



บทที่ 2

คุณภาพทางไฟฟ้า

2.1 บทนำ

คุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) จะประกอบไปด้วย ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า และคุณภาพแรงดันไฟฟ้า บางครั้งจะใช้ในลักษณะที่คล้ายกับความน่าเชื่อถือของแหล่งจ่ายในระบบไฟฟ้า ซึ่งจะนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดจำนวนของความเพียงพอและความมั่นคงของการจ่ายไฟฟ้าของระบบแหล่งจ่ายในระบบไฟฟ้ากรณีที่เกิดปัญหาอุปกรณ์ไฟฟ้ามีการทำงานผิดพลาดหรือหยุดการทำงานจากผู้ใช้ไฟฟ้า คุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไปส่วนมากจะเป็นคุณภาพกำลังไฟฟ้าของแรงดันไฟฟ้า

ปัจจุบันคุณภาพไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรที่สำคัญ ในการกำหนดความต่อเนื่องในการกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งใช้งานทั่วไป มีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าและความถี่เป็นผลให้อุปกรณ์ที่ทำการติดตั้งในระบบมีการทำงานที่ผิดพลาด ส่งผลกระทบต่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรม

ตามมาตรฐาน IEC และมาตรฐาน IEEE ได้ให้นิยามคุณภาพกำลังไฟฟ้าว่า คุณลักษณะ กระแส แรงดัน ความถี่ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติ ไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหายหรือทำงานผิดพลาด [1]

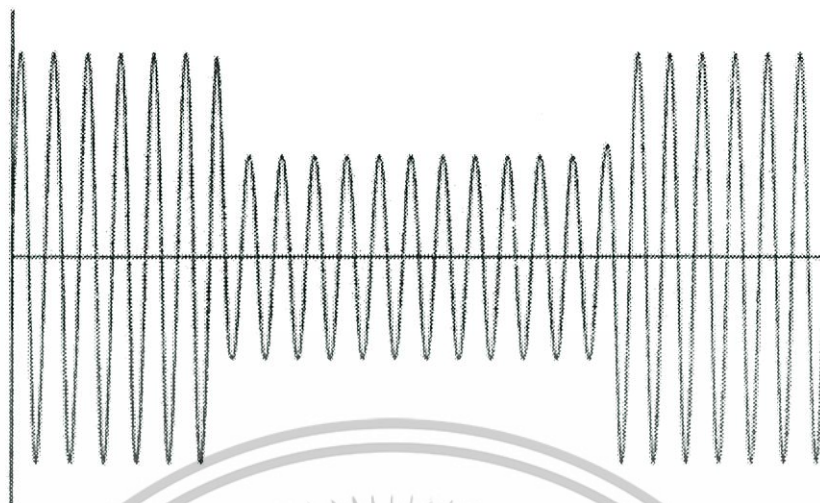
2.2 สัญญาณปัญหา (Disturbance) [12]

สัญญาณปัญหาเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบชั่วคราว จากรูปคลื่นที่เกิดขึ้นอย่างคงที่ (Steady-state waveform) จะทำให้เกิดความผิดปกติทั้งทางแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบที่เป็นแรงดันทรานเซียนต์ โดยจะทำให้ขนาดของแอมพลิจูดมีค่าสูงเกินกว่าปกติ ซึ่งมีสาเหตุจากการเกิดฟลัดต์หรือการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีในระบบไฟฟ้า

2.2.1 แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage dips or Voltage sag)

แรงดันตกชั่วขณะเป็นการลดลงอย่างทันทีของแรงดันไฟฟ้า (อยู่ระหว่าง 10% และ 90%) ของแรงดันปกติ เป็นระยะเวลา 0.01- 1 นาที ตัวอย่างดังรูปที่ 2.1 เป็นรูปคลื่นสัญญาณแรงดันตกชั่วขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แรงดันตกชั่วขณะ

แรงดันตกชั่วขณะอาจมีสาเหตุจากการสวิตชิง (Switching) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดการเชื่อมต่อชั่วคราวในระบบแหล่งจ่าย, การไหลของกระแสที่สูง ซึ่งมีสาเหตุจากการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่หรือการไหลของกระแสฟอลต์, เหตุการณ์บางเหตุการณ์ที่อาจเกิดจากผู้ใช้ไฟฟ้าเอง หรือจากแหล่งจ่ายที่อยู่ในระบบภายนอก ซึ่งสาเหตุหลักๆ นั้นจะมีสาเหตุมาจากแรงดันตกชั่วขณะ (momentary voltage dips) ที่อาจจะเกิดจากฟ้าผ่า

ช่วงของการเกิดแรงดันตกจะแบ่งได้ 3 ช่วงคือ ช่วงแรก 4 ไซเคิล (เป็นช่วงปกติทั่วไปในการ clearing time ฟอลต์) ช่วงที่สอง 30 cycle (รีโวลต์เซอร์ทำงานแบบทันทีทันใด) ช่วงสุดท้าย 120 ไซเคิล (เป็นช่วงที่รีโวลต์เซอร์หน่วงเวลาในเซอร์กิตเบรกเกอร์) ผลกระทบจากแรงดันตกของเครื่องมือจะขึ้นอยู่กับค่าแมกนิจูดและช่วงของระยะเวลา

ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น : ระบบในการควบคุมของอุปกรณ์ทำงานผิดพลาด , การเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือการหยุดของมอเตอร์ที่งานผิดพลาด, การทริปของหน้าสัมผัส , คอมพิวเตอร์เกิดความเสียหาย และระบบการสื่อสารของอินเวอร์เตอร์เกิดความล้มเหลว

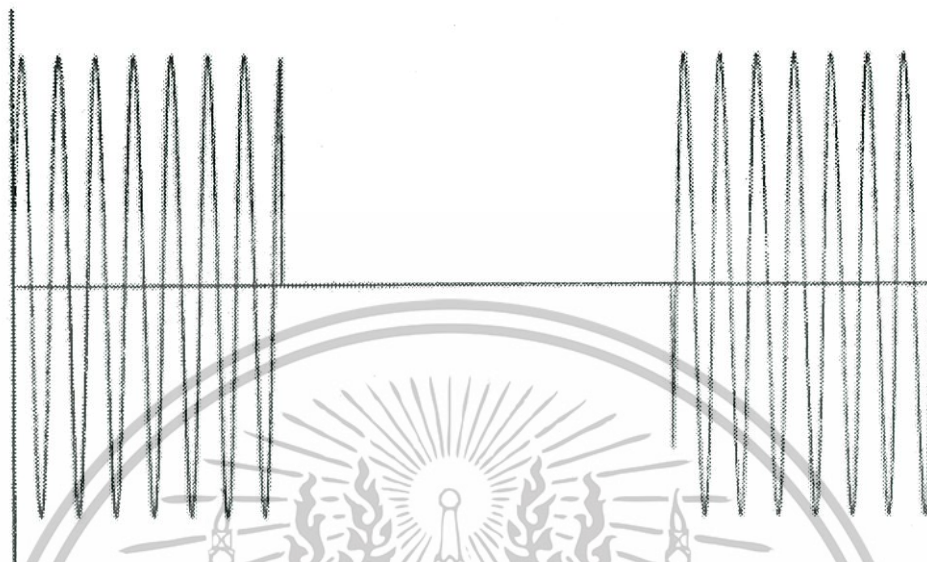
วิธีแก้ไขปัญหาแรงดันตกชั่วขณะ : ติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรอง UPS(Uninterrupted Power Supplies) หรือติดตั้ง Power Conditioners

2.2.2 การขาดช่วง (Interruption)

การขาดช่วงสามารถอธิบายได้ว่า แรงดันมีขนาดลดลงต่ำกว่า 100 ของแอมพลิจูดซึ่งมีสาเหตุการเกิดมาจาก สภาวะความผิดปกติทางไฟฟ้าในระบบ ทำให้อุปกรณ์ป้องกันมีการตัดวงจรแหล่งจ่ายไฟออก ดังรูปที่ 2.2 แสดงการเกิดแรงดันขาดช่วงภายในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของรีโคโนสเซอร์ตัววงจรแหล่งจ่ายออกจากระบบก่อนจะมีการต่อวงจรเข้าไปอีก ผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหยุดการทำงาน

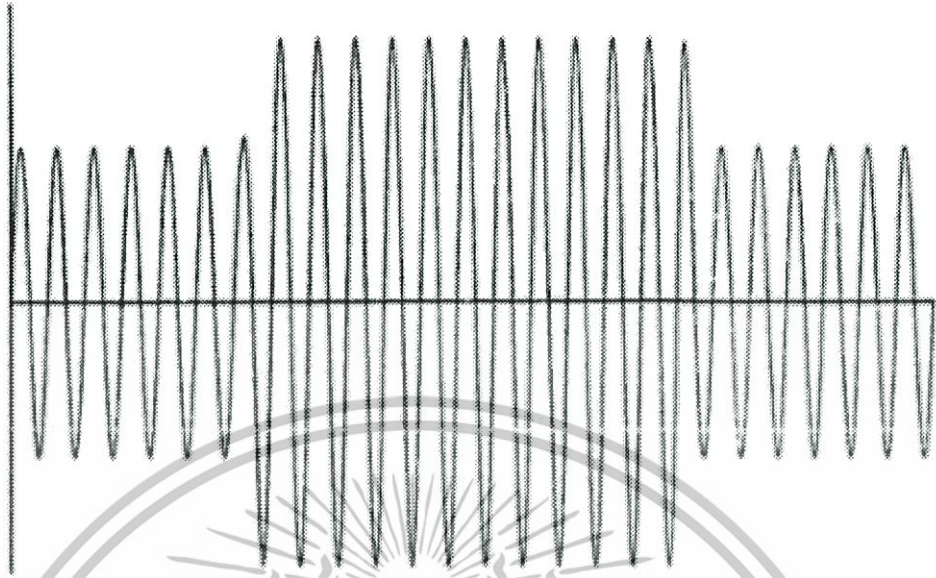


รูปที่ 2.2 การเกิดแรงดันขาดช่วง

วิธีแก้ไขปัญหาคาดช่วง : ควรที่จะติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองหรือ UPS (Uninterrupted Power Supplies)

2.2.3 แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Increases or Voltage Swell)

แรงดันเกินชั่วขณะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 แรงดันเกินชั่วขณะคือ ค่าของแรงดัน RMS(Root Mean Square) มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 110%- 180 %ของค่าพิกัดแรงดัน ในช่วงเวลา ระหว่าง 10 ms-1 min สาเหตุส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับเฟสที่ไม่ได้เกิดความผิดปกติทางไฟฟ้าโดยตรง หรืออาจเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ มีผลทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย หรือทำให้อุปกรณ์ ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของแหล่งจ่ายไฟมีการทำงานผิดพลาด หรือหยุดการทำงาน [1]



รูปที่ 2.3 แรงดันเกินชั่วขณะ

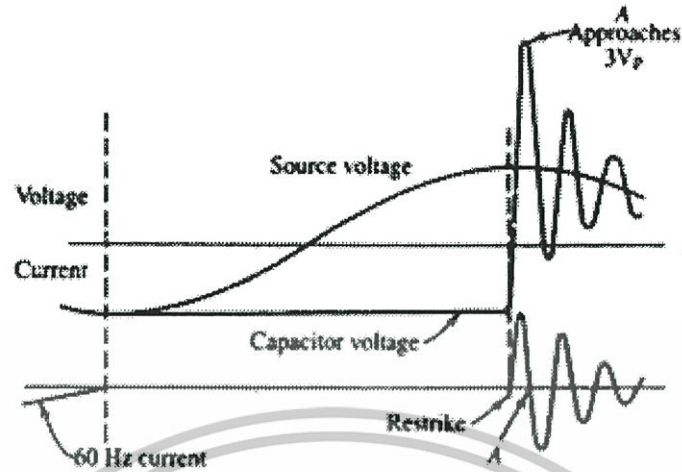
วิธีแก้ไขปัญหาแรงดันเกินชั่วขณะ : ติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรอง UPS (Uninterrupted Power Supplies) หรือติดตั้ง power conditioners

2.2.4 ภาวะชั่วคราว (Transients)

เป็นปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพทางไฟฟ้า ในเวลาทันทีทันใด ซึ่งจะมีขนาดสั้นกว่าแรงดันตกชั่วขณะและแรงดันเกินชั่วขณะมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดในระบบไฟฟ้า

ภาวะชั่วคราวแรงดันเกิน(transient overvoltages) สามารถแบ่งได้ตามระยะเวลาได้ 2 ชนิด คือ switching surge(ระยะเวลาอยู่ในช่วง ms) และ impulse spike(ระยะเวลาอยู่ในช่วง μ S)

เสริจซ์(Surge)ที่รู้จักกันอีกชื่อคือ อิมพัลส์ (impulse)หรือSpike ลักษณะ โดยทั่วไปเสริจซ์จะมีช่วงเวลากการเกิดขึ้นสั้นอยู่ในย่านไมโครวินาทีถึงมิลลิวินาที เป็นพลังงานพัลส์ที่สูงที่เกิดจากการสวิตชิงในระบบไฟฟ้าทางตรงหรือผลที่เกิดจากการรีโซแนนท์กับอุปกรณ์สวิตชิง ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนแปลงโหลด



รูปที่ 2.4 การสวิตช์ของออสซิลเลชันของคาร์ปายเตอร์กับยอดของแรงดันที่สูงขึ้น



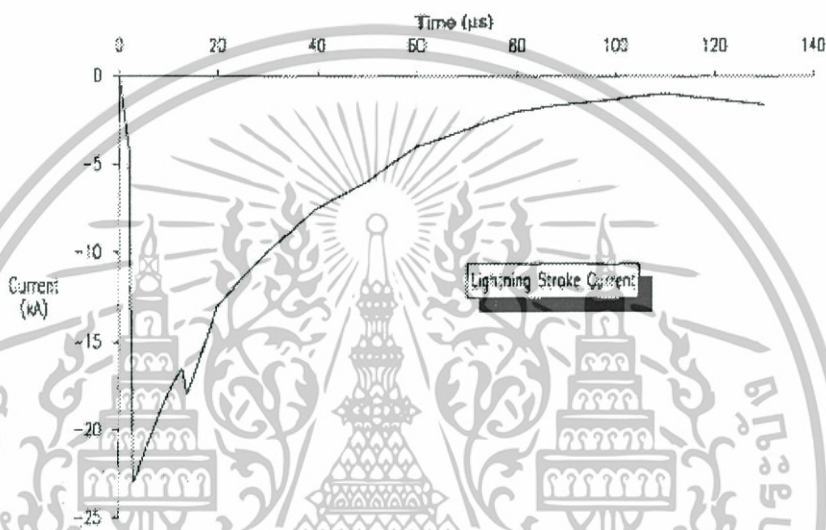
รูปที่ 2.5 แรงดันอิมพัลส์

ในส่วนของการสวิตช์ซิ่ง (Switching) มีอยู่ด้วยกัน 2 สถานะ คือ สถานะตัดและสถานะต่อ สถานะในลักษณะการต่อก็เหมือนกับการลัดวงจรในระบบไฟฟ้า ส่วนสถานะการตัดก็เหมือนกับการเปิดวงจรไฟฟ้ามีสาเหตุมาจากการออสซิลเลตเรโซแนนซ์ตัวนำเป็นระยะเวลา 3-4 ครั้งซึ่งมีสาเหตุเกิดจากการทริปหรือเกิดจากอุปกรณ์ป้องกันเกิดความเสียหาย รูปที่ 2.4 เป็นการแสดงการสวิตช์ของออสซิลเลชันของคาร์ปายเตอร์กับยอดของแรงดันที่สูงขึ้น รูปที่ 2.5 เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากฟ้าผ่าทางตรงและฟ้าผ่าทางอ้อม, การอาร์ค, การเบรกคาวนซ์ของลูกถ้วยฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

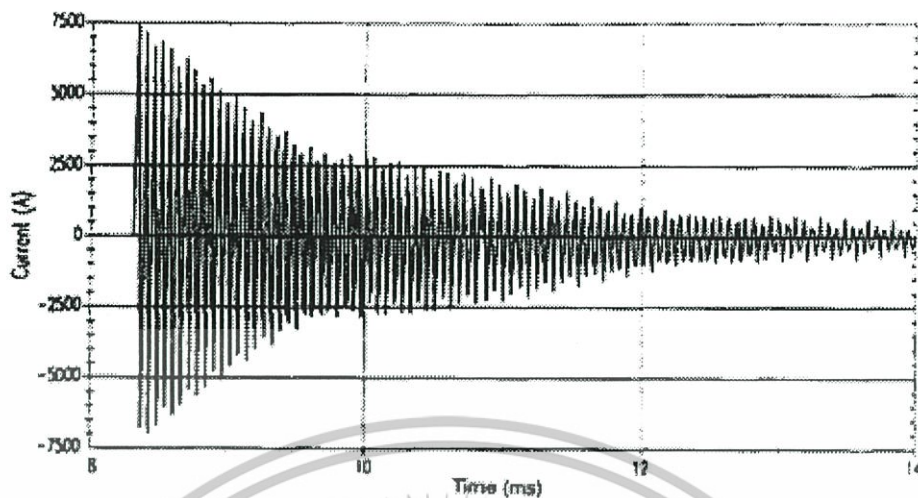
วิธีการป้องกัน surges และ impulses : สามารถแก้ไขได้จาก surge-diverter และ arc-gaps ตามมาตรฐาน IEEE std 1159-1995 สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ Impulsive Transients และ Oscillatory Transients [13]

อิมพัลส์ชั่วคราว (Impulsive Transients) จะหมายถึงขนาดกระแสและแรงดันที่มีความชันสูงเกิดขึ้นแบบทันทีทันใด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ กำหนดให้มีชั่วทศเดียว หรือเรียกว่า (Surge) ดังรูปที่ 2.6 มีสาเหตุมาจากฟ้าผ่าโดยตรง อาจจะทำให้ตัวอุปกรณ์ในระบบได้รับความเสียหายจากแรงดันเกิน

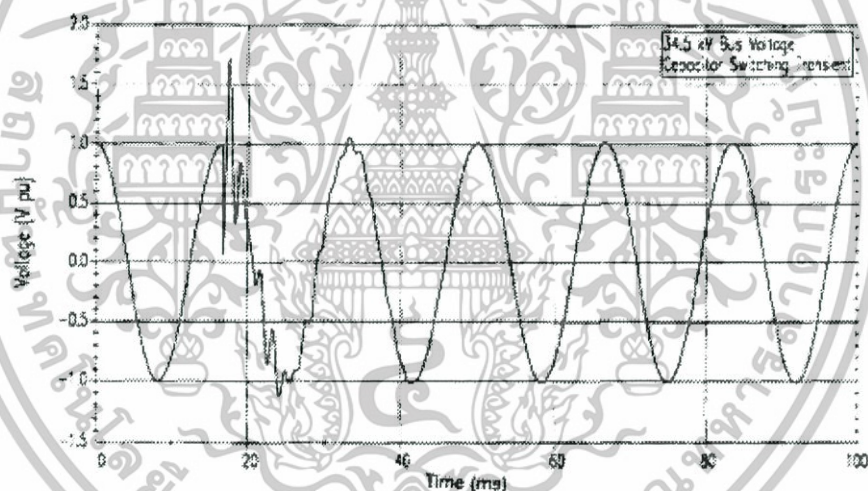


รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดอิมพัลส์ชั่วคราวที่เกิดจากฟ้าผ่า

ออสซิลเลชันชั่วคราว (Oscillatory Transient) คือลักษณะของแรงดันหรือกระแสแรงดันมีค่าสูง เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด ไม่มีความเปลี่ยนแปลงความถี่ มีการเปลี่ยนแปลงชั่ว(บวก,ลบ) ของรูปคลื่นอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2.7 มีสาเหตุเกิดจากการสวิตซ์ของอุปกรณ์ในระบบ ส่งผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้รับความเสียหาย และฉนวนของอุปกรณ์มีการเสื่อมสภาพหรือมีการสูญเสียความเป็นฉนวนเร็วขึ้น

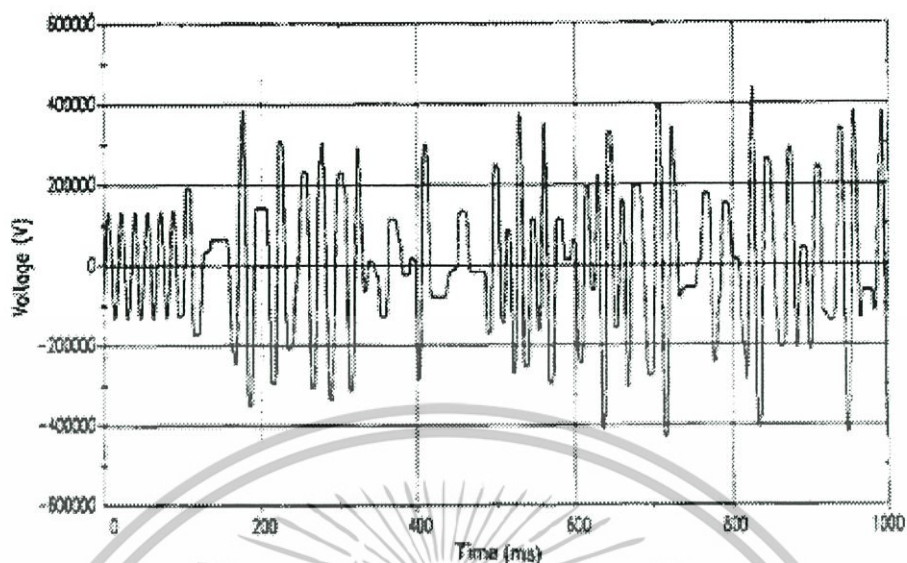


รูปที่ 2.7 แสดงกระแสสวิตช์เลตชั่วครู่ที่เกิดจากการสวิตช์ capacitor แบบ back-to-back



รูปที่ 2.8 แสดงแรงดันออสซิลเลตความถี่ต่ำชั่วครู่ที่เกิดจากการสวิตช์ capacitor เข้าในระบบ

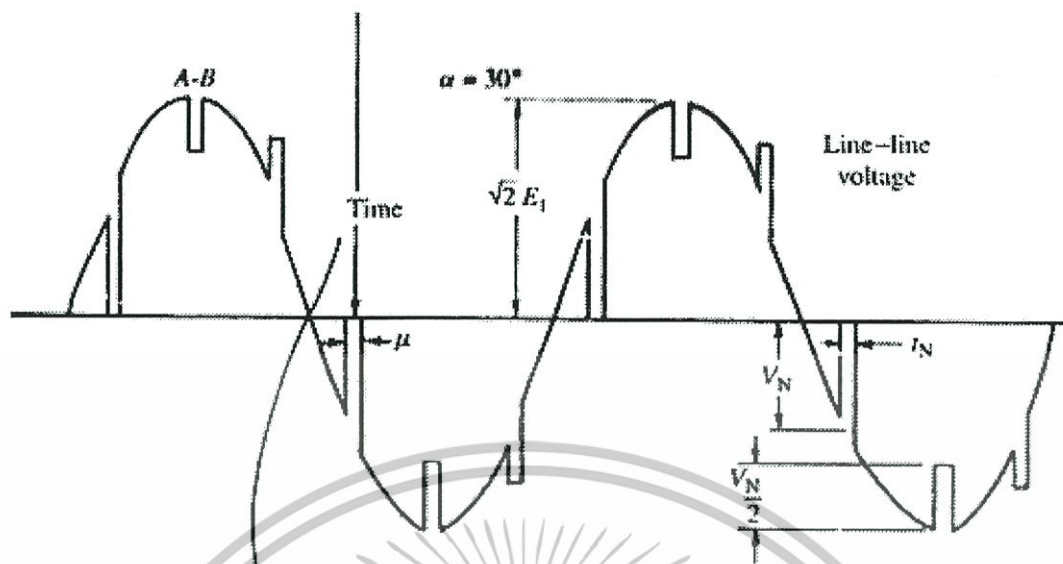
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



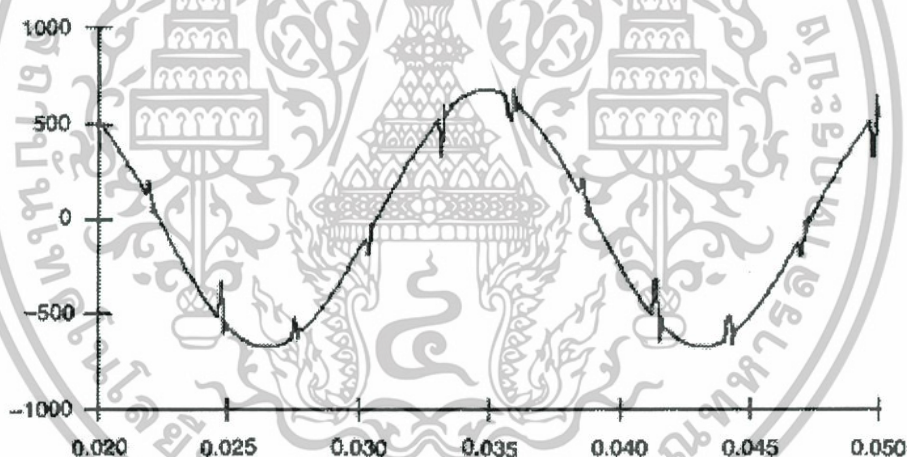
รูปที่ 2.9 แรงดันออสซิลเลตความถี่ต่ำชั่วคราวเกิดจากเฟิร์โรเรโซแนนซ์ในสภาวะหม้อแปลงไม่มีโหลด

2.2.5 แรงดันบาก (Voltage Notches)

เป็นสิ่งรบกวนทางแรงดันไฟฟ้าลักษณะคล้ายกับฮาร์โมนิกส์และทรานเซียนต์ที่มีลักษณะแบบต่อเนื่อง มีสาเหตุเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนจาก AC-DC คอนเวอร์เตอร์ การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เมื่อกระแสถูกเปลี่ยนจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่ง มีผลทำให้อุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์มีภาระทำงานที่ผิดพลาด ผลกระทบนี้สามารถลดลงได้ด้วยการใส่ damper circuit หรือสแน็บเบอร์ (Snubbers) คร่อมกับอุปกรณ์ที่สวิตชิงแรงดันบาก จะมีผลต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอาจจะสร้างความเสียหายให้กับองค์ประกอบของอินดักทีฟ



รูปที่ 2.10 แรงดันปาก



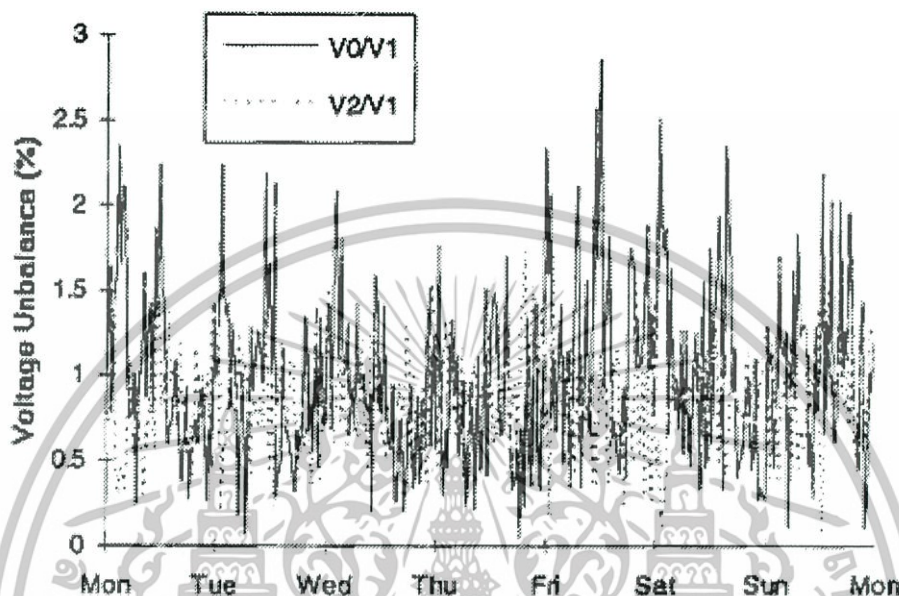
รูปที่ 2.11 แสดงคลื่นรอยบากที่เกิดจากคอนเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส

2.3 ความไม่สมดุล (Unbalance) [12]

สถานการณ์ความไม่สมดุลสามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 2.12 ในรูปจะแสดงแหล่งจ่ายแรงดัน 3 เฟส ที่มีขนาดแอมป์จูดไม่เหมือนกัน หรือเฟสแตกต่างกันระหว่าง 120 องศา

สาเหตุหลักจากการเกิดความไม่สมดุลคือ การใช้ไฟฟ้าที่ไม่สมดุลกันทั้ง 3 เฟส หรือการจัดวางสายไม่สมดุลเป็นระยะทางยาวผลเสียที่เกิดขึ้นกับระบบงานจากปัญหาไม่สมดุลของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า จะทำให้เกิดความร้อนสูงเกินผิดปกติที่โหลดชนิดสามเฟส เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า รีเลย์ รีคตีไฟเออร์สามเฟส เป็นต้น ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้ายังมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรีคตีไฟเออร์สามเฟส โดยเอาท์พุทจะมีค่าริปเปิล(Ripple)ที่สูงขึ้น [1]



รูปที่ 2.12 ความไม่สมดุลของแหล่งจ่ายไฟฟ้า [1]

2.4 ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic) [1]

ฮาร์โมนิกส์ คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์(Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใดๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูล (ในระบบไฟฟ้าเรามีค่าเท่ากับ 50 Hz) โหลดที่ดึงกระแสจากแหล่งจ่ายที่เป็นระบบไฟฟ้าแรงดันคงที่ หากเป็นโหลดเชิงเส้นความต้านทานที่มีค่าอิมพีแดนซ์คงที่ กระแสที่ไหลไปโหลดจะมีรูปคลื่นสัญญาณไซน์ปกติเหมือนกับที่แหล่งจ่าย ในขณะที่โหลดไม่เป็นเชิงเส้นค่าอิมพีแดนซ์จะไม่คงที่ รูปคลื่นกระแสที่ไหลจะผิดเพี้ยนไป ไม่ใช่รูปคลื่นไซน์ปกติ เช่นกระแสสำหรับโหลดที่เป็นหม้อแปลงที่ทำงานในย่านสถานะแกนเหล็กใกล้อิ่มตัว และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นปรากฏการณ์ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดกระแสฮาร์โมนิกขึ้นมา

โดยเฉพาะฮาร์โมนิกส์ที่ 3 และ 5 จะพบบ่อยในระบบไฟฟ้า ปกติโหลดไม่เป็นเชิงเส้นแบบเฟสเดียวจะกำเนิดฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ส่วนแบบสามเฟสจะกำเนิดฮาร์โมนิกส์ที่ 5 สำหรับฮาร์โมนิกส์ที่ 5 และ 7 สามารถกรองออกได้ง่ายจากการปรับจูน (Tuned Circuits)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากผลกระทบที่มีต่อการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ปัญหาอีกอย่างที่สำคัญมากในระบบไฟฟ้าคือ ปกติระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะมีกระแสไหลในนิวทรัลไม่มากนัก จะมีเพียงกระแสจากความไม่สมดุลของโหลดในแต่ละเฟสเท่านั้น แต่สำหรับในระบบที่มีฮาร์โมนิกส์นอกจากจะมีกระแสดังกล่าวแล้ว ยังมีกระแสฮาร์โมนิกส์ที่สามจากแต่ละเฟสไหลมารวมกันที่นิวทรัล ซึ่งอาจจะทำให้ผลรวมกระแสสูงเกินกว่าพิกัดที่สายนิวทรัลจะรับได้

2.4.1 แหล่งกำเนิดฮาร์โมนิกส์

ฮาร์โมนิกส์จะเกิดมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น(Non-linear Load) ซึ่งถ้าแบ่งตามคุณลักษณะการทำงานจะมีดังต่อไปนี้

- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีทั่วไปในบ้านพัก สำนักงาน ส่วนใหญ่เป็นชนิด 1 เฟส เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ และแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ตัวเรียงกระแสกำลัง, ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วได้, ลิฟต์ในอาคาร และ PLC
- อุปกรณ์ที่มีการทำงานประเภทอาร์คต่างๆ เช่น เต้าหลอมแบบอาร์ค, เต้าหลอมแบบเหนี่ยวนำ และเครื่องเชื่อมแบบอาร์ค
- อุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้นของแรงดันและกระแสเนื่องจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า และเครื่องกลไฟฟ้า

2.4.2 ผลกระทบจากกระแสฮาร์โมนิกส์

1. ปัญหาฮาร์โมนิกส์เรโซแนนซ์
2. ผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ที่ไหลอยู่ในระบบจำหน่ายและสายส่ง
3. ปัญหาฮาร์โมนิกส์ Tripple
4. ผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ทำให้เกิดกำลังสูญเสียในหม้อแปลง
5. ผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ทำให้เกิดความร้อนและความเครียดไดอิเล็กตริก(Dielectric Stress) กับตัวคาปาซิเตอร์ และอาจทำให้ฟิวส์ของตัวคาปาซิเตอร์ขาดง่ายกว่าการใช้งานปกติ
6. ผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ทำให้เกิดความร้อนในตัวฟิวส์เพิ่มขึ้น
7. ผลของฮาร์โมนิกส์ทำให้การทำงานของรีเลย์ผิดพลาด
8. ผลของกระแสฮาร์โมนิกส์ต่อความสามารถในการตัดกระแส(Current interruption Capacity)
9. ผลของฮาร์โมนิกส์ต่อมิเตอร์วัดค่าไฟฟ้า(Watt-Hour Meter)
10. ผลของฮาร์โมนิกส์ต่อเครื่องจักรกลไฟฟ้า
11. ผลของฮาร์โมนิกส์ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบสื่อสาร

2.4.3 ตัวชี้วัดฮาร์โมนิกส์ (Harmonic Indices)

ตัวชี้วัดฮาร์โมนิกส์โดยทั่วไปมักจะใช้ค่าความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion) หรือเรียกสั้นๆ ว่า THD ค่าของ THD นั้นเป็นค่าที่บอกระดับของความผิดเพี้ยนของฮาร์โมนิกส์ โดยเทียบจากอัตราส่วนระหว่างค่ารากที่สองของผลบวกกำลังสองของส่วนประกอบฮาร์โมนิกส์กับค่าของส่วนประกอบความถี่มูลฐานเทียบเป็นร้อยละซึ่งจะแยกออกเป็นค่าความเพี้ยนกระแสฮาร์โมนิกส์รวม และค่าความผิดเพี้ยนแรงดันฮาร์โมนิกส์ ซึ่งมาตรฐานทั่วไปส่วนใหญ่จะพิจารณาแค่ ฮาร์โมนิกส์ที่ 2 ถึงฮาร์โมนิกส์ที่ 25 แต่บางมาตรฐานก็อาจจะมีถึงฮาร์โมนิกส์ที่ 50 ซึ่งตามมาตรฐาน IEEE 519:1992 จะมีปัจจัยใหม่ที่เพิ่มเข้ามาอีกตัวคือ ความต้องการความผิดเพี้ยนรวม (Total Demand Distortion) หรือเรียกสั้นๆ ว่า TDD ซึ่งเทอมของ TDD นี้จะมีลักษณะคล้ายกับ THD แต่ค่าที่ใช้จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดกระแสกับเปอร์เซ็นต์กระแสมูลฐาน

ค่าความผิดเพี้ยนของฮาร์โมนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion: THD)

$$\text{Total Harmonic Distortion (THD)} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{50} U_n^2}{U_1^2}} \quad (2.1)$$

เมื่อ U_n คือ ค่า R.M.S ของกระแสหรือแรงดันฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ n

U_1 คือ ค่า R.M.S ของกระแสหรือแรงดันความถี่มูลฐาน

ความต้องการความผิดเพี้ยนรวม (Total Demand Distortion: TDD)

$$\text{Total Demand Distortion (TDD)} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{50} I_n^2}{I_{rate}^2}} \quad (2.2)$$

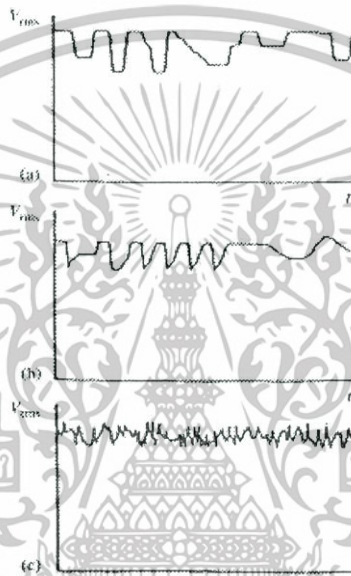
เมื่อ I_n คือ ค่า r.m.s ของกระแสฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ n

I_{rate} คือ ค่า r.m.s ของกระแสพิกัด

2.5 แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) [12]

แรงดันกระเพื่อมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ระดับการเปลี่ยนแปลงแรงดัน, ในสภาวะปกติและสภาวะไม่ปกติ เช่น เกิดจากการเชื่อม (welding), การกลิ้ง(rolling mill) แสดงได้ดังรูปที่ (2.14 a,b)
2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันที่เกิดความเปลี่ยนแปลงในโหลดอิมพีแดนซ์ โดยส่วนใหญ่จะเป็น โหลดประเภทเตาหลอม (arc furnace) แสดงได้ดังรูปที่ (2.14 c)



รูปที่ 2.13 แรงดันกระเพื่อม

ผลกระทบที่เป็นไปได้ของแรงดันกระเพื่อมนั้นจะมีผลทำให้เกิดการเสื่อมของ คุณลักษณะในอุปกรณ์ประเภทคาร์ปาซีเตอร์, ระบบควบคุมสัญญาณปัญหาและขาดภาพ เสถียรภาพของแรงดันภายในและกระแสในอุปกรณ์ประเภทอิเล็กทรอนิกส์

โดยทั่วไปแรงดันกระเพื่อมจะมีขนาดของแอมพลิจูดไม่เกิน $\pm 10\%$ ปัญหาของแรงดัน กระเพื่อมนี้จะทำให้เกิดไฟกระพริบ (flicker) ขึ้น ที่หลอดไฟ อาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ได้ถ้า มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเยอะๆ

2.6 ไฟกระพริบ (Flicker) [12]

คำนิยาม ไฟกระพริบ คือเหตุการณ์ที่ตาของเรามีความรู้สึกในการมองที่ไม่สม่ำเสมอ ของระดับแสงสว่างของหลอดไฟซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความถี่ตาของเรานั้นจะสังเกตเห็นหลอดไฟกระพริบได้ไฟกระพริบจะขึ้นอยู่กับแมกนิจูดและความถี่ รวมถึงความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ ไม่สามารถรับผิดชอบต่อความเสียหายใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางคาบเวลาของแอมพลิจูด (Amplitude Modulated) จะเป็นไปในลักษณะการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าขนาดแรงดันไฟฟ้าในคาบเวลา ซึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้ ส่วนใหญ่จะเกิดจากผลการทำงานของปั๊ม (Pump) และเตาหลอม (Furnaces) เป็นต้น ซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$v(t) = V(1 + m \cos w_m t) \cos w_o t \quad (2.3)$$

เมื่อ w_o คือ ความถี่มูลฐานในระบบ a.c

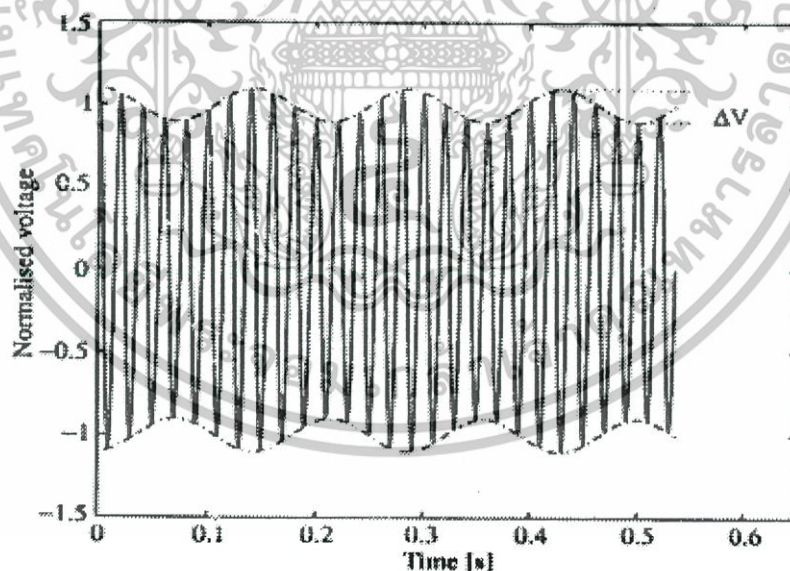
w_m คือ ความถี่ของการโมดูเลตใน sine wave

V คือ nominal amplitude ของแรงดัน a.c

m คือ modulation factor ($= \Delta V / 2V$)

เมื่อกระจายเทอมของ $\cos w_o t$ ก็จะได้ สมการใหม่ดังสมการที่ (2.4)

$$v(t) = V \left[\cos w_o t + \frac{m}{2} \cos(w_o + w_m)t + \frac{m}{2} \cos(w_o - w_m)t \right] \quad (2.4)$$

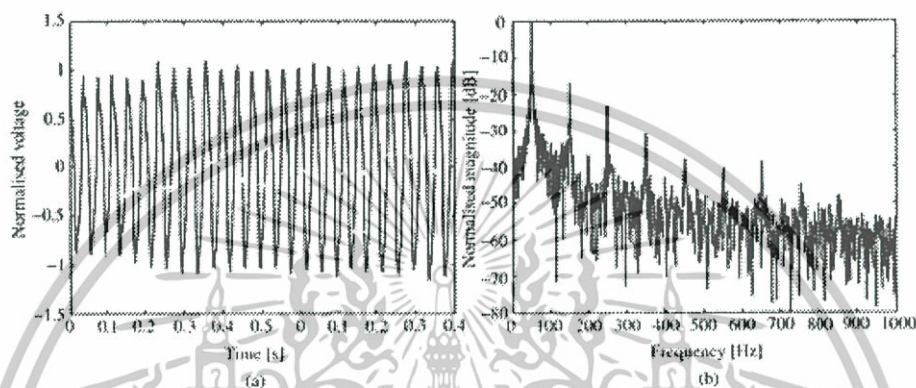


รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการเกิดไฟกระพริบ

แรงดัน Flicker (หรือกระแส Flicker) Flicker สามารถนิยามได้ว่า การผันแปรอย่างช้าๆ และเข้าไปเข้ามาของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าในหน่วยวัด RMS โดยมีค่าความถี่ต่ำกว่า 30 Hz สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดันหรือกระแส Flicker มาจากผลการทำงานของโหลดที่ใช้

กำลังไฟฟ้าในการกำเนิดแรงหมุน(Torque) จากผลการทำงานของเตาหลอม เครื่องเชื่อม เป็นต้น [1]

ผลกระทบจาก Flicker ต่อระบบงาน โดยเบื้องต้นเราสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากการทำงานของหลอดประเภทแสงสว่าง ส่งผลให้อายุการใช้งานของหลอดประเภท CRT (Cathode Ray Tube) ส่งผลให้หลอดอิเล็กทรอนิกส์มีการทำงานที่ทำงานผิดพลาด เช่น การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น [1]



รูปที่ 2.15 การวัดแรงดันไฟกระพริบที่ห้อมแปลงทางด้านทฤษฎี: a) ระยะเวลาการเกิดแรงดันกระพริบ ; b) แสดงสเปกตรัมของฮาร์โมนิกลำดับคี่และอินเตอร์ฮาร์โมนิกส์

2.7 ดัชนีความเปลี่ยนแปลง R.M.S (R.M.S. Variation Indices) [3]

ดัชนีความเปลี่ยนแปลง R.M.S นั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับดัชนีที่ใช้วัดการเกิด ไฟฟ้าดับแบบต่อเนื่อง(sustained interruption) เช่น SAIFI, SAIDI โดยดัชนีการเปลี่ยนแปลง R.M.S จะประกอบไปด้วยชนิดของดัชนีความถี่ R.M.S และดัชนีที่ใช้เป็นตัวชี้วัด ดัชนีชี้วัดตัวแรก $SARFI_x$ เป็นค่าเฉลี่ยจำนวนการเปลี่ยนแปลง R.M.S ที่เกิดขึ้นในระยะเวลาต่อผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด โดยยังมีดัชนีอื่นๆเช่น $SIARFI_x, SMARFI_x, STARFI_x$

2.7.1 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบ (System Average RMS (Variation) Frequency Index VOLTAGE : $SARFI_x$)

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจวัดและมีการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของช่วงเวลาการประเมิน ต่อจำนวนลูกค้าที่พิจารณาทั้งหมด โดยค่าระดับแรงดันที่มีค่าต่ำกว่า x จะเป็นแรงดันต่ำเกินหรือค่าระดับแรงดันที่มีค่าสูงกว่า x จะเป็นแรงดันสูงเกิน สามารถหาได้โดย

$$SARFI_x = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (2.5)$$

เมื่อ x = ค่าแรงดัน rms ที่พิจารณา ที่นิยมใช้ 140 120 110 90 80 70 50 และ 10 %

N_i = จำนวนลูกค้ำที่ได้รับผลกระทบจากการแปรเปลี่ยนของแรงดัน เมื่อระดับแรงดันมีค่ามากกว่า $X\%$ กรณี $X > 100$ หรือต่ำกว่า $X\%$ กรณี $X < 100$ ของการวัดเหตุการณ์ ที่ i

N_T = จำนวนของลูกค้ำที่รับไฟจากพื้นที่ที่พิจารณา

จะเห็นได้ว่า ค่า $SARFI_x$ จะถูกกำหนดโดยค่าระดับแรงดันที่ต้องการพิจารณา สามารถนำไปประเมินค่าการแปรเปลี่ยนของแรงดันที่กำหนดเอาไว้ เช่น ถ้าการไฟฟ้า มีลูกค้ำซึ่งมีความไวต่อระดับแรงดันต่ำกว่า 70 % ของระดับแรงดันปกติ ก็จะใช้ $SARFI_{70}$ ในการประเมินกับลูกค้ำกลุ่มนี้ เป็นต้น

ค่าแรงดัน rms สำหรับการพิจารณา มีการกำหนดดังนี้

140, 120, 110 : ข้อมูลของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนแรงดันไฟฟ้าสูง

90, 80, 70 : ข้อมูลของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนแรงดันไฟฟ้าต่ำ

50 : จุดเบรกพอยท์คอนแทกเตอร์ของมอเตอร์

10 : IEEE Standard 1159 กำหนดว่า เป็นการเกิดไฟฟ้าดับ

2.7.2 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันทันทีทันใดของระบบ (System Instantaneous Average RMS (Variation) Frequency Index VOLTAGE: SIARFI_x)

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจวัดและมี การแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของช่วงเวลาการประเมินต่อจำนวนลูกค้ำที่พิจารณาทั้งหมด โดยค่าระดับแรงดันที่มีค่าต่ำกว่า x จะเป็นแรงดันต่ำเกิน หรือค่าระดับแรงดันที่มีค่าสูงกว่า x จะเป็นแรงดันสูงเกิน และอยู่ในช่วงเวลา 0.5 ถึง 30 ไซเคิล สามารถหาได้โดย

$$SIARFI_x = \frac{\sum NI_i}{N_T} \quad (2.6)$$

เมื่อ x = ค่าแรงดัน rms ที่พิจารณา ที่นิยมใช้ 140 120 110 90 80 70 และ 50

NI_i = จำนวนลูกค้ำที่ได้รับผลกระทบจากการแปรเปลี่ยนของแรงดัน เมื่อระดับแรงดันมีค่ามากกว่า $X\%$ กรณี $X > 100$ หรือต่ำกว่า $X\%$ กรณี $X < 100$ ของการวัดเหตุการณ์ที่และอยู่ในช่วงเวลา 0.5 ถึง 30 ไซเคิล

N_T = จำนวนของลูกค้ำที่รับไฟจากพื้นที่ที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันชั่วขณะของระบบ(System Momentary Average RMS (Variation) Frequency Index VOLTAGE: SMARFI_x)

มีลักษณะเหมือนกับ SIARFI_x ที่กำหนดจากช่วงการทำงานแบบทันทีทันใดซึ่ง SMARFI_x ก็กำหนดจากช่วงการทำงาน 30 ไซเคิล ถึง 3 วินาที กรณีแรงดันต่ำกว่าหรือสูงกว่า และในช่วงเวลา 0.5 ไซเคิล ถึง 3 วินาที กรณี การเกิดไฟฟ้าดับสามารถหาได้โดย

$$SMARFI_x = \frac{\sum NM_i}{N_T} \quad (2.7)$$

เมื่อ x = ค่าแรงดัน rms ที่พิจารณา ที่นิยมใช้ 140 120 110 90 80 70 50 และ 10

N_{M_i} = จำนวนลูกค้าน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการแปรเปลี่ยนของแรงดัน เมื่อ ระดับแรงดันมีค่ามากกว่า X% กรณี $X > 100$ หรือต่ำกว่า X% กรณี $X < 100$ ของการวัดเหตุการณ์ที่ i และในช่วงเวลา 30 ไซเคิล ถึง 3 วินาที

N_T = จำนวนของลูกค้าที่รับไฟจากพื้นที่ที่พิจารณา

2.7.4. ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันชั่วคราวของระบบ(System Temporary Average RMS (Variation) Frequency Index VOLTAGE: STARFI_x)

STARFI_x กำหนดจากช่วงการทำงาน 3 วินาที ถึง 1 นาที สามารถหาได้โดย

$$STARFI_x = \frac{\sum NT_i}{N_T} \quad (2.8)$$

เมื่อ x = ค่าแรงดัน rms ที่พิจารณา ที่นิยมใช้ 140 120 110 90 80 70 50 และ 10

NT_i = จำนวนลูกค้าน้ำที่ได้รับผลกระทบจากการแปรเปลี่ยนของแรงดันเมื่อระดับแรงดันมีค่า มากกว่า X% กรณี $X > 100$ หรือต่ำกว่า X% กรณี $X < 100$ ของการวัดเหตุการณ์ ที่ i และอยู่ในช่วงเวลา 3 วินาที ถึง 1 นาที

N_T = จำนวนของลูกค้าที่รับไฟจากพื้นที่ที่พิจารณา

สำหรับ SARFI_{CURVE} ก็จะมีลักษณะคล้าย ๆ กับ SARFI_{VOLTAGE} แต่จะเป็นการนำค่าแรงดันที่ตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับเส้นโค้งมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเมื่อค่าแรงดันแปรเปลี่ยนไปในช่วงระยะเวลาใด ๆ แล้วอุปกรณ์จะยังสามารถทำงานต่อไปได้ หยุดการทำงาน หรือเกิดความเสียหาย

2.7.5 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับเส้นโค้ง

มาตรฐาน CBEMA (System Average RMS (Variation) Frequency Index CURVE:

SARFI_{CBEMA})

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจวัดและมี การแปรเปลี่ยนค่าแรงดันของช่วงเวลา การประเมินที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของเส้น โค้ง CBEMA ต่อจำนวนลูกค้ำที่พิจารณาทั้งหมด

2.7.6 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับเส้นโค้ง

มาตรฐาน ITIC(System Average RMS (Variation) Frequency Index CURVE: SARFI_{ITIC})

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจวัดและมี การแปรเปลี่ยนค่าแรงดันของช่วงเวลา การประเมินที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของเส้น โค้ง ITIC ต่อจำนวนลูกค้ำที่พิจารณาทั้งหมด

2.7.7 ดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบเทียบกับเส้นโค้ง

มาตรฐาน SEMI (System Average RMS (Variation) Frequency Index CURVE:

SARFI_{SEMI})

เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่ตรวจวัดและมี การแปรเปลี่ยนค่าแรงดันของช่วงเวลา การประเมินที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของเส้น โค้ง SEMI ต่อจำนวนลูกค้ำที่พิจารณาทั้งหมดอย่างไรก็ตาม เส้น โค้งมาตรฐานเหล่านี้ไม่ได้จำกัดช่วงเวลาของการเกิดเหตุการณ์แปรเปลี่ยนของแรงดันที่ 1 นาทีเท่านั้น จึงทำให้ SARFI_{CBEMA} SARFI_{ITIC} และ SARFI_{SEMI} นำเหตุการณ์ที่มีช่วงเวลา นานกว่ามาใช้ในการคำนวณได้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันความน่าเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและคุณภาพทางไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งบ่งบอกถึงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ในระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้านั้น ประกอบด้วยหลัก ๆ 3 ระบบ คือ ระบบผลิต (Generation System) ระบบส่ง (Transmission System) ระบบจำหน่าย (Distribution System) ในการพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้านั้น จะมีความเชื่อมโยงกับระบบทั้งสาม โดยสามารถแบ่งการพิจารณาได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การพิจารณาเรื่องความเพียงพอ (Adequacy) กับเรื่องความมั่นคง (Security) สุวิทย์ [5]

จากความสำคัญของความต่อเนื่องในการจ่ายไฟฟ้า ส่งผลให้การพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จำเป็นต้องมีตัวเลขหรือดัชนีที่บ่งบอกถึงความเชื่อถือได้ สำหรับเปรียบเทียบและเอกสารเป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เปรียบเทียบและค้นหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ เพื่อทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการ ออกแบบและปรับปรุงระบบไฟฟ้า การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า แบ่งได้ 2 รูปแบบซึ่งวัตถุประสงค์ในการใช้งานจะแตกต่างกันไป ดังต่อไปนี้

1. การประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต (Past Performance Assessment)

ระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าบอกได้ด้วยค่าดัชนี ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายดัชนีตาม วัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์ ทั้งนี้ดัชนีสำหรับระบบจำหน่ายที่มักจะได้ยินและเป็นที่ยอมรับกันดี คือ SAIFI(System Average Interruption Frequency Index) ,SAIDI(System Average Interruption Duration Index),CAIDI(Customer Average Interruption Duration Index), ASAI(Average System Availability Index) ,MAIFI(Momentary Average Interruption Index) เป็นต้น ตัวอย่างของงานวิจัยการประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต ได้แก่

เกียรติศักดิ์ [8] ได้นำเสนอการใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการหาค่าดัชนีความ เชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI) โดยได้นำข้อมูลที่ได้จาก Reliability Program ซึ่งเป็นข้อมูล ไฟฟ้าขัดข้องของสถานีไฟฟ้าพัฒนานิคม จ.ลพบุรี ฟีดเดอร์(2, 7) และ ข้อมูลไฟฟ้าขัดข้องใน ระบบจำหน่ายแรงสูง สถานีไฟฟ้าอุทัยธานี ฟีดเดอร์(1,3,4,5,6,9,10) จากผลการทดลองได้ทำการ เปรียบเทียบกันระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ(Back-propagation) กับ โครงข่ายประสาทเทียมชนิด Generalized Regression เพื่อที่จะหาแบบจำลองที่ดีที่สุดออกมา เพื่อนำไปใช้ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จ.ลพบุรี และ สถานีไฟฟ้าอุทัยธานี ซึ่ง ผลการทดลองจะพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทาง ไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI) คือ โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-propagation) ซึ่งมี ค่าเฉลี่ยสมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) มีค่าต่ำกว่า 5 %

ฉัตรชัย [6] เขาได้นำเสนอเกี่ยวกับการทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบ ผลิตกำลังไฟฟ้า มาทำการทดสอบโดยมีดัชนี 3 ค่า คือ SAIFI,SAIDI,SAUEI โดยได้ทำการ ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-propagation) และ โครงข่ายประสาทเทียมชนิด Generalized Regression โดยใช้ข้อมูล ของสถานีไฟฟ้าในเขตภาคเหนือจำนวน 4 ปี และเขตภาคกลางจำนวน 6 ปี มาเป็นข้อมูลให้กับ โครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้ จากการทดสอบนั้นสามารถสรุปได้ว่าการประเมินความ เชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้านั้น การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับนั้น ให้ผลที่ดีกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalization Regression และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นและโครงข่ายประสาท เทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้นนั้น โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มี ชั้นซ่อน 2 ชั้นให้ค่า MAPE ของชุดทดสอบที่ต่ำกว่า แต่ก็ต้องใช้เวลาในการฝึกสอนที่นานกว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นซ่อน แต่เมื่อพิจารณาจากภาพรวม

การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้นซ่อนนั้นเหมาะสมสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้ามากที่สุด

2. การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต (Future Performance Assessment)

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบในอนาคตจะต้องอาศัยข้อมูลในอดีต ซึ่งจากข้อมูลสถิติกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่ผ่านมาสามารถนำมาหาค่าอัตราเสียหายและเวลาซ่อมของอุปกรณ์ในระบบได้ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ ในการนำไปวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบเพื่อคาดเดาสมรรถนะของระบบในอนาคตและสามารถเปรียบเทียบการปรับปรุงในแต่ละระบบอีกด้วย ตัวอย่างงานวิจัยการประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต ได้แก่

Rosendo, J.A., Gomez-Exposito, A., Tevar, G. and Rodriguez. [20] งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินค่าและปรับปรุงดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในระบบจำหน่าย โดยใช้ความสัมพันธ์ของสถิติอัตราเสียหาย และข้อมูลระยะเวลาซ่อมอุปกรณ์ โดยการทดสอบกับระบบเบรเคิลในระบบจำหน่าย ตัวอย่างของข้อมูลที่บันทึกไว้ ได้แก่ ช่วงเวลากลับสู่สภาพเดิม (restoration) และการซ่อมแซมในระยะเวลา (reparation time) โดยคาดว่าตัวชี้วัดความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าจะสัมพันธ์กับจำนวนและการขาดช่วง (interruption) ในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือได้ของแหล่งจ่ายนั้นสามารถทำได้โดยเพิ่มสวิตช์เข้าไป, การเพิ่มสายป้อน (feeder), เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันทำงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งจากการทดลองที่ได้ดำเนินการชี้วัด (SAIFI, SAIDI) ไม่เป็นที่น่าพอใจ ก็จะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ด้วยการเพิ่มหรือแก้ไขอุปกรณ์ป้องกันเข้าไป เพื่อให้ดัชนีชี้วัด (SAIFI, SAIDI) มีค่าสูงขึ้น

Garng. M. Huang and Yishan Li. [21] บทความนี้เป็นการนำเสนอดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าใหม่จำนวน 2 ดัชนี (MIOR, MLLDR) โดยได้พิจารณาถึงผลกระทบจากการเกิดฟอลต์แบบชั่วคราวและการเกิดฟอลต์แบบถาวร ตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นระบบ WSCC – 9 บัส และใช้ Monte Carlo simulation ในการทดสอบความน่าเชื่อถือ

Balljepalli, N., Venkata, S.S. and Christie, R.D. [22] บทความฉบับนี้ได้นำเสนอกระบวนการหาประสิทธิภาพของ Monte Carlo simulation สำหรับใช้ในการประเมินระบบความน่าเชื่อถือได้ในระบบจำหน่าย โดยใช้แบบจำลองแบบล้มเหลว (failure) และแบบซ่อมแซม (repair) ผลที่ได้จะออกมาจะได้ว่า ดัชนี SAIFI นั้นไม่เป็นอิสระต่อแบบจำลองแบบล้มเหลว (failure) และดัชนี SAIDI นั้นขึ้นอยู่กับขอบเขตของระยะเวลาในการซ่อมแซม

เมื่อก้าวถึง คุณภาพไฟฟ้า (Power Quality) นั้นจะประกอบด้วย ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Reliability of Electric System) และคุณภาพแรงดันไฟฟ้า (Voltage Quality) ซึ่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพไฟฟ้า อาจเกิดจากผลกระทบทางตรงและโดยทางอ้อม จากเหตุการณ์ความผิดปกติในระบบไฟฟ้า หรือจากสภาพการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้งใช้งาน ดังนั้นการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงให้ความสำคัญต่อการตรวจวิเคราะห์ แก้ไขปรับปรุง

คุณภาพและประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า ให้สามารถสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมและผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไป ด้วยมาตรฐานคุณภาพระบบไฟฟ้าและบริการที่ดี มีประสิทธิภาพ ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ได้แก่ ภาวะชั่วครู่ (Transient) แรงดันตก (Voltage Sag) แรงดันเกิน (Voltage Swell) การขาดช่วง (Interruption) ไฟกระพริบ (Flicker) แรงดันบาก (Notching) ฮาร์โมนิกส์ (Harmonic) แรงดันกระเพื่อม (Voltage Fluctuation) เป็นต้น ในปัจจุบันนี้ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงได้มีการศึกษาและสำรวจคุณภาพไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง โครงการสำรวจระดับคุณภาพไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าระยะที่ 2 [3] ในรายงานการสำรวจคุณภาพไฟฟ้านั้นได้ทำการคัดเลือกสถานีไฟฟ้าในเขตภาคกลาง (กฟภ1, กฟภ2, กฟภ3) โดยใช้เครื่องมือวัดรุ่น Unipower902 และ เครื่องมือวัดรุ่น ION 7650 ได้จัดเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า ได้แก่ ภาวะชั่วครู่ (Transient) แรงดันต่ำ/เกิน (Voltage Sag/Swell) การเกิดไฟฟ้ายับ (Interruption) ที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานีในเขตภาคกลาง และสำรวจผลของแผนงานลูปไลน์ต่อระดับคุณภาพทางไฟฟ้าในระบบการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อีกทั้งยังได้สำรวจตรวจวัดและเก็บข้อมูลพร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มธุรกิจและกลุ่มอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ภาคกลาง ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[4] งานวิจัยวิจัยเกี่ยวกับคุณภาพทางไฟฟ้านั้น ได้แก่

W.Kanitpanyacharoen and S.Premrudeepreecharn.[15] ได้นำเสนอกระบวนการแบ่งปัญหาคุณภาพทางไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า จำนวน 6 ชนิด ซึ่งเป็นสัญญาณปัญหา (disturbance) ได้แก่ แรงดันต่ำ (Sag) แรงดันเกิน (Swell) แรงดันกระเพื่อม (Fluctuation) การเกิดไฟฟ้ายับ (Momentary Interruption) การเกิดอิมพัลส์ทรานเซียนต์ (Impulsive transient) แรงดันบาก (Notching) โดยเริ่มจากการนำสัญญาณที่เป็นปัญหามาวิเคราะห์ โดยผ่านกระบวนการเวฟเลตทรานฟอร์ม ซึ่งประกอบไปด้วย กระบวนการ MRA และ Feature Extraction หลังจากนั้นก็นำไปผ่านนิรอลเน็ตเวิร์คเพื่อแบ่งสัญญาณปัญหาออกมา ในการทดลองจะประกอบไปด้วย การทดสอบทั้งสัญญาณที่ปราศจากสัญญาณรบกวน (Noise) และการทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน ผลที่ได้ออกมาที่มีความถูกต้องแม่นยำถึง 98 %

A.K. Chandel, G. Guleria, and R.chandel.[23] เขาได้นำเสนอเกี่ยวกับการแบ่งสัญญาณทางไฟฟ้า ด้วยการสร้างแบบจำลองใน MATLAB ด้วยการสร้างวงจร จำนวน 522 วงจร โดยได้ทำการทดสอบสัญญาณปัญหาจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แรงดันต่ำ (Sag) แรงดันเกิน (Swell) การเกิดไฟฟ้ายับ (Interruption) การเกิดกราวด์ฟอลต์ (Ground Fault) การสวิตชิง (Switching) เป็นต้น หลังจากนั้นก็นำค่าที่ได้ผ่านนิรอลเน็ตเวิร์คชนิดแบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-Propagation) ด้วยการใช้อัลกอริทึม LM (Lavenberg-Marquardt) ผลที่ได้จากการแบ่งแยกสัญญาณนั้นมีค่าความถูกต้องและแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ying-tung Hsiao , Ying-Ming Wu, Yen-Hsing Lee and Fun Ye.[24] ในบทความฉบับนี้ได้กล่าวถึงการใช้ฟิซซ์ลอจิกเป็นตัวชี้วัดปัญหาคุณภาพทางไฟฟ้าโดยเขาได้นำสัญญาณปัญหาจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ฮาร์โมนิกส์(Harmonic) การเกิดไฟฟ้าดับและแรงดันต่ำ(Voltage Interrupt and Sag) แรงดันเกิน(Voltage Swell) ไฟกระพริบ(Voltage Flicker) การใช้กระบวนการฟิซซ์นั้นเป็นการแบ่งแยกระดับของคุณภาพทางไฟฟ้า ซึ่งจากการทดลองนั้นจะสามารถสรุปออกมาได้ว่าการใช้ฟิซซ์ในการชี้วัดนั้นคุณภาพทางไฟฟ้านั้นมีความเหมาะสมกับระดับของคุณภาพทางไฟฟ้าที่ใช้ในการโอเปอเรชั่นในระบบไฟฟ้ากำลัง

สรุป [2] ได้นำเสนอการวิเคราะห์คุณภาพกำลังไฟฟ้าด้วยการแปลงเวฟเล็ท เพื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณแรงดันที่เป็นปรากฏการณ์ทางคุณภาพกำลังไฟฟ้า ซึ่งในงานวิจัยจะมุ่งเน้นศึกษาในปรากฏการณ์การเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้น และการเกิดทรานเซียนต์ นอกจากนี้สัญญาณแรงดันที่นำมาวิเคราะห์ ยังเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการตรวจวัดจริง ในระบบแรงดัน 115 กิโลโวลต์ โดยติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อย ในพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขตภาคกลาง สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางคุณภาพไฟฟ้าโดยใช้เวฟเล็ทดังต่อไปนี้

- 1) การแปลงเวฟเล็ท สามารถค้นหาและระบุตำแหน่งผิดปกติของรูปคลื่นได้อย่างชัดเจน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน และเมื่อนำมาพิจารณาเพื่อหาค่าช่วงเวลาการเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้น แล้วนำมาเปรียบเทียบกับช่วงเวลาที่ได้จากเครื่องมือวัด พบว่า มีค่าที่ใกล้เคียงกัน
- 2) การแปลงเวฟเล็ท สามารถนำมาพิจารณาแยกแยะเหตุการณ์ของการเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้นแบบหลายชั้นได้ ซึ่งจากตัวอย่างเหตุการณ์ที่นำมาพิจารณา จะพบว่า ช่วงเวลาของการเกิดเหตุการณ์ที่ได้จากการแปลงเวฟเล็ท มีความสอดคล้องกับข้อมูลของรูปคลื่นมากกว่าค่าช่วงเวลาที่ได้จากการตรวจวัดโดยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า
- 3) การแปลงเวฟเล็ท สามารถตรวจค้นการเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้นได้ในทั้งสามเฟส โดยเหตุการณ์การเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้นจะเกิดขึ้นในเฟสใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นเฟสที่มีระดับแรงดันตกลงไปมากกว่าเฟสอื่น นั่นคือ เมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันเกิดขึ้นในทุกเฟสและการแปลงเวฟเล็ทสามารถค้นหาจุดผิดปกติได้

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า มาทดสอบวิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบความสัมพันธ์ทางสถิติว่ามีข้อมูลทั้งสองส่วนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยเลือกข้อมูลคุณภาพทางไฟฟ้า เป็นดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า (SARFI_x) และข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า เป็นดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI, CAIDI,ASAI, MAIFI) โดยเก็บข้อมูลมาจากสถานีไฟฟ้า A และสถานีไฟฟ้า B โดยจากการทดลองนั้นจะเห็นว่าคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้นมีความสัมพันธ์กัน EPRI.[18] สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลทางด้านคุณภาพและข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกัน

และนำโครงข่ายประสาทดัดแปลงมาใช้เรียนรู้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อสร้างโมเดลในการทำนายค่าความไม่วางกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อถือได้ทางไฟฟ้า อีกทั้งยังนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับ
 โครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนของการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก(Principle Component
 Analysis : PCA)มาประยุกต์ใช้นั้น จะเห็นว่าประโยชน์ของการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก
 มาใช้ เช่น การจำแนกใบหน้า การบีบอัดรูปภาพ การลดขนาดของมิติ การแบ่งแยกโครโมโซม
 เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้จะนำ PCA ไปใช้ในกระบวนการลดขนาดอินพุตก่อนเข้าสู่โครงข่าย
 ประสาทเทียมและลดระยะเวลาในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม J.Wesley Hines[16]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

3.1 บทนำ

ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ในแง่ของการดำรงชีวิตและการทำงาน ยิ่งใน ส่วนของภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจแล้ว ไฟฟ้านับเป็นปัจจัยประการหนึ่งในกระบวนการ ผลิต และการดำเนินงานทางธุรกิจ ด้วยเหตุนี้เหตุการณ์ไฟฟ้าดับจึงเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เพราะ สามารถทำให้เกิดความสูญเสียได้ค่อนข้างมาก เช่น เหตุการณ์ไฟฟ้าดับเมื่อวันที่ 14 ถึง 16 สิงหาคม พ.ศ. 2546 ที่เมืองนิวยอร์ก และ 8 รัฐในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ สหรัฐอเมริกา รวมทั้งพื้นที่บางส่วนของประเทศแคนาดาจากการสำรวจ พบว่าเหตุการณ์ไฟฟ้า ดับครั้งนี้ มีผลกระทบต่อชีวิตผู้คนประมาณ 50 ล้านคน สร้างความเสียหายคิดเป็นขนาดทาง ไฟฟ้ารวมประมาณ 70,000 เมกะวัตต์ และเมื่อประเมินเป็นจำนวนเงินความสูญเสียทางเศรษฐกิจ จะมีมูลค่ากว่า 240,000 ล้านบาท [5]

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ความน่าเชื่อถือได้เป็นเรื่องการคาดเดาในสิ่งที่เกิดขึ้นใน อนาคตอย่างมีหลักเกณฑ์ โดยอาศัยหลักทางสถิติมาประกอบ ดังนั้นความน่าเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จึงเป็นเรื่องของการคาดเดาถึง โอกาสที่จะเกิดขึ้นอย่างหนึ่งอย่างใดขึ้นในอนาคตภายใต้เงื่อนไข อย่างหนึ่งความเชื่อถือได้จึงเป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบคุณภาพของอุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่ให้ ได้ผลดีตามความต้องการในอนาคต ในอดีตคุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า จะมุ่งเน้นไปที่การมีไฟฟ้า ใช้และมีคุณภาพกำลังไฟฟ้า(Power Quality) อยู่ในเกณฑ์ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้โดย ไม่เสียหาย แต่จากความสำคัญของภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจที่มีต่อระบบเศรษฐกิจใน ปัจจุบัน คุณภาพการจ่ายไฟฟ้าจึงต้องรวมถึงความต่อเนื่องของการจ่ายไฟฟ้าเพราะเหตุการณ์ ไฟฟ้าขัดข้องสามารถสร้างความเสียหายเป็นจำนวนมากแก่อุตสาหกรรมและธุรกิจ

จากความสำคัญของความต่อเนื่องในการจ่ายไฟฟ้า ส่งผลให้การพิจารณาความเชื่อถือได้ ในระบบไฟฟ้า จำเป็นต้องมีตัวเลขหรือดัชนีที่บ่งบอกถึงค่าความเชื่อถือได้ สำหรับเปรียบเทียบและ วิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการออกแบบและปรับปรุงระบบไฟฟ้า แนวคิดเรื่อง ความน่าเชื่อถือได้ในทางวิศวกรรม จะสามารถพิจารณาได้ 2 แนวทาง คือ ในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และในเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยความเชื่อถือได้เชิงคุณภาพจะเกี่ยวข้องกับ ความสามารถของระบบในการทำงานซึ่งไม่มีความผิดพลาดหรือมีความผิดพลาดน้อยมาก โดยทั่วไปค่าความเชื่อถือได้เชิงคุณภาพจะใช้ความรู้สึกในการอธิบาย ไม่สามารถวัดค่าออกมาได้

เอกสาร ส่วนความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ จะถูกอธิบายออกมาเชิงตัวเลขเพื่อให้สามารถกำหนดควัดรวมทั้ง ค่า ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกันได้โดยในการพิจารณาหรือการศึกษาเรื่องความน่าเชื่อถือได้ทางวิศวกรรมจึงเน้นไปที่เรื่องของความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ เพราะสามารถระบุเป็นตัวเลขได้

3.2 แนวคิดพื้นฐานความเชื่อถือได้ [7]

ระบบจำหน่ายมีไว้เพื่อจำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยระบบการจ่ายไฟฟ้าที่เชื่อถือได้ และมีคุณภาพโดยเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป ประกอบด้วยเกณฑ์ 3 อย่างคือ

1. เกณฑ์แรงดันไฟฟ้า (Voltage Criteria)
2. เกณฑ์ความเชื่อถือได้ (Reliability Criteria)
3. เกณฑ์คุณภาพไฟฟ้า (Quality Criteria)

เกณฑ์แรงดันไฟฟ้าเป็นเกณฑ์พื้นฐานทั่วไปที่จำเป็นต้องมีเพื่อให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ใช้ไฟฟ้าโดยไม่เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าเอง เกณฑ์ดังกล่าวได้มีการกำหนดด้วยแรงดันในระบบไฟฟ้าจะไม่ให้สูงหรือต่ำกว่าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สาเหตุที่จำเป็นต้องมีการกำหนดเกณฑ์แรงดันไฟฟ้าเพราะอุปกรณ์ไฟฟ้าในปัจจุบันผู้ผลิตจะผลิตให้สามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน $\pm 10\%$ ของแรงดันพิกัดของอุปกรณ์ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้ากำหนดไว้ที่แผ่นป้าย (Nameplate) ว่าทำงานที่แรงดัน 400 โวลต์ แสดงว่าอุปกรณ์นั้นสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันไฟฟ้า $400 \pm 40 = 360$ ถึง 440 โวลต์ ด้วยเหตุนี้เองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ออกแบบเพื่อจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องมีเกณฑ์แรงดันไฟฟ้าเพื่อให้ระบบมีแรงดันไฟฟ้าไม่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไปจนทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้

ส่วนเกณฑ์ความเชื่อถือได้และเกณฑ์คุณภาพไฟฟ้ายังไม่ได้มีการนำไปใช้อย่างจริงจังในระบบไฟฟ้าในขั้นตอนการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าก่อนสร้างขึ้นมา แต่ก็ได้รับความสนใจที่ปรับปรุงให้ระบบมีความเชื่อถือได้มากขึ้นหลังจากที่สร้างเสร็จแล้ว ตัวอย่างเช่น ระบบจำหน่ายที่จะจ่ายให้กับอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมต้องมีระบบการจ่ายไฟฟ้าที่ความเชื่อถือสูง หรืออีกตัวอย่างคือ ระบบไฟฟ้าที่อุตสาหกรรมอื่นๆอย่างจริงจัง ทำให้อุตสาหกรรมอื่นๆเดือดร้อน เป็นต้น

ถ้าไม่คิดเรื่องเกณฑ์ความเชื่อถือได้และเกณฑ์คุณภาพไฟฟ้าตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบพอดิตตั้งระบบจำหน่ายไปแล้วก็ต้องมาแก้ไขหรือต้องทำการบำรุงรักษาอย่างมากมายทำให้เสียค่าใช้จ่ายมาก สาเหตุที่เกณฑ์ความเชื่อถือได้และเกณฑ์คุณภาพไฟฟ้ามาใช้ในขั้นตอนการออกแบบได้อย่างไรและอีกประการหนึ่งคือข้อมูลต่างๆไม่ได้มีการบันทึกไว้ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ความเชื่อถือได้เริ่มมีการนำมาใช้ในระบบจำหน่ายเพื่อให้เกิดความมั่นใจกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการลงทุนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีดัชนีที่ใช้ในระบบจำหน่ายเพื่อแสดงสมรรถนะความเชื่อถือได้ในการจ่ายไฟฟ้าของระบบจำหน่ายอยู่หลายค่า คือ SAIFI(System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index) และ MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังบอกถึงคุณภาพของการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า และยังใช้เป็นเกณฑ์ในการวางแผนของระบบไฟฟ้าด้วย ความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าสามารถแยกออกได้เป็นสามส่วนคือ ระบบกำเนิดไฟฟ้า ระบบสายส่ง และระบบไฟฟ้าจำหน่าย ซึ่งโดยทั่วไปมักแยกวิเคราะห์เป็นระบบ และดัชนีความเชื่อถือได้ที่ใช้ของแต่ละระบบก็ไม่เหมือนกัน

ส่วนสำคัญที่สุดสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้นั้น คือ ข้อมูล เพราะจำเป็นต้องให้ความสำคัญ ต้องมีความเข้าใจการเก็บข้อมูล และข้อมูลที่ได้นั้นต้องมีความถูกต้องด้วย ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มแรกที่จะส่งผลให้การประเมินในเรื่องความเชื่อถือได้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินสมรรถนะปัจจุบันหรือทำนายอนาคตก็ตามมีความถูกต้องด้วย

การปรับปรุงระบบเพื่อให้มีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสูงขึ้นจำเป็นต้องมีพื้นฐานบางประการประกอบดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานของระบบและการทำงานของอุปกรณ์
2. ความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงและการทำงานของระบบ
3. ความรู้พื้นฐานทางด้านความเชื่อถือได้
4. ความรู้ทางการเก็บข้อมูลภาคสนาม
5. ความรู้ทางการบริหารจัดการจัดการด้านบำรุงรักษา

3.2.1 สมรรถนะความพร้อมใช้งานของระบบ

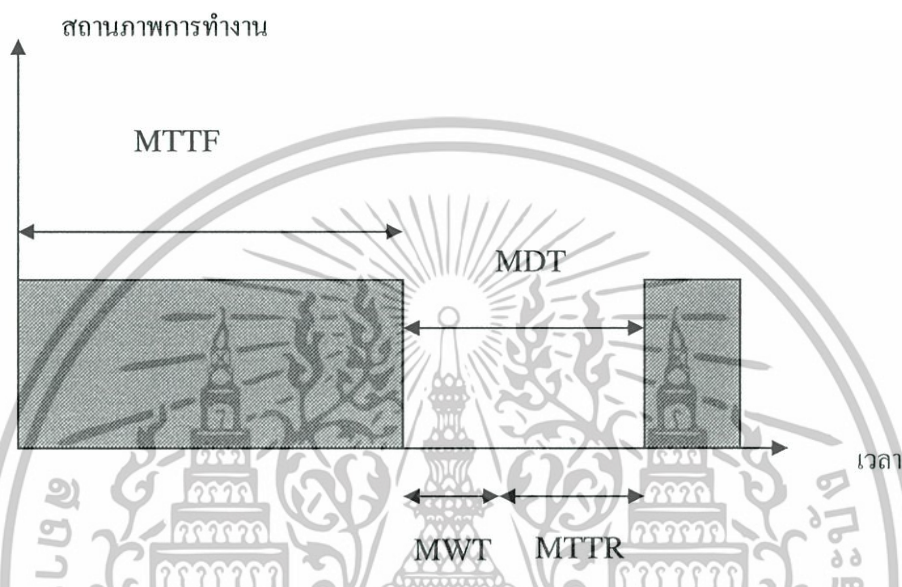
ดัชนีที่ใช้บอกความน่าเชื่อถือได้ของระบบมีหลายแบบขึ้นกับความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ในการวัดของแต่ละระบบ ในที่นี้จะกล่าวถึง สมรรถนะของระบบแยกออกดังนี้

- 3.2.1.1 สมรรถนะความพร้อมใช้งาน (Availability)
- 3.2.1.2 สมรรถนะความเชื่อถือได้(Reliability Performance)
- 3.2.1.3 สมรรถนะการสนับสนุนการบำรุงรักษาได้ (Maintenance Support Performance)
- 3.2.1.4 สมรรถนะการบำรุงรักษาได้ (Maintainability Performance)
- 3.2.1.5 เวลาสูญเสีย(Mean Downtime)

นอกจากนี้ยังกล่าวถึงระยะเวลาเฉลี่ย (Mean Waiting Time) ซึ่งมักเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการพิจารณาปรับปรุงระบบจำหน่ายให้มีความเชื่อถือได้ให้สูงขึ้น

3.2.1.1 สมรรถนะความพร้อมใช้งาน (Availability)

ความพร้อมใช้งาน เป็นดัชนีที่ใช้วัดสมรรถนะทางด้านเวลาของระบบ ซึ่งหมายถึง ความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำงานได้ เช่น ความพร้อมใช้งานของระบบไฟฟ้าเป็น 0.9985 หมายความว่า ระบบไฟฟ้ามีการจ่ายไฟฟ้าทั้งปี $365 \times 24 = 8,760$ ชั่วโมง มีไฟฟ้าใช้ $0.9985 \times 8,760 = 8,746.86$ ชั่วโมง หรือไม่มีไฟฟ้าใช้รวม $8,760 \times 0.0015 = 13.14$ ชั่วโมงต่อปี หรือ 788.4 นาทีต่อปี



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบต่างๆของสมรรถนะความพร้อมใช้งาน

จากรูปที่ 3.1 จะเป็นรูปการทำงานเฉลี่ยในแต่ละรอบการทำงานของระบบซึ่งจะประกอบไปด้วย

1. เวลาเฉลี่ยที่ระบบทำงาน (MTTF – Mean Time to Failure)
2. เวลาเฉลี่ยที่ระบบไม่ทำงาน หรือเวลาสูญเสีย (MDT-Mean Downtime) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น
 - เวลารอเฉลี่ย (MWT- Mean Waiting Time)
 - เวลาซ่อมเฉลี่ย (MTTR- Mean time to Repair)

ดังนั้น ความพร้อมใช้งานของระบบนั้นสามารถ หาได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$\text{ความพร้อมใช้งาน } A = \frac{\sum T_{UP}}{\sum T_{UP} + \sum T_{down}} \quad (3.1)$$

$$\text{ความพร้อมใช้งาน } A = \frac{MTTF}{MTTF + MWT + MTTR} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 สมรรถนะความเชื่อถือได้ (Reliability Performance)

สมรรถนะความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังคือความสามารถในการทำงาน อุปกรณ์หรือระบบสามารถบอกในรูปของระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบจะทำงานก่อนเสีย (Mean Time to Failure; MTTF) ซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ แต่ที่สำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. คุณภาพอุปกรณ์
2. การดำเนินการเพื่อให้ระบบทำงานต่อเนื่องได้
3. การบำรุงรักษาเพื่อให้ระบบทำงานต่อเนื่องได้

ถ้าคุณภาพอุปกรณ์ดีระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบจะทำงานก่อนเสีย MTTF มีระยะเวลานาน แต่ถ้าใช้ อุปกรณ์ที่ไม่มีคุณภาพก็มีการเสียบ่อยมากขึ้น ระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบทำงานต่อครั้งก็สั้น สังเกต อุปกรณ์ไฟฟ้าที่คุณภาพดี โดยมากมักสามารถทำงานนานมากก่อนที่จะเสียแต่ละครั้ง แต่ถ้าเป็น อุปกรณ์คุณภาพ ไม่ดีหรือราคาถูก มักมีระยะเวลาการทำงาน ไม่นานก่อนเสียแต่ละครั้ง

3.2.1.3 สมรรถนะการสนับสนุนการบำรุงรักษา (Maintenance Support Performance)

สมรรถนะสนับสนุนการบำรุงรักษาขึ้นกับความสามารถด้านการบริหารของ องค์กรที่จะจัดหาทรัพยากรที่ต้องการเพื่อการบำรุงรักษา ซึ่งสามารถบอกได้ในรูประยะเวลารอ เฉลี่ย (Mean Waiting Time; MWT) สมรรถนะสนับสนุนการบำรุงรักษา วัดได้จากค่าเฉลี่ยของ เวลาในการรอคอยทรัพยากรสำหรับการบำรุงรักษาเมื่อระบบหยุดทำงาน ถ้าสมรรถนะสนับสนุน การบำรุงรักษาสูงจะหมายถึง MWT ที่สั้น นั่นคือส่งผลให้ระยะเวลาที่ระบบไม่ทำงานสั้นลง

ตัวอย่างขององค์ประกอบที่มีผลต่อ MWT ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เช่น การรอรอดแก่ไฟ การรอนุมัติ ความพร้อมของเอกสารเทคนิค ความพร้อมของอะไหล่ การจัดการ องค์กร เป็นต้น

3.2.1.4 สมรรถนะการบำรุงรักษา (Maintainability Performance)

สมรรถนะการบำรุงรักษา ได้สามารถบอกได้ในรูปของการซ่อมแซม (Mean Time to Repair- MTTR) ซึ่งวัดได้จากค่าเฉลี่ยของเวลาในการซ่อมแซมอุปกรณ์หรือระบบ และ ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากการออกแบบอุปกรณ์ให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา

อุปกรณ์ที่มีคุณภาพและราคาสูงนั้นมักถูกออกแบบให้มีเวลาเฉลี่ยในการทำงาน ต่อครั้ง หรือ MTTF สูงและนอกจากนั้นอุปกรณ์ปัจจุบัน นอกจากออกแบบให้มีคุณภาพดีแล้ว ยัง ออกแบบให้มีการบำรุงรักษาง่ายด้วยนั่นคือ MTTR มีค่าน้อย

สำหรับค่า MTTR ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า หมายถึง เวลาที่ใช้ในการซ่อมแซม หรือเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเวลาที่ใช้ในการสับสวิทช์เพื่อต่อตรง (by-pass) โดยขั้นตอนการ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 เวลาสูญเสีย (Mean Downtime)

เวลาสูญเสีย (Mean Downtime ; MDT) เป็นเวลารวมของ MWT และ MTTR ในทางปฏิบัติยากที่จะแยกให้เห็นชัดเจนว่าอะไรคือระยะเวลาการเฉลี่ย(MWT) และอะไรคือเวลาซ่อมแซม(MTTR) หรือในกรณีที่ไม่ได้บันทึกแยกก็ไม่สามารถได้ค่า MWT และ MTTR

3.3 การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

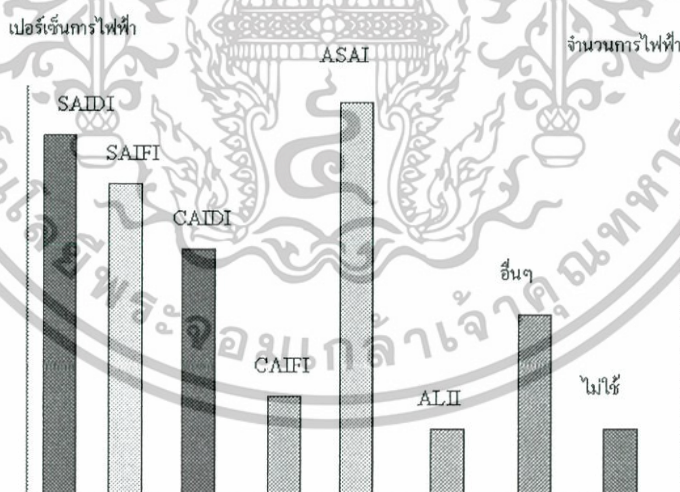
สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ

3.3.1 การประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต (Past Performance Assessment)

3.3.2 การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต (Future Performance Assessment)

3.3.1 การประเมินความเชื่อถือได้ในอดีต (Past Performance Assessment)

ระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าบอกได้ด้วยค่าดัชนี ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์ ทั้งนี้ดัชนีสำหรับระบบจำหน่ายที่มักจะได้ยินและเป็นที่ทราบกันดีคือ SAIFI,SAIDI และนอกเหนือจากนี้ยังมีดัชนีอื่นๆ เช่น CAIDI,CAIFI,MAIFI จากการบันทึกของ EPRI (Electrical Power Research Institute- USA) ได้ทำการสำรวจความนิยมในการใช้ดัชนีต่างๆในการไฟฟ้าต่างๆดังแสดงในรูปที่ 3.2



SAIFI- System Average Interruption Frequency Index

SAIDI - System Average Interruption Duration Index

CAIFI- Customer Average Interruption Frequency Index

CAIDI- Customer Average Interruption Duration Index

ASAI- Average System Availability Index

ALII- Average Load Interruption Index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ 3.2 ความนิยมในการใช้ดัชนีความเชื่อถือได้ต่างๆไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทั่วไปที่กล่าวตั้งแต่ข้างต้นได้แก่ ความพร้อมใช้งาน (Availability) ซึ่งถือเป็นดัชนีพื้นฐานสำหรับการวัดความเชื่อถือได้ของระบบ แต่ถ้าวัดความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายจำเป็นต้องมีดัชนีเพิ่มเติม นอกจากจำนวนครั้งของไฟดับซึ่งถือว่าเป็นดัชนีความเชื่อถือได้ซึ่งบ่งเพื่อบอกสมรรถนะของระบบแล้วยังควรรวมเรื่องไฟกระพริบเข้ามาเป็นตัวชี้วัดด้วยเพราะอุตสาหกรรมบางประเภทได้รับความเสียหายเนื่องจากไฟกระพริบ

1. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

SAIFI คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน, ปี)

$$SAIFI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}} = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (3.3)$$

2. SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับทั้งหมดในระยะเวลาที่พิจารณาต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น นาที/ราย/ระยะเวลา (เดือน/ปี)

$$SAIDI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละครั้งคูณเวลาในแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด}} = \frac{\sum N_i I_i}{N_T} \quad (3.4)$$

3. MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index)

MAIFI คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย สำหรับระยะเวลาไฟดับที่น้อยกว่า 1 หรือ 5 นาที ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน, ปี) แต่ส่วนใหญ่จะกำหนดไว้ที่ 1 นาที นั่นคือ ถ้าเกิดไฟดับนานน้อยกว่า 1 นาที เรียกว่าไฟกระพริบ แต่ถ้าเกิดไฟดับนานกว่า 1 นาที เรียกว่าไฟดับ

จำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยของดัชนีนี้เป็น การบอกถึงจำนวนไฟดับที่มีระยะเวลาไฟดับสั้น ซึ่งอาจมีผลกระทบกับอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีความเสียหายมากต่อหนึ่งครั้งของการเกิด

ไฟดับไม่ว่าจะเกิดไฟดับนานเท่าใดก็ตาม เช่น อุตสาหกรรมการทอ อุตสาหกรรมโพลีเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับชั่วคราวต่อผู้ใช้ไฟหรือ MAIFI แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ MAIFI และ MAIFI_E ซึ่ง MAIFI_E นิยมนำไปใช้ดูแลผู้ใช้ประเภทอุตสาหกรรมที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นหลักและได้รับผลกระทบเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ากระพริบ

MAIFI ทั้ง 2 ประเภทนับไฟกระพริบเป็นจำนวนครั้งและนับเป็นเหตุการณ์ ดังนี้

$$MAIFI_E = \frac{\text{ผลรวมจำนวนเหตุการณ์ไฟกระพริบคูณผู้ใช้ไฟถูกระทบทั้งหมด}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด}} \quad (3.5)$$

$$MAIFI = \frac{\text{ผลรวมจำนวนเหตุการณ์ไฟกระพริบคูณผู้ใช้ไฟถูกระทบทั้งหมด}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมด}} \quad (3.6)$$

ดัชนีความเชื่อถือได้อื่นๆ

4. CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index)

คือ ค่าเฉลี่ยความถี่ของการเกิดไฟดับแบบต่อเนื่อง สำหรับผู้ใช้ไฟที่เกิดดับแบบต่อเนื่อง และผู้ใช้ไฟแต่ละรายจะนับเป็น 1 ไม่ว่าจะเกิดไฟดับกี่ครั้งกับผู้ใช้ไฟรายนั้น

$$CAIFI = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดไฟดับในแต่ละเหตุการณ์}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดที่เกิดไฟดับในช่วงเวลาที่สนใจ}} \quad (3.7)$$

$$= \frac{\sum N_i}{CN}$$

5. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการนำไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าหรือค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบ

$$CAIDI = \frac{\text{ผลรวมของ(จำนวนผู้ใช้ไฟที่เกิดดับแต่ละครั้งคูณระยะเวลาไฟดับแต่ละครั้ง)}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดไฟดับ}} \quad (3.8)$$

$$= \frac{\sum N_i r_i}{N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

6. ASAI (Average Service Availability Index)

คือ ดัชนีความพร้อมใช้งานเฉลี่ยของระบบไฟฟ้า ซึ่งจะหมายถึง ความน่าจะเป็นที่มีไฟฟ้าจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า ค่าดังกล่าวสามารถหาได้จากระยะเวลารวมทั้งให้บริการกับผู้ใช้ไฟฟ้าต่อระยะเวลาทั้งหมด ซึ่งจะไม่มีหน่วยและจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง

$$\begin{aligned} \text{ASAI} &= \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่มีให้สำหรับจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟ}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ต้องการของผู้ใช้ไฟ}} \\ &= \frac{N_T \times (\text{Hour} / \text{year}) - \sum N_i r_i}{N_T \times (\text{Hour} / \text{year})} \end{aligned} \quad (3.9)$$

7. ASUI (Average Service Unavailability Index)

คือ ดัชนีความไม่พร้อมใช้งานเฉลี่ยของการไฟฟ้า ซึ่งจะหมายถึงความน่าจะเป็นที่ระบบจ่ายไฟฟ้าไม่ได้ ไม่มีหน่วย และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง

$$\begin{aligned} \text{ASUI} &= \frac{\text{เวลาที่ไม่สามารถบริการให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า}}{\text{เวลาที่ผู้ใช้ไฟต้องการกระแสไฟฟ้า}} \\ &= \frac{\sum N_i r_i}{N_T \times (\text{Hour} / \text{month})} \\ &= 1 - \text{ASAI} \end{aligned} \quad (3.10)$$

8. ENS (Energy Not Supplied Index)

คือ พลังงานทั้งหมดที่จ่ายไม่ได้จากระบบ

$$\begin{aligned} \text{ENS} &= \text{ผลรวมของค่าโหลดเฉลี่ยที่สูญเสียไปเนื่องจากไฟดับกับช่วงเวลาของการเกิดไฟดับ} \\ &= \sum L_c d \end{aligned} \quad (3.11)$$

- เมื่อ $\sum N_c$ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบจากไฟดับทั้งหมดทุกกรณี
 N_u จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากไฟดับ
 d ช่วงระยะเวลาของการเกิดไฟดับ
 L_c ค่าโหลดเฉลี่ยที่สูญเสียไปเนื่องจากไฟดับ

3.3.2 การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคต

การประเมินความเชื่อถือได้ในอนาคตจะต้องอาศัยข้อมูลในอดีตซึ่งจากข้อมูลสถิติกระแสฟ้าขัดข้องที่ผ่านมาสามารถนำมาหาค่าอัตราความเสียหายและเวลาซ่อมของอุปกรณ์ในระบบได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการนำไปวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบเพื่อการคาดเดาสมรรถนะของระบบในอนาคตและสามารถเปรียบเทียบการปรับปรุงในแต่ละระบบได้อีกด้วย

ประโยชน์ที่ได้จากการคาดเดาสมรรถนะของระบบในอนาคตได้ทำให้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบวางแผนการปรับปรุงระบบให้สอดคล้องกับงบประมาณหรือเงินลงทุน

1 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

คือ ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้งไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ครั้ง / ราย / ระยะเวลา (เดือน, ปี)

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i N_i}{N_T} \quad (3.12)$$

เมื่อ λ_i คือ อัตราความเสียหาย (ครั้ง/ปี)

N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในจุดโหลดที่ i

N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

2 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

คือ ค่าดัชนีแสดงระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 ราย ในช่วงระยะเวลาที่พิจารณา มีหน่วยเป็น นาที / ราย / ระยะเวลา (เดือน, ปี)

$$SAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{N_T} \quad (3.13)$$

เมื่อ U_i คือ ช่วงเวลาที่ไฟดับตลอดปี (Annual Outage Time) ของผู้ใช้ไฟจุดโหลด i

3 CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับต่อผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบ มีหน่วยเป็น นาที / ครั้ง
ที่ไฟดับ

$$CAIDI = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} \quad (3.14)$$

4 ASAI (Average Service Availability Index)

ความพร้อมใช้งานเฉลี่ย คือ ความน่าจะเป็นที่ระบบจ่ายไฟฟ้าได้ ไม่มีหน่วย และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง

$$ASAI = \frac{(\sum N_i \times 8,760) - \sum U_i N_i}{(\sum N_i \times 8,760)} \quad (3.15)$$

5. ASUI (Average Service Unavailability Index)

ความไม่พร้อมใช้งานคือ ความน่าจะเป็นที่ระบบจ่ายไฟฟ้าไม่ได้ ไม่มีหน่วย และมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหนึ่ง

$$ASUI = ASAI - 1 \quad (3.16)$$

6. ENS(Energy Not Supplied Index)

พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไม่ได้จ่าย

$$ENS = \sum L_{a(i)} U_i \quad (3.17)$$

เมื่อ U_i คือ ช่วงเวลาที่ไฟดับตลอดปี (Annual Outage Time) ของผู้ใช้ไฟจุดโหลด i

N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟในจุดโหลดที่ i

$L_{a(i)}$ คือ ค่าโหลดเฉลี่ยในแต่ละจุดโหลด i

3.4 ความเชื่อถือได้กับการลงทุน

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะมีความเชื่อถือได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การออกแบบและการวางแผนตั้งแต่เริ่มแรกว่าต้องการความเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใดและหลังจากนั้นก็จะขึ้นอยู่กับ การบริหารจัดการและการบำรุงรักษา เช่น ถ้าต้องการให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความเชื่อถือได้สูง ต้องพิจารณาตั้งแต่การออกแบบวางแผนระบบ ตั้งแต่การจัดบัสสถานี่ไฟฟ้า ชนิดของสถานี่ไฟฟ้า

วงจรสายส่งที่จ่ายไฟให้กับสถานีไฟฟ้า ตลอดจนสายจำหน่ายที่เดินใต้ดินหรือเดินในอากาศใช้สาย Spaced Aerial Cable แทนที่จะใช้สายเปลือย รวมทั้งระบบจำหน่ายที่อาจออกแบบให้เป็นแบบรูปแทนที่จะเป็นแบบเรเดียล เป็นต้น

เมื่อได้พิจารณาตั้งแต่การวางแผนระบบเริ่มแรกตามที่กล่าวข้างต้นการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบให้สูงขึ้นอีกก็ขึ้นกับการบริหารจัดการจัดการและการบำรุงรักษาซึ่งต้องมีการลงทุนและถ้าต้องการความเชื่อถือได้สูงมากก็ต้องการการลงทุนเป็นทวีคูณ ปัญหาและวิธีการแก้ไขที่จะกล่าวในที่นี้คือ จะทราบได้อย่างไรว่าความเหมาะสมระหว่างระดับความเชื่อถือได้ที่ต้องการกับการลงทุนอยู่ที่จุดไหน เพราะถ้าต้องการความเชื่อถือได้สูงมากอาจต้องใช้เงินลงทุนมากอาจไม่คุ้มกับการลงทุน

ตัวอย่างความเสียหายของการเกิดไฟฟ้าขัดข้องของระบบไฟฟ้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งถ้ามีการเก็บข้อมูลแยกเป็นแต่ละเขตหรือแต่ละการไฟฟ้าก็จะได้วิเคราะห์ที่ถูกต้องมากขึ้น เพราะความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่เท่ากันในการไฟฟ้าแต่ละเขต บางเขตมีผู้ใช้ไฟส่วนใหญ่เป็นประเภทผู้อยู่อาศัย บางเขตก็มีผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมจำนวนมาก เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 ความเสียหายของการเกิดไฟฟ้าขัดข้องในปี พ.ศ. 2543

ทั่วประเทศ				
ดัชนี	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	หน่วย
IER	60.348	38.524	73.637	บาท/KWh
ICPE	64,991	41,489	79,303	บาท/ครั้ง
การไฟฟ้า ก. จากข้อมูลไฟฟ้าดับทั้งหมด 119,515 ครั้ง				
IER	60.165	38.236	72.634	บาท/KWh
ICPE	62,723	39,861	75,721	บาท/ครั้ง
การไฟฟ้า ข. จากข้อมูลไฟฟ้าดับทั้งหมด 2,472 ครั้ง				
IER	53.799	35.559	69.739	บาท/KWh
ICPE	147,500	97,493	191,200	บาท/ครั้ง

หมายเหตุ IER: อัตราค่าความเสียหายต่อพลังงานเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (Interruption Energy rate)

ICPE: อัตราค่าความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง (Interruption Cost Per Event)

โครงข่ายประสาทเทียม

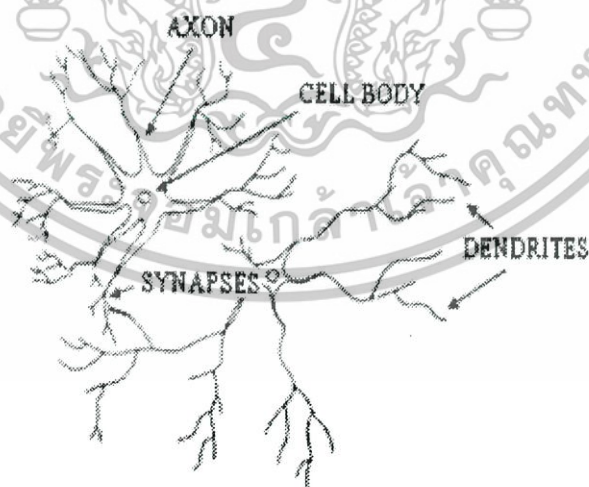
โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network ; ANN) หรือที่มักจะเรียกสั้น ๆ ว่า ข่ายงานประสาท (neural network หรือ neural net) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนกชันนิสต์ (connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำแบบรูป (Pattern Recognition) และ การอุปมาความรู้ (Knowledge deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยการทำงานของสมองมนุษย์และกระบวนการเรียนรู้ แล้วพัฒนาสร้างขึ้นเป็นแบบจำลองเซลล์ประสาทของโครงข่ายประสาทเทียมรวมทั้งคิดค้นพัฒนาทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์เช่นเดียวกับของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่คอมพิวเตอร์ทำไม่ได้หรือทำได้ไม่ดี แล้วเปลี่ยนประสบการณ์ที่ได้รับให้กลายเป็นองค์ความรู้สะสมไว้ในประสาทเทียม ซึ่งองค์ประกอบความรู้ที่ได้นั้นจะสามารถนำไปหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้

โครงข่ายงานระบบประสาท (Neural Network) เนื่องจากความสามารถในการจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของระบบที่มีความซับซ้อนจากข้อมูลที่ป้อนให้เรียนรู้ การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียม จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการควบคุม ซึ่งมีผู้นำมาประยุกต์ใช้งานหลายประเภท ได้แก่

1. งานการจดจำรูปแบบที่มีความไม่แน่นอน เช่น ลายมือ ลายเซ็นต์ ตัวอักษร รูปหน้า
2. งานการประมาณค่าฟังก์ชันหรือการประมาณความสัมพันธ์ (มี inputs และ outputs แต่ไม่ทราบว่า inputs กับ outputs มีความสัมพันธ์กันอย่างไร)
3. งานที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ (วงจรรายนิวรอนสามารถปรับตัวเองได้)
4. งานจัดหมวดหมู่และแยกแยะสิ่งของ
5. งานทำนาย เช่น พยากรณ์อากาศ พยากรณ์หุ้น
6. การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทควบคุมกระบวนการทางเคมี โดยวิธีพยากรณ์แบบจำลอง (Model Predictive Control)
7. การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทแบบแพร่กระจายกลับในการทำนายพลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในตัวอาคาร
8. การใช้ข่ายงานระบบประสาทในการหาไซโครเมตริกซาร์ท การประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทควบคุมระบบ HVAC

4.1 เซลล์ประสาททางชีววิทยา(Biological Motivation)[9]

โครงข่ายประสาทเทียมเป็น โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการประมวลผลข้อมูลที่ถูกพัฒนาโดยอาศัยหลักการการทำงานของโครงข่ายประสาทชีววิทยาของมนุษย์ ซึ่งประกอบไปด้วย เซลล์ประสาท หรือ “นิวรอน” (neurons) และ จุดประสานประสาท (synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า "เดนไดรต์" (Dendrite) ทำหน้าที่รับความรู้สึกจากเส้นใยประสาท ซึ่งเป็นเหมือน input ของเซลล์ โดยที่เดนไดรต์แต่ละกิ่งก็จะรับรู้ด้วยค่าน้ำหนัก (Threshold) ที่แตกต่างกัน และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่นิวเคลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมัน และแอกซอน(Axon) ก็จะส่งสัญญาณออกไปโดยสัญญาณที่ส่งออกมาจะเป็นฟังก์ชันของผลรวมของสิ่งที่ได้รับรู้แล้วจากตัวเซลล์ เปรียบกับโครงข่ายประสาทเทียมคือการที่สัญญาณอินพุตถูกถ่วงน้ำหนักให้มีค่ามากขึ้นหรือลดลง เมื่อผ่านออกจากไซแนปส์ กระแสประสาททั้งหมดจะถูกรวมเข้าด้วยกัน หากผลรวมของกระแสประสาทมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าน้ำหนัก (Threshold) ของนิวรอลลำดับถัดไป กระแสประสาทก็จะสามารถไหลผ่านเข้าไปในนิวรอลนั้นได้ แต่ถ้าหากผลรวมนั้นน้อยกว่าค่าน้ำหนัก (Threshold) กระแสประสาทก็จะถูกยับยั้งไม่ให้ผ่านเข้าไปในนิวรอล



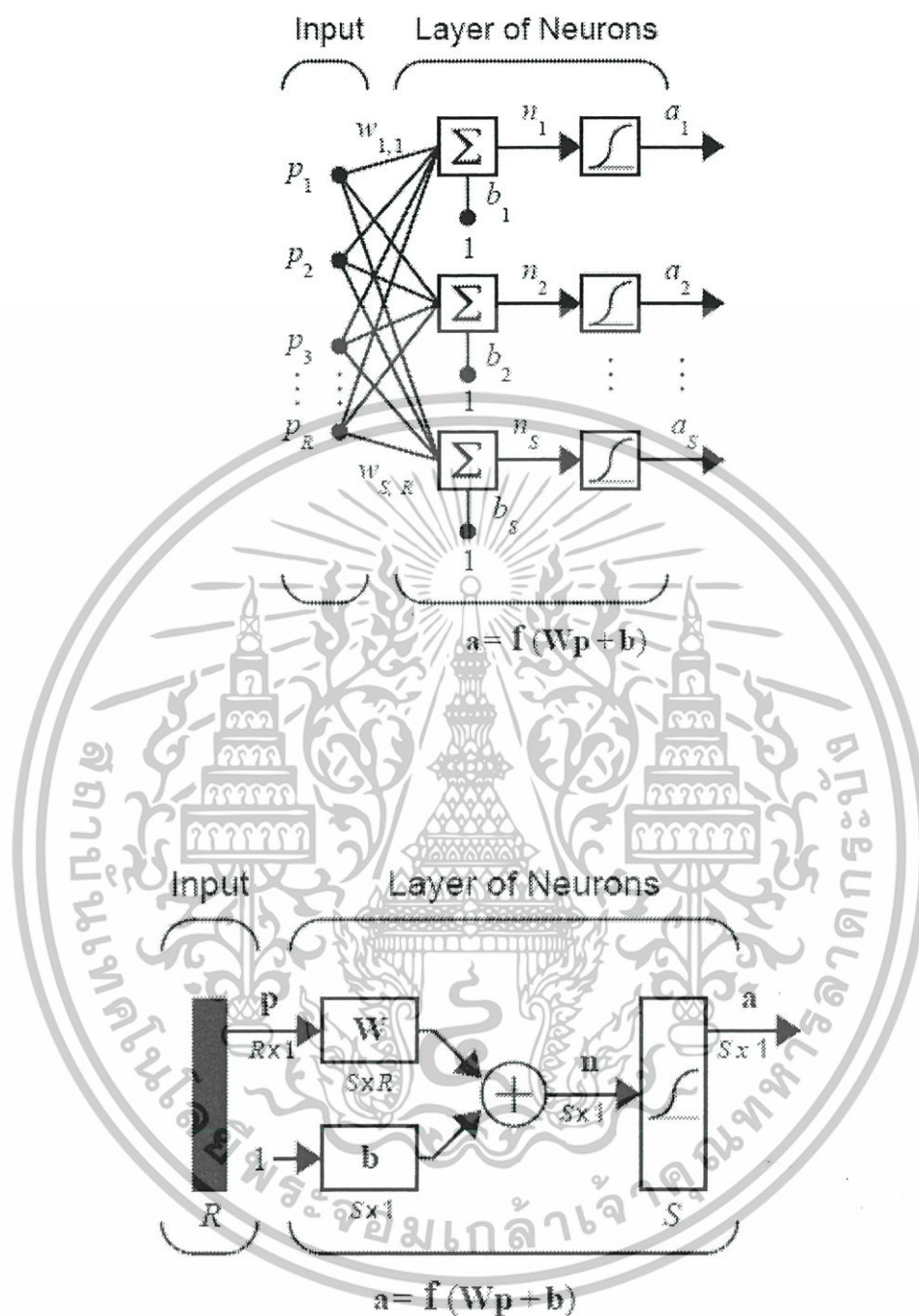
รูปที่ 4.1 โครงสร้างนิวรอล

4.2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม(Architectures of Neural Network)[14]

โครงข่ายประสาทเทียม ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลย่อยที่เรียกว่า เซลล์ประสาท เชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย ทำให้เกิดเป็นลักษณะของโครงข่ายเป็นชั้นๆเรียกว่า เลเยอร์(Layer) ซึ่งลักษณะเชื่อมต่อกันของเซลล์ประสาทรุ่นนั้นจะเป็นตัวกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม โดยที่ค่าน้ำหนักจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของกฎการเรียนรู้(Learning rate) โดยชนิดของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมนั้น เราสามารถแบ่งโครงสร้างออกได้เป็น 3 แบบ ซึ่งแต่ละชนิดก็มีคุณลักษณะเด่นที่แตกต่างกันไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Feedforward Neural Network)

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวนั้น จะประกอบไปด้วย ชั้นอินพุต และชั้นเอาต์พุต สาเหตุที่จัดโครงสร้างแบบนี้เป็นแบบชั้นเดียวนั้น เนื่องจากชั้นเอาต์พุตเพียงชั้นเดียวเท่านั้นที่เป็นชั้นของเซลล์ประสาท ส่วนชั้นอินพุตเราไม่นับเป็นชั้นของเซลล์ประสาท เพราะเนื่องจากชั้นนี้ไม่มีการประมวลผลใดๆ โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวนี้จะมีความสามารถในการคำนวณที่ค่อนข้างน้อย เหมาะสำหรับงานประเภทที่มีความซับซ้อนไม่เยอะ เวลาที่ใช้ในการคำนวณโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้จะเร็ว ซึ่งเราสามารถดูลักษณะโครงสร้างประสาทเทียมแบบชั้นเดียวได้จากรูปที่ 4.2

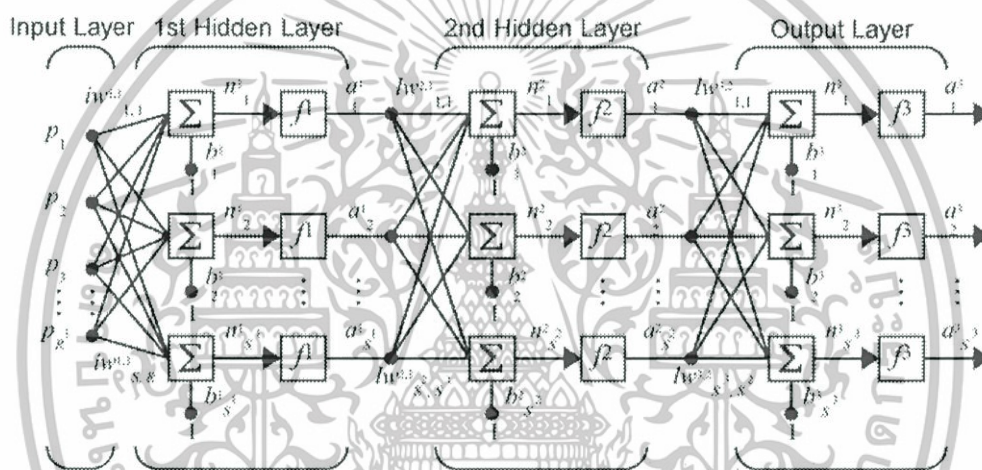


รูปที่ 4.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2. โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Feedforward Neural Network)

สืบเนื่องมาจากในปี 1969 Minsky และ Seymour Papert ได้ทำการพิสูจน์ว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียวมีข้อจำกัด และไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาในบางกรณีได้ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ทำการเสนอรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นขึ้น โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นนั้นจะอยู่ในรูปของการป้อนไปข้างหน้า(Feedforward) ซึ่งชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นอินพุตและชั้นเอาต์พุต เรียกว่าชั้นซ่อน(Hidden layer) ชั้นซ่อนนี้จะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถให้แก่โครงข่าย โดยทั่วไปแล้วมักจะมีไม่เกิน 2 ชั้น ก็สามารถแก้ปัญหาได้ เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นนี้จะใช้เวลาในการประมวลผลนาน



รูปที่ 4.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นซ่อน

รูปที่ 4.3 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน มีอินพุต R ชุด, นิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 เท่ากับ S^1 และ S^2 และมีเอาต์พุต S^3 ชุดเช่นเดียวกันกับ โครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น สมาชิกของอินพุตเวกเตอร์ P แต่ละตัวจะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 1 ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก W^1 (เรียกว่า Input weight, $IW^{1,1}$) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด $S^1 \times R$ และเวกเตอร์ a^1 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของชั้นซ่อนที่ 1 และมีขนาด S^1 จะเป็นอินพุตของชั้นซ่อนที่ 2 สมาชิกแต่ละตัวของเวกเตอร์ a^1 ก็จะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละนิวรอนในชั้นซ่อนที่ 2 ด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก W^2 (เรียกว่า Layer weight, $LW^{2,1}$) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด $S^2 \times S^1$ เช่นเดียวกันกับชั้นซ่อนที่ 1 เวกเตอร์ a^2 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของชั้นซ่อนที่ 2 และมีขนาด S^2 จะเป็นอินพุตของชั้นข้อมูลเอาต์พุต สมาชิกแต่ละตัวของเวกเตอร์ a^2 จะถูกเชื่อมเข้ากับนิวรอนแต่ละตัวในชั้นข้อมูลเอาต์พุตด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก W^3 ($LW^{3,2}$) ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด $S^3 \times S^2$ โดยที่เวกเตอร์ a^3 ซึ่งเป็นเมตริกซ์ขนาด S^3 จะเป็นผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a^1 = f^1(p * IW^{1,1} + b^1) \tag{4.1}$$

$$a^2 = f^2(a^1 * LW^{2,1} + b^2) \tag{4.2}$$

$$a^3 = f^3(a^2 * LW^{3,2} + b^3) \tag{4.3}$$

ชุดข้อมูลของเอาต์พุตที่ได้จากชั้นที่หนึ่งจะถูกส่งไปเป็นชั้นอินพุตสำหรับชั้นต่อไป โดยค่าเอาต์พุตที่ได้ในชั้นสุดท้ายก็คือ เอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเอาต์พุตที่ต้องการ(Target Output) ค่าความแม่นยำของเอาต์พุตที่ได้เราสามารถหาค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Percentage Error) หรือ ape และค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์(Mean Absolute Percentage Error) หรือ mape เป็นเกณฑ์ซึ่งหาได้จากสมการที่ (4.4),(4.5)

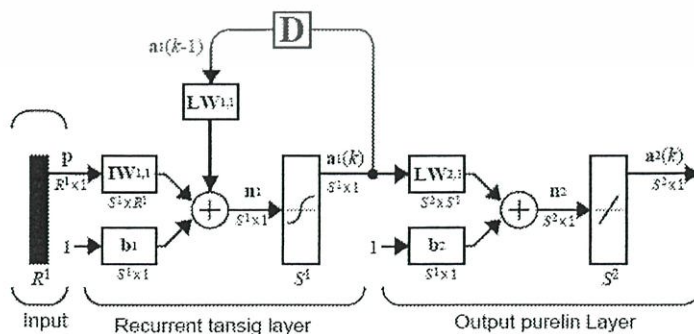
$$ape = \frac{|output_{actual_i} - output_{ANN_i}|}{output_{actual_i}} \times 100\% \tag{4.4}$$

$$mape = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \frac{|output_{actual_i} - output_{ANN_i}|}{output_{actual_i}} \times 100\% \tag{4.5}$$

โดย $output_{ANN}$ คือค่าเอาต์พุตที่เป็นคำตอบของโครงข่ายประสาทเทียม
 $output_{actual_i}$ คือค่าเอาต์พุตที่เป็นจริง
 n คือจำนวนข้อมูลฝึกสอนหรือทดสอบ

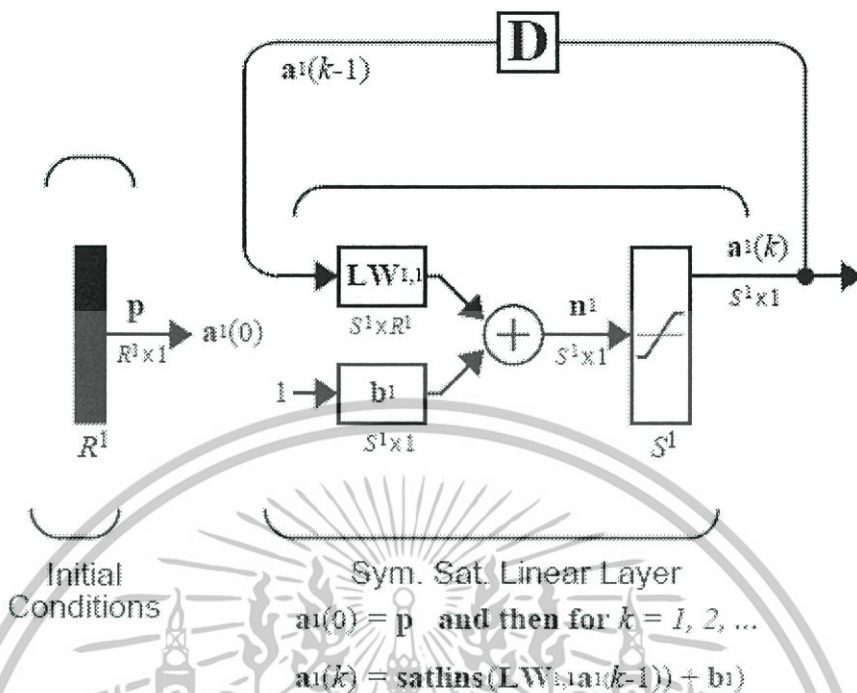
4.2.3. โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ(Recurrent Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้ลักษณะของเอาต์พุตของเซลล์ประสาทจะมีการเคลื่อนที่ย้อนกลับไปยังขั้นก่อนหน้า เหมาะกับงานประเภทที่มีลักษณะข้อมูลมี delay time ตัวอย่างของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้ได้แก่ Elman Network และ Hopfield



รูปที่ 4.4 Elman Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 Hopfield Network

4.3 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

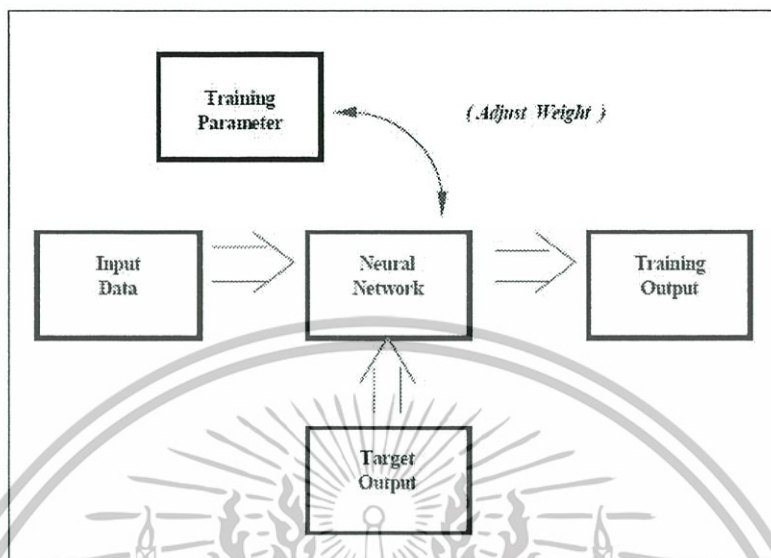
การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเราสามารถแบ่งตามประเภทของการเรียนรู้ ออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

4.3.1. การเรียนรู้ที่ต้องมีผู้สอน (Supervised Paradigm)

การเรียนรู้ประเภทนี้จำเป็นต้องมีทั้งข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการตรวจสอบให้วงจรข่ายปรับตัว จุดข้อมูลที่ใส่สอนโครงข่ายประสาทเทียมจะมีค่าตอบไว้คอยตรวจสอบว่าวงจรข่ายให้คำตอบที่ถูกหรือไม่ ถ้าตอบไม่ถูก วงจรข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น ข้อเสียของการเรียนรู้แบบนี้ คือ ในระบบโครงข่ายจำเป็นต้องมีข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตเสมอ การเรียนรู้แบบมีผู้สอนนั้นเหมาะกับงานประเภทการพยากรณ์ (Forecasting) งานการแบ่งแยกหรือจำแนกชนิด (Classification) และงานด้านการประมาณค่า (Function Approximation) เป็นต้น ความคลาดเคลื่อน (error) เกิดขึ้น ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวจะถูกนำไปคำนวณการปรับแต่งค่าน้ำหนักต่างๆ ในโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนลงให้เหลือน้อยที่สุด การปรับแต่งค่าน้ำหนักโดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนนี้ จะขึ้นอยู่กับกฎการเรียนรู้หรือขั้นตอนการคำนวณซึ่งเรียกว่า "อัลกอริทึม" (Algorithm) ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใ้ใช้ฟรีโดยไม่หวังผลตอบแทน
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

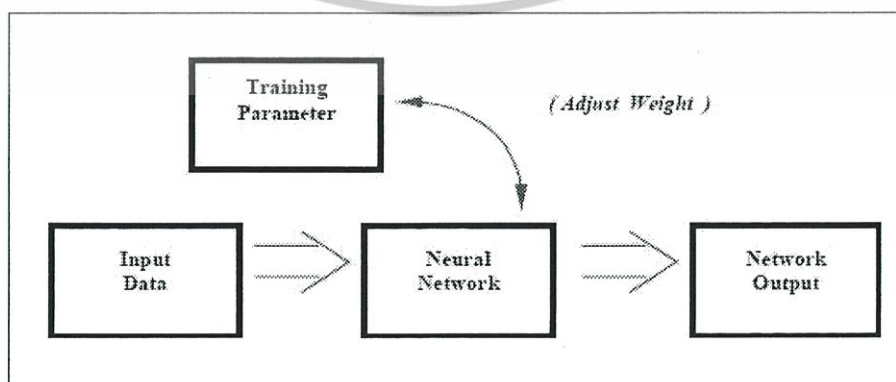
ของการเรียนรู้แบบมีผู้สอนนี้จะดัดแปลงมาจากวิธีการทางคณิตศาสตร์ในเรื่องของเทคนิคการหาค่าเหมาะสม (optimization technique) นั้นเอง



รูปที่ 4.6 การเรียนรู้ที่ต้องมีผู้สอน

4.3.2. การเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอน (Unsupervised Paradigm)

การเรียนรู้ที่ไม่มีผู้สอนหรือบางครั้งอาจเรียกว่า Self-supervised Learning เป็นการเรียนรู้ชนิดนี้ไม่ต้องมีสิ่งชี้แนะในการปรับสอน โครงข่ายประสาทเทียม ไม่มีการตรวจคำตอบว่าถูกหรือผิด ดังนั้นชุดข้อมูลที่ใช้ในการปรับสอนจะใช้เพียงชุดข้อมูลอินพุตเท่านั้น วงจรข่ายจะจัดเรียงโครงสร้างด้วยตัวเองตามลักษณะของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ วงจรข่ายจะสามารถจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้ และจะทำการจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ เหล่านี้เองตามต้องการ ผลตอบของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนนี้ จะเป็นการระบุกลุ่มของข้อมูลที่ใส่เข้าไป โดยจะอิงกับวิธีการจัดกลุ่มซึ่งได้เรียนรู้จากข้อมูลที่โครงข่ายเคยพบมา



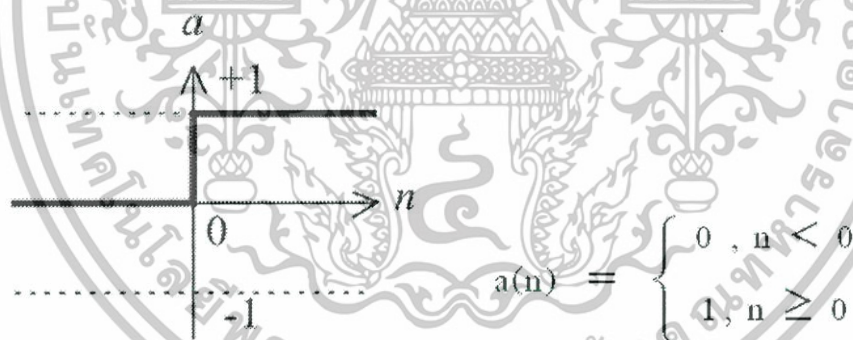
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.7 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3. การเรียนรู้แบบเสริม (Reinforcement Paradigm)

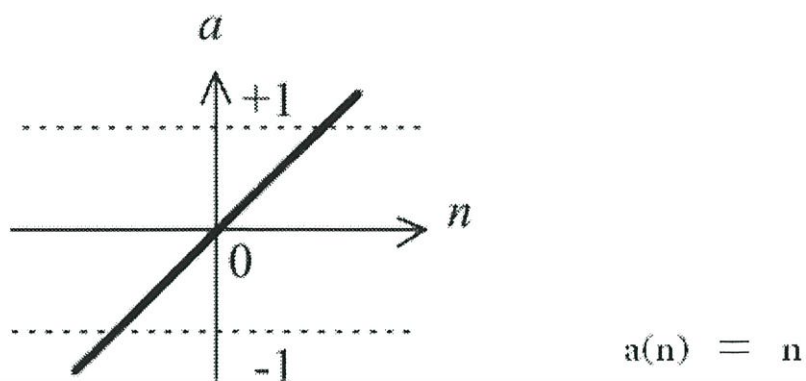
การเรียนรู้ประเภทนี้เป็น การเรียนรู้แบบมีผู้สอนชนิดพิเศษ ซึ่งแทนที่เราจะต้องกำหนด อินพุตให้กับเป้าหมายให้กับโครงข่ายประสาทเทียม เหมาะกับงานประเภทงานควบคุม(Control) แต่การเรียนรู้ชนิดนี้จะใช้ Critic เป็นตัวประเมินค่าให้กับเอาต์พุตที่ได้แทน

4.4. ชนิดของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function)

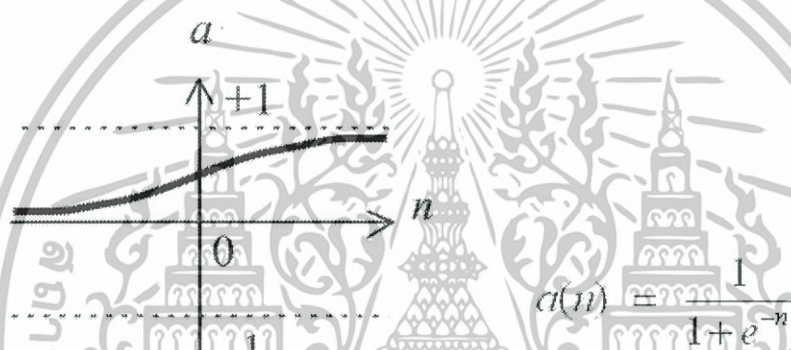
ฟังก์ชันถ่ายโอน(Transfer function) ในบางครั้งจะเรียกว่า ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดค่าเอาต์พุตและทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดขอบเขตของเอาต์พุต ถ้าหากไม่มีฟังก์ชันการถ่ายโอนแล้วก็จะเป็นการยากในการแสดงค่าเอาต์พุตออกมาจากนิเวศ โดยปกติฟังก์ชันถ่ายโอนนั้นที่นำไปใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะเลือกโดยผู้ออกแบบ ซึ่งอาจเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น(Linear) หรือ ไม่เชิงเส้นก็ได้ (Nonlinear) ในการเลือกฟังก์ชันถ่ายโอนของชั้นเอาต์พุตควรทราบขอบเขตที่ต้องการและลักษณะของข้อมูลเอาต์พุต รวมไปถึงความเป็นเชิงเส้นหรือไม่เป็นเชิงเส้น ฟังก์ชันถ่ายโอนที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่ 4 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ Hard limit ,Log-sigmoid, Tan-sigmoid ,Linear ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 – รูปที่ 4.11 ตามลำดับ



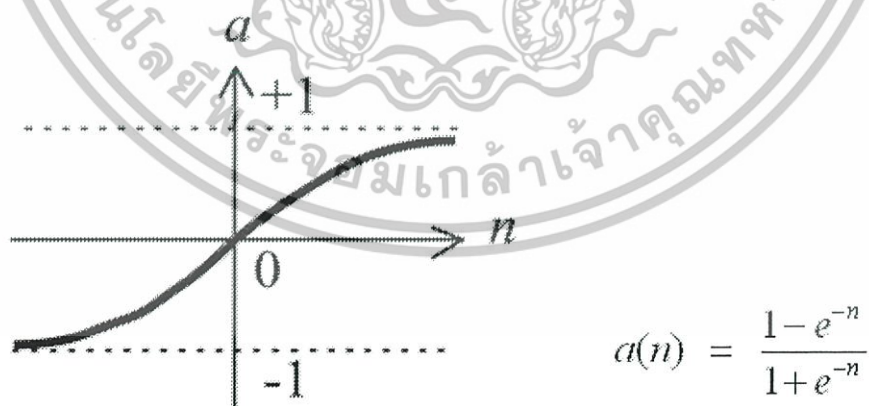
รูปที่ 4.8 Hard limit Transfer function



รูปที่ 4.9 Linear Transfer Function



รูปที่ 4.10 Log-Sigmoid Transfer Function

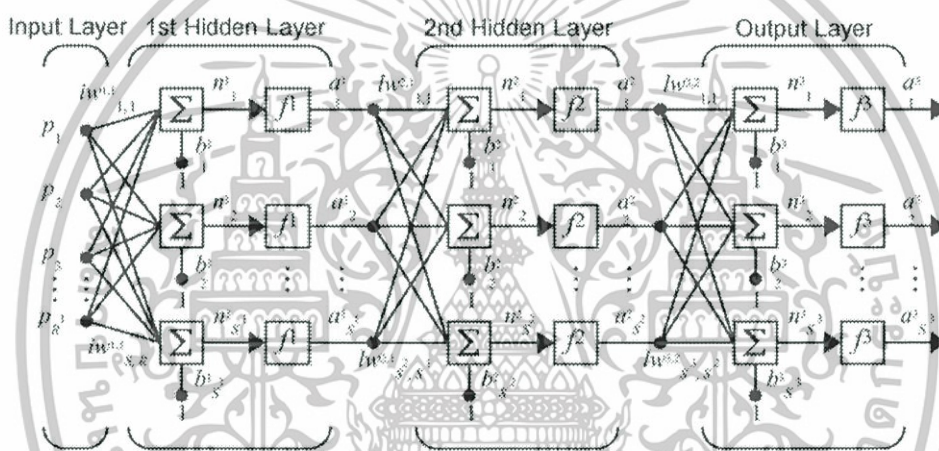


รูปที่ 4.11 Tan-Sigmoid Transfer Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีหลายชั้นที่ใช้การเรียนรู้แบบแพร่ย้อนกลับ(Multilayer Feedforward Back-propagation Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าที่มีหลายชั้นจะประกอบไปด้วย ชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นซ่อน(Hidden Layer) และชั้นเอาต์พุต (Output Layer) การเชื่อมต่อในแต่ละชั้นจะเชื่อมต่อแบบถึงกันหมด(Fully Connected) ทำให้สัญญาณข้อมูลเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวไปข้างหน้า(Feedforward) จากอินพุตไปสู่ชั้นเอาต์พุต (Output Layer) ฟังก์ชันถ่ายโอนที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับนี้จะใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบ Linear , Log-Sigmoid และ Tan-Sigmoid เป็นต้น



รูปที่ 4.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าแบบแพร่ย้อนกลับ 2 ชั้นซ่อน

ผลตอบที่ออกมาจากชั้นเอาต์พุตจะถูกเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่กำหนดโดยผู้สอนเพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (error) จากนั้นปริมาณการปรับแต่งค่าน้ำหนักของแต่ละขั้วสัญญาณเข้าของแต่ละเซลล์ประสาทเทียมในชั้นเอาต์พุตก็就会被คำนวณขึ้น โดยดูจากความคลาดเคลื่อนและค่าของสัญญาณที่วิ่งเข้ามาทางขั้วเข้านั้นๆ ประกอบกันไปในชั้นตอนต่อไป จะเป็นการคำนวณปริมาณการปรับค่าน้ำหนักที่ขั้วสัญญาณของแต่ละเซลล์ประสาทเทียม ในชั้นซ่อนต่างๆ แต่เนื่องจากไม่สามารถกำหนดค่าเป้าหมายของผลตอบจากเซลล์ประสาทเทียมในชั้นซ่อนได้ ความคลาดเคลื่อนของเซลล์ประสาทเทียมในชั้นซ่อนจึงถูกมองว่า เป็นการไหลย้อนกลับของความคลาดเคลื่อนออกมาจากเซลล์ประสาทเทียมต่างๆ ของชั้นเอาต์พุตหลังจากการรวบรวมค่าความคลาดเคลื่อนที่ไหลย้อนกลับมาแล้ว หลักการคำนวณปริมาณการปรับแต่งค่าน้ำหนักในเซลล์ประสาทเทียมของชั้นซ่อนต่างๆ ก็ให้หลักการเดียวกับชั้นเอาต์พุตคือ ดูจากผลรวมความคลาดเคลื่อนที่ไหลย้อนกลับมาไปยังเซลล์ประสาทเทียมตัวนั้นๆ ประกอบกับค่าของสัญญาณเข้าที่วิ่งผ่าน

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่สามารถคัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6. กฎการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับด้วย Levenberg- Marquardt Algorithm

Levenberg-Marquardt Algorithm เป็นการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับที่ปรับปรุงมาจากวิธี Gauss – Newton สาเหตุที่เลือกใช้ Levenberg-Marquardt Algorithm เนื่องจากมีขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและไบแอสที่มีประสิทธิภาพที่สุดรวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆและเหมาะกับโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวนตัวแปรขนาดกลางโดยวิธีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอสสามารถทำได้ดังนี้

$$x_{k+1} = x_k + \Delta x = x_k + [J^T \cdot J + \mu I]^{-1} \cdot g \quad (4.6)$$

$$g = J^T \cdot e \quad (4.7)$$

โดยที่ x คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก(w) และค่าไบแอส (b)
 J คือ จาคอบีเยนเมตริกซ์ (Jacobian matrix) ของอนุพันธ์ของค่าผิดพลาด(แต่ละค่า) ต่อค่า x (แต่ละค่า)
 g คือ Gradient factor J^T คือ Transpose matrix ของ J
 e คือ เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error) ระหว่างคำตอบ (Target, t) กับค่าที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ (Answer, a)
 μ คือ Mu factor
 I คือ Identity matrix

$$\text{จาคอบีเยนเมตริกซ์ของค่า (W) } J(W) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,1}} & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,2}} & \dots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,s^2}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,1}} & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,2}} & \dots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,s^2}} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial e_{s^3}}{\partial w_{s^3,1}} & \frac{\partial e_{s^3}}{\partial w_{s^3,2}} & \dots & \frac{\partial e_{s^3}}{\partial w_{s^3,s^2}} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

$$\text{จาคอบีเยนเมตริกซ์ของค่า (b) } J(W) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial b_1} \\ \frac{\partial e_2}{\partial b_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{s^3}}{\partial b_{s^3}} \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{s^3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_1 - a_1 \\ t_2 - a_2 \\ \vdots \\ t_{s^3} - a_{s^3} \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

4.7 กระบวนการ Normalization ชุดข้อมูลฝึกสอน[10]

การทำ Normalization ชุดข้อมูลด้านเข้าและด้านออกนั้นจะต้องทำก่อนกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อให้ข้อมูลอยู่บนพื้นฐานเดียวกันหรือหน่วยเดียวกันของการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution curve) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ($\mu = 0$) และความแปรปรวนเท่ากับหนึ่ง ($\sigma = 1$) สำหรับจำนวนชุดข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมด ถ้าแต่ละชุดข้อมูลด้านเข้าหรือด้านออกประกอบด้วยข้อมูล "n" ชุดข้อมูล (X_1, X_2, \dots, X_N) ดังนั้นจะสามารถ Normalization ได้ตามสมการที่ (4.11) และสมการที่ (4.12)

ถ้า $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix}$, $\mu_x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$ และถ้า $Y = \begin{bmatrix} x_1 - \mu_x \\ x_2 - \mu_x \\ \vdots \\ x_N - \mu_x \end{bmatrix}$, $\mu_y = 0$ (4.11)

โดยที่

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{n}}$$

ถ้า $Z = \begin{bmatrix} \frac{y_1}{\sigma_y} \\ \frac{y_2}{\sigma_y} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{y_N}{\sigma_y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(x_1 - \mu_x)}{\sigma_y} \\ \frac{(x_2 - \mu_x)}{\sigma_y} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{(x_N - \mu_x)}{\sigma_y} \end{bmatrix}$, $\mu_z = 0$, $\sigma_z = 1$ (4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทำการ Normalization ด้วยสมการที่ 4.11 และ 4.12 แล้ว เราก็อาจจะต้องทำการ Scaling หรือ Bounding ข้อมูลเพื่อให้อยู่ในช่วงของฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมหลังกระบวนการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น

$$\text{โดยที่ } Z = \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ Z_N \end{bmatrix}$$

a และ b อยู่ในช่วงการ Scaling [a, b]

โดยเรากำหนดให้

Mx = ค่าสูงสุดของการ Normalization Matrix [Z]

Mn = ค่าต่ำสุดของการ Normalization Matrix [Z]

ซึ่งเราสามารถหาค่าคงที่ aw และ bw ได้จากสมการข้างล่าง

$$aw = \frac{b-a}{mx-mn} \quad (4.13)$$

$$bw = b - aw \cdot mx \quad (4.14)$$

$$\text{และค่าเอาต์พุตที่ได้หลังจาก Scaling} = aw \cdot Z_i + bw \text{ สำหรับ } i=1,2,\dots,n \quad (4.15)$$

4.7.1 วิธีการ Unnormalization และการ Unbounding ของข้อมูลชุดทดสอบ และชุดฝึกสอน

ในระหว่างกระบวนการฝึกสอนค่าน้ำหนักและค่าไบอัสจะถูกปรับเปลี่ยนในทุกรอบการเรียนรู้ดังนั้นเพื่อที่จะได้ชุดของค่าน้ำหนัก และค่าไบอัสสุดท้ายที่ดีที่สุด ในระหว่างการฝึกสอนก็จะเลือกค่าน้ำหนัก และค่าไบอัสที่ทำให้ค่า Sum-of -Square Error ที่เกิดขึ้นจากค่าเอาต์พุตเป้าหมาย และข้อมูลด้านออกของตัวแปรด้านออกของโครงข่ายประสาทเทียมมีค่าต่ำสุด ซึ่งค่าเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมแต่ละค่าก็สามารถหาค่าจริงได้ด้วยการ Unscaling และ Unnormalization ได้ดังสมการข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = \begin{bmatrix} \frac{o_1 - bw}{aw} \\ \frac{o_2 - bw}{aw} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{o_N - bw}{aw} \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

$$Q = \begin{bmatrix} L_1 \cdot \sigma_Y + \mu_X \\ L_2 \cdot \sigma_Y + \mu_X \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ L_N \cdot \sigma_Y + \mu_X \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

4.8 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม (Generalization of Neural Networks)

1. การเลือกตัวแปรอินพุต(The Selection of Input Features)

การเลือกตัวแปรอินพุตมีความสำคัญคือถ้ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรของเอาต์พุต จะทำให้ภายหลังการเรียนรู้ ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมจะดีขึ้น การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation coefficient) หรือ การใช้วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principle component analysis; PCA)

2. การจัดระเบียบข้อมูลในการฝึกสอน(The Normalization of Training Data)

การจัดระเบียบข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลดิบ(raw data) จะทำให้กระบวนการฝึกสอนเร็วขึ้นและโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพดีขึ้น

3. จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน (The Number of Training Data)

ปริมาณ(quantity)ของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม โดยทั่วไปถ้าใช้ปริมาณข้อมูลฝึกสอนเพิ่มขึ้นจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้และจดจำข้อมูลของปัญหาภายในขอบเขตที่เราศึกษาได้ดีขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมสูงขึ้น

4. การกระจายตัวของข้อมูลฝึกสอน(The Distribution of Training Data)

การกระจาย (distribution) ของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนภายในขอบเขตที่ทำการศึกษามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม โดยทั่วไปถ้าใช้ปริมาณข้อมูลฝึกสอนจำนวนหนึ่ง ถ้าข้อมูลฝึกสอนมีการกระจายตัวที่ดีแล้วจะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้และจดจำข้อมูลของปัญหาภายในขอบเขตที่เราศึกษาได้ดีขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมสูงขึ้น การกระจายของข้อมูลฝึกสอนที่ดีควรใช้ Sobol sequences ในการเลือกข้อมูลฝึกสอน

5. โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (The Architectures of Neural Networks)

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมมีผลต่อประสิทธิภาพภายหลังการเรียนรู้ โดยทั่วไป 1 hidden layer สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยทั่วไปได้ ถ้าไม่ได้ก็ต้องเพิ่มเป็น 2 hidden layer ขนาดของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ถ้าใหญ่มาก(จำนวน hidden neurons มาก) จะทำให้เกิดปัญหา over-fitting หรือถ้าเล็กมาก (จำนวน hidden neurons น้อย) จะทำให้เกิดปัญหา under fitting ดังนั้นโครงสร้างที่เหมาะสม (optimal) คือ ไม่เล็กมากหรือใหญ่เกินไป

4.9 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการ generalization ของโครงข่ายประสาทเทียม[10]

1. การกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก (Weights) และค่าไบอัส(Biases)

ค่าเริ่มต้นของ Weights และ Biases มีผลต่อการฝึกสอน โดยปกติจะใช้ random number ระหว่าง 0 หรือ -1 ถึง 1 ซึ่งโครงสร้างต่างๆของโครงข่ายประสาทเทียมควรใช้ค่าเริ่มต้น Weights และ Biases หลายๆครั้ง แล้วเลือกครั้งที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นออกมา ซึ่งค่าเริ่มต้นนี้มีผลต่อการเข้าใกล้ local หรือ global minimum ของคำตอบของโครงข่ายประสาทเทียม

2. การเลือกใช้อัลกอริทึม(Algorithm) ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส

อัลกอริทึมที่ใช้ในการปรับค่า Weights และ biases นั้นมีหลายประเภทต่างๆ เช่น ใน Back propagation(BP) จะมี gradient descent, Lavenberg- Marquardt, Conjugate Gradient, Newton, Quasi-Newton เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาและวิจัยในงานต่างๆสามารถนำมาใช้และเปรียบเทียบ speed และ accuracy ได้และเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับงานประเภทนั้นๆ

3. จำนวนรอบที่ใช้ในการฝึกสอน (iterations or epochs)

จำนวนรอบการฝึกสอน หมายถึงการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัสออกมาหนึ่งค่าจากการสุ่มเลือก หลังจากนั้นทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส จำนวนรอบในการฝึกสอนนั้นยังใช้จำนวนรอบสูงแล้ว โดยเฉลี่ยค่า SSE(Sum of Square Error) หรือ ค่า MSE (Mean Square Error) ของการฝึกสอนจะมีค่าลดลงเข้าใกล้ศูนย์นั่นคือ โครงข่ายประสาทเทียมจะมีการเรียนรู้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนนิเวรอลในชั้นซ่อนและจำนวนชั้นซ่อน

จำนวนของนิเวรอลในชั้นซ่อนและจำนวนชั้นซ่อนที่ใช้การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะมีผลต่อประสิทธิภาพ ภายหลังจากการเรียนรู้มากขึ้น โครงสร้างที่ใช้ควรเหมาะสมคือไม่เล็กไปหรือใหญ่เกินไป ถ้าโครงสร้างยิ่งใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้และจดจำข้อมูลจะใช้เวลามากขึ้นด้วย

5. การเลือกทรานเฟอร์ฟังก์ชันหรือฟังก์ชันกระตุ้น

ชนิดของทรานเฟอร์ฟังก์ชันหรือฟังก์ชันกระตุ้นที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมภายหลังจากการเรียนรู้ เราสามารถนำทรานเฟอร์ฟังก์ชัน ชนิดต่างๆ มาศึกษาและเปรียบเทียบกันได้ว่าชนิดใดเหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

6. ความชันของทรานเฟอร์ฟังก์ชัน

ความชันของทรานเฟอร์ฟังก์ชันมีผลต่อการเรียนรู้และจดจำของโครงข่ายประสาทเทียมตลอดจนเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนด้วย โดยเฉพาะทรานเฟอร์ฟังก์ชันประเภท log-sigmoid หรือ tan-sigmoid การปรับความชันจะมีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมภายหลังจากการเรียนรู้แล้ว

4.10 ประโยชน์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

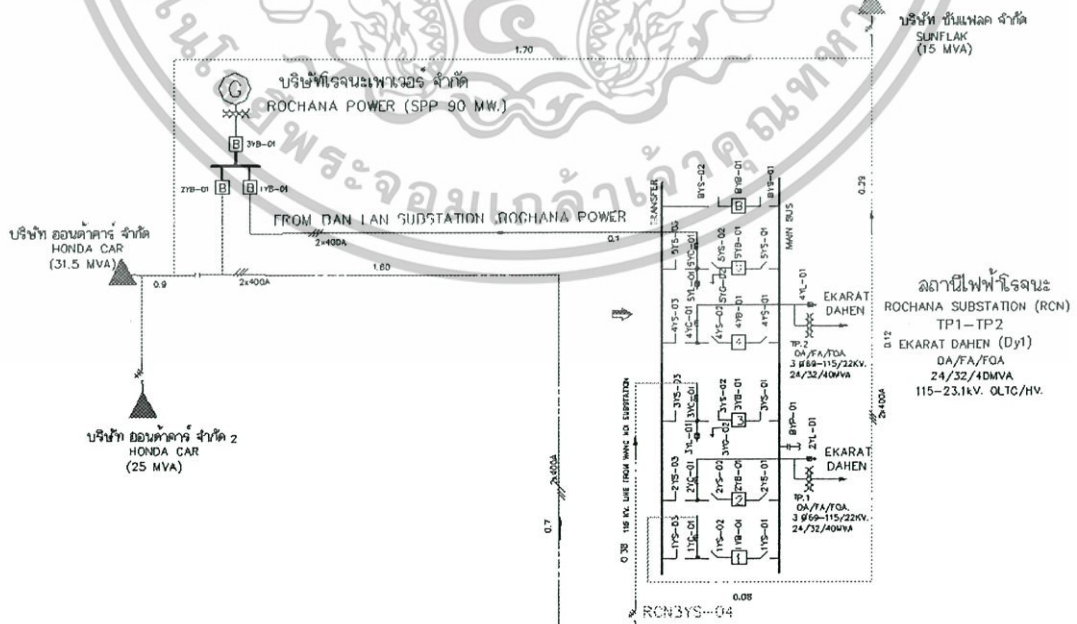
1. เกิดข้อผิดพลาดได้ยาก (Fault Tolerance) หากระบบโครงข่ายประสาทเทียมประกอบไปด้วยโครงข่ายที่ใช้ในการประมวลผลมากมายหลายโครงข่าย ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากเพียงหนึ่งหรือสองโครงข่ายจะไม่ทำให้ทั้งระบบเกิดข้อผิดพลาดได้
2. ความสามารถในการหาเหตุผล (Generalization) เมื่อระบบโครงข่ายประสาทเทียมได้รับข้อมูลนำเข้าที่ไม่ครบถ้วนหรือไม่เพียงพอต่อการหาข้อสรุป หรือได้รับข้อเท็จจริงที่ไม่เคยได้รับมาก่อน ระบบจะสามารถลำดับการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงจนสามารถให้ข้อสรุปและเหตุผลได้
3. ความสามารถในการปรับเปลี่ยน (Adaptability) โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้สภาพแวดล้อมใหม่ได้ ดังนั้นเมื่อมีเหตุการณ์ใหม่ๆ เข้าสู่ระบบก็จะสามารถปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงองค์ความรู้ให้ทันสมัยตามเหตุการณ์ใหม่นั้น
4. ความสามารถในการพยากรณ์ (forecasting Capability) โครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำข้อมูลทางสถิติเดิมที่มีอยู่ในระบบ มาใช้คาดการณ์หรือพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตได้

บทที่ 5

การนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ทำนาย ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

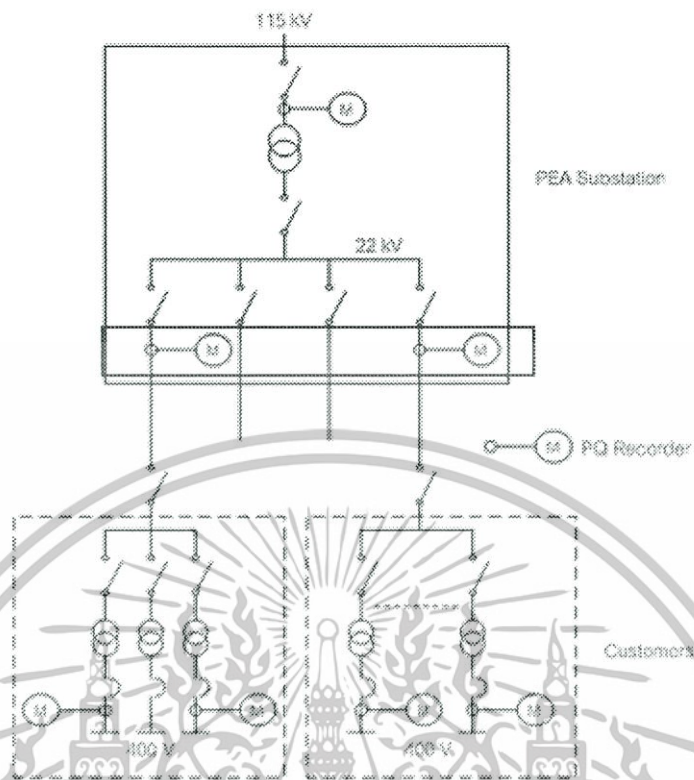
5.1 ระบบไฟฟ้าที่นำมาศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยได้เลือกทดสอบวิเคราะห์คุณภาพและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า ในระบบจำหน่ายทางด้านระบบจำหน่าย 22 kV Bay 1(RCN 01-05) สถานีไฟฟ้าโรงนะ ของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(PEA) เขต 1 (ภาคกลาง) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาทำการทดสอบซึ่งเป็นสถานีไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าอยู่ในเขตอุตสาหกรรม ซึ่งระยะเวลาการเก็บข้อมูลทั้งคุณภาพและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2546 จนถึง วันที่ 31 ตุลาคม 2548 โดยทำการติดตั้งเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ของบริษัท UNIPOWER รุ่น Unilyzer902 ติดตั้งทางด้านหลังหม้อแปลง 115 kV /22 kV ของสถานีไฟฟ้าโรงนะ และข้อมูลทีวัดจากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้ารุ่น Unilyzer902 นั้นผู้วิจัยจะดาวน์โหลดมาจากโปรแกรม PQSecure ซึ่งภายในโปรแกรม PQSecure จะประกอบไปด้วยข้อมูลทางด้านแรงดันไฟฟ้า(Voltage) กระแสไฟฟ้า(Current) ฮาร์มอนิกส์(Harmonic) ไฟกระพริบ(Flicker) แรงดันไฟฟ้าต่ำเกินชั่วขณะ(Voltage Sag/Swell) กำลังทางไฟฟ้า(Power) เป็นต้น



รูปที่ 5.1 Single line diagram ของสถานีไฟฟ้าโรงนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัด PQ Recorder ทางด้านระบบจำหน่าย 22kV



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างการติดตั้งเครื่องวัด Unilizer902

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในโครงข่ายประสาทเทียม

ข้อมูลที่รวบรวมมาจากสถานีไฟฟ้าโรจนะทางด้านแรงต่ำนั้น เป็นข้อมูลที่เก็บมาจากเครื่องวัด Unilizer902 ซึ่งจะวัดและบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาทีในแต่ละวัน ข้อมูลที่เก็บมานั้นจะมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งการรวบรวมรวมข้อมูลนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ดังต่อไปนี้

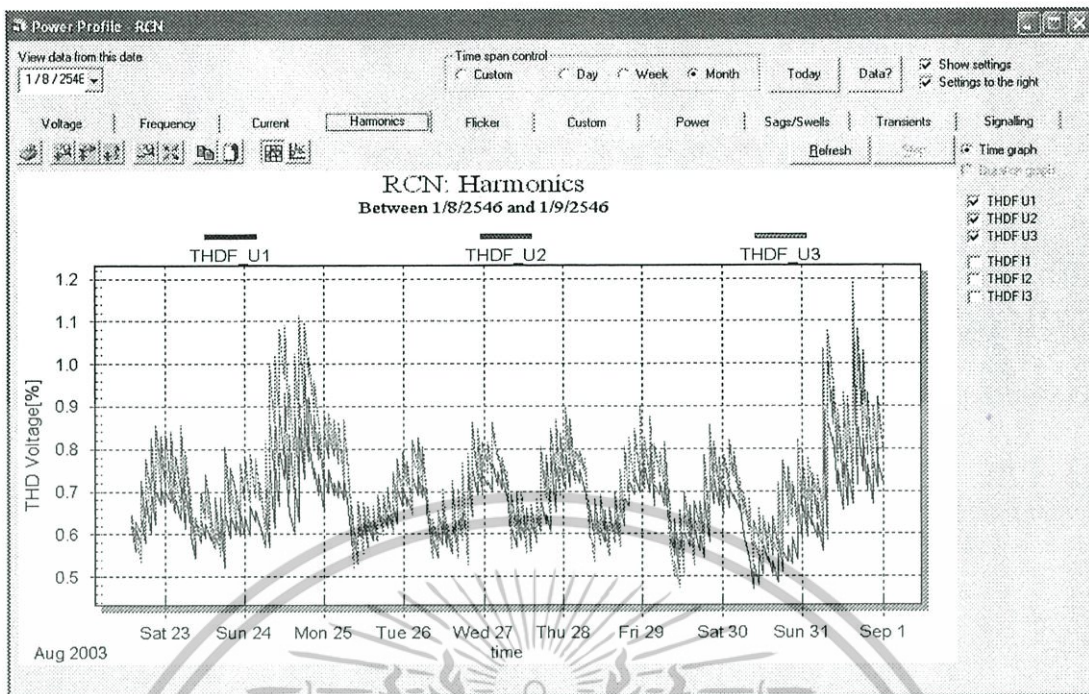
5.2.1 ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า

5.2.2 ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

5.2.1 ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า

ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่ได้มาจากเครื่องวัดรุ่น Unilizer 902 นั้น มีหลายประเภทด้วยกัน โดยจะต้องทำการดาวโหลดมาจากโปรแกรม PQ-Secure ซึ่งเป็นโปรแกรมที่บันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า ภายในโปรแกรม PQ-Secure จะบันทึกและเก็บค่าข้อมูลในทุกๆ 10 นาทีในแต่ละวัน ซึ่งระยะเวลาการเก็บข้อมูลนั้นตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2546 จนถึง วันที่ 31 ตุลาคม 2548 ซึ่งเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และการนำไปใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 12 ประเภทด้วยกันซึ่งประกอบไปด้วย

1. แรงดันทางไฟฟ้า(Voltage)
2. กระแสไฟฟ้า(Current)
3. ความถี่ทางไฟฟ้า(Frequency)
4. กำลังทางไฟฟ้า(Power)
5. มุมของฮาร์โมนิกกระแสและแรงดัน(Angle Harmonic current/Voltage)
6. ฮาร์โมนิก UI(Individual harmonic)
7. ฮาร์โมนิก THD(Total harmonic distortion)
8. กำลังของฮาร์โมนิก(Power harmonic)
9. ไฟกระพริบ(Flicker)
10. แรงดันตกชั่วขณะและแรงดันเกินชั่วขณะ(Voltage sag/swell)
11. ทรานเซียนต์(Transient)
12. ดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า(Power Quality indices)



รูปที่ 5.4 ลักษณะของโปรแกรม PQ-Secure ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้า

เมื่อเราทำการแบ่งประเภทของข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้ามาแล้วทั้ง 12 ประเภทเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยก็จะนำข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่ได้ทั้ง 12 ประเภทไปใช้ในการคัดเลือกตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตในหัวข้อถัดไป ในตารางที่ 5.1 เป็นตารางแสดงประเภทของข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าซึ่งจะประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูลที่อ่านค่าได้เครื่องวัด Unilizer902

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของ Database ของเครื่องวัด Unilizer902 [3]

ที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
1	CVTable	จัดเก็บค่าแรงดันเฟส กระแส
2	EventTable	จัดเก็บเหตุการณ์ผิดปกติ
3	FrequencyTable	จัดเก็บความถี่
4	HarmonicsPhaseI1	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของกระแสเฟส1 order 1-50
5	HarmonicsPhaseI2	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของกระแสเฟส2 order 1-50
6	HarmonicsPhaseI3	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของกระแสเฟส3 order 1-50
7	HarmonicsPhaseI4	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของกระแสเฟส4 order 1-50
8	HarmonicsPhaseU1	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของแรงดันเฟส1 order 1-50
9	HarmonicsPhaseU2	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของแรงดันเฟส2 order 1-50
10	HarmonicsPhaseU3	จัดเก็บฮาร์โมนิกสัมมของแรงดันเฟส3 order 1-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 รายละเอียดของ Database ของเครื่องวัด Utilizer902 (ต่อ)

ที่	ชื่อตาราง	คำอธิบาย
11	HarmonicsPhaseU4	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์มุมของแรงดันเฟส4 order 1-50
12	HarmonicsTHD	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์รวม
13	HarmonicsUI1	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์แรงดันและกระแสเฟส1 order 1-50
14	HarmonicsUI2	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์แรงดันและกระแสเฟส2 order 1-50
15	HarmonicsUI3	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์แรงดันและกระแสเฟส3 order 1-50
16	HarmonicsUI4	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์แรงดันและกระแสเฟส4 order 1-50
17	LanguageTable	จัดเก็บภาษาที่มีในการแสดงผลในซอฟต์แวร์
18	LanguageTextTable	จัดเก็บ Label ของแต่ละภาษาในการแสดงผล
19	License	จัดเก็บ license ของเครื่องวัด
20	MeasureTable	จัดเก็บชื่อมิเตอร์
22	PLTTable	จัดเก็บค่าแรงดันกระเพื่อมแบบ Long term
23	PowerHarmonics1	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์กำลังเฟส1 order 1-50
24	PowerHarmonics2	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์กำลังเฟส2 order 1-50
25	PowerHarmonics3	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์กำลังเฟส3 order 1-50
26	PowerHarmonicsTotal	จัดเก็บฮาร์โมนิกส์กำลังรวม order 1-50
27	PowerTable	จัดเก็บกำลังไฟฟ้า
28	PSTTable	จัดเก็บค่าแรงดันกระเพื่อมแบบ Short term
29	ReportLimits	จัดเก็บค่าลิมิตต่างๆตาม EN50160
30	SagSwellTable	จัดเก็บเหตุการณ์ผิดปกติที่เป็น Sag/Swell รูปคลื่น RMS
31	TransientTable	จัดเก็บเหตุการณ์ผิดปกติที่เป็น Transient รูปคลื่น Sine

หมายเหตุ : รายละเอียดของข้อมูลสามารถศึกษาได้จากโปรแกรม PQSecure (ภาคผนวก)

ตารางที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการวัดข้อมูลทางไฟฟ้าประเภท HarmonicsTHD ของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส 4 สาย

เครื่องวัด	เวลาที่ตรวจวัด	THDF-U1	THDF-U2	THDF-U3	THDF-U4	THDFI-1	THDFI-2	THDFI-3	THDFI-4	THDR-U1	THDR-U2	THDR-U3	THDR-U4
2	22/8/2003 13:50	0.61	0.64	0.605	3.235	1.005	1.125	1.02	37.68	0.61	0.64	0.605	3.235
2	22/8/2003 14:00	0.575	0.62	0.59	3.215	1.01	1.125	1.035	43.955	0.575	0.62	0.59	3.215
2	22/8/2003 14:10	0.57	0.61	0.58	3.255	1.06	1.165	1.055	38.58	0.57	0.61	0.58	3.255
2	22/8/2003 14:20	0.575	0.63	0.585	3.205	1.09	1.22	1.085	54.735	0.575	0.63	0.585	3.205
2	22/8/2003 14:30	0.56	0.59	0.575	3.18	0.985	1.115	1	71.585	0.56	0.59	0.575	3.175
2	22/8/2003 14:40	0.57	0.585	0.575	3.28	0.975	1.085	0.97	66.465	0.57	0.585	0.575	3.275
2	22/8/2003 14:50	0.57	0.575	0.57	3.24	0.96	1.075	0.94	28.94	0.57	0.575	0.57	3.24
2	22/8/2003 15:00	0.58	0.61	0.61	3.245	0.96	1.16	1.015	79.675	0.58	0.61	0.61	3.245
2	22/8/2003 15:10	0.62	0.645	0.635	3.335	0.985	1.205	1.055	64.035	0.62	0.645	0.635	3.335
2	22/8/2003 15:20	0.6	0.625	0.6	3.295	0.985	1.115	1.005	67.35	0.6	0.625	0.6	3.29
2	22/8/2003 15:30	0.595	0.62	0.57	3.21	1.01	1.13	0.98	58.85	0.595	0.62	0.57	3.21
2	22/8/2003 15:40	0.595	0.615	0.54	3.19	1.015	1.13	0.98	62.405	0.595	0.615	0.54	3.19

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้จากตารางเป็นค่าของ HarmonicsTHD ของแรงดันและกระแสไฟฟ้าเป็นค่า RMS ของกระแสและแรงดันซึ่งมีหน่วยเป็น(%) สูตรที่ใช้ในการคำนวณ (สมการ 2.1) โดยจากตารางนั้นเป็นระบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่ง เฟส 4 นั้นเป็นการวัดที่สายนิวทรัล(Neutral)นั่นเอง ซึ่งจะใช้ออกกำหนดกฎเกณฑ์ฮาร์มอนิกเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม (PRC-PQG-01/1998) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาขีดจำกัดความเพี้ยนฮาร์มอนิกซึ่งไม่มีขีดของแรงดันและกระแสค่าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใดๆที่จุดต่อร่วม(Point of Common Coupling : PCC)

ตารางที่ 5.3 แสดงตัวอย่างการวัดข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทแรงดันและกระแสไฟฟ้าเฟส 1-3

เครื่องวัด	วัน/เดือน/ปี/เวลา	U1AVG	U1min	U1max	U2AVG	U2min	U2max	U3AVG	...	UngAVG	Inavg	Inmin	Inmax
2	1/1/2005 0:00	12889.14	12849.54	12955.14	12988.13	12955.14	13040.93	12994.73	...	85.7956	8.598416	7.240772	10.40861
2	1/1/2005 0:10	12915.54	12869.34	12981.53	13014.53	12981.53	13073.93	13014.53	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 0:20	12928.74	12842.94	13047.53	13027.73	12981.53	13106.93	13034.33	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 0:30	12935.34	12889.14	13034.33	13034.33	12988.13	13100.33	13034.33	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 0:40	12961.74	12928.74	13040.93	13060.73	13027.73	13113.53	13067.33	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 0:50	12974.94	12941.94	13040.93	13067.33	13040.93	13120.13	13073.93	...	85.7956	8.598416	6.788224	9.956061
2	1/1/2005 1:00	12974.94	12928.74	13060.73	13073.93	13040.93	13139.93	13080.53	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 1:10	12994.73	12941.94	13080.53	13093.73	13054.13	13159.73	13100.33	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061
2	1/1/2005 1:20	12968.34	12935.34	13034.33	13067.33	13034.33	13113.53	13073.93	...	85.7956	8.598416	7.240772	10.40861
2	1/1/2005 1:30	12968.34	12856.14	13054.13	13060.73	13014.53	13133.33	13067.33	...	85.7956	8.598416	6.788224	9.956061
2	1/1/2005 1:40	12974.94	12922.14	13040.93	13073.93	13021.13	13113.53	13080.53	...	85.7956	8.598416	7.240772	9.956061

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากตารางนั้นเครื่องวัดจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในทุกๆ 10 นาทีและแสดงผลข้อมูลออกมา 3 ค่า คือ Min ,Avg,Max ในแต่ละเฟส(เฟส 1-3) ซึ่งจะเห็นว่า

ค่าที่มีเทอร์วดอกมาได้นั้น ข้อมูลของแรงดันและกระแสไฟฟ้ามันจะคิดเป็นต่อเฟส ($V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}}, I_L = I_p$) ซึ่งเมื่อพิจารณาแรงดันอ้างอิงมันจะเห็นว่า ระดับแรงดันอ้างอิงนั้นทางการไฟฟ้าจะทำการเช็คค่าแรงดันให้อยู่ในช่วง $\pm 10\%$ (ถ้าเช็คค่าต่ำเกินไปจะทำการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าหรือปรับค่าแรงดันไฟฟ้าตามมาก)

5.2.2 ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

ในส่วนของข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้ใช้ Reliability Program เพื่อช่วยในการเก็บข้อมูลเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้องและการขอตัดไฟ เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูล โดยในโปรแกรมจะสามารถแยกสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ไฟฟ้าดับ สามารถรองรับการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า โดยในส่วนของข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้น ทางผู้วิจัยจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ข้อมูลการเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ในข้อมูลการเกิดไฟฟ้าขัดข้องนั้นจะประกอบไปด้วย วัน/เดือน/ปี ที่เกิดไฟฟ้าดับ, เวลาที่เกิดไฟดับ, รหัสอุปกรณ์ที่ทำงาน, บริเวณที่เกิดไฟดับ, จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบ, ระยะเวลา, สาเหตุที่ไฟฟ้าดับ, สภาพอากาศ, วิธีการแก้ไข และอื่นๆ ซึ่งสามารถนำมาคำนวณเป็นค่าดัชนีต่างๆ ได้แก่ SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI ซึ่งตัวอย่างของข้อมูลการเกิดไฟฟ้าขัดข้องนั้น สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 5.4 เป็นข้อมูลความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าประเภทการเกิดไฟฟ้าขัดข้อง

2. ข้อมูลการเกิดไฟฟ้ากระพริบ เนื่องจากอุตสาหกรรมมีด้วยกันหลายประเภท บางประเภทอุตสาหกรรม จะได้รับความเสียหายเนื่องจากระยะเวลาที่ไฟฟ้าดับเพราะถ้าไฟฟ้าดับนานมากเท่าไร ผลผลิตที่ควรผลิตได้ในช่วงระยะเวลาไฟดับก็ไม่ได้ผลิต ทำให้เกิดความเสียหายในผลผลิตที่ผลิตไม่ได้ ซึ่งดัชนีที่ใช้เป็นตัวชี้วัดการเกิดไฟฟ้ากระพริบนั้นได้แก่ ดัชนี MAIFI เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างข้อมูลการเกิดไฟฟ้ากระพริบ สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 5.5 ซึ่งเป็นข้อมูลความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าประเภทการเกิดไฟฟ้ากระพริบ

ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างข้อมูลทางด้านความเสียหายที่เกิดจากไฟฟ้า(การเกิดไฟฟ้าขัดข้อง)

PeaCode	Br_name	FeederCod	KnowCaus	DateOutage	weather	typename	causedata	HwName	HwAction	TotalTime	AllCustom	T*AllCus
701101	กฟผ.อยุธยา	RCN01	TRUE	13-พ.ค.-03	อากาศ ปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT00 ไม่มีการ ชำรุด	5	6	30
701101	กฟผ.อยุธยา	RCN01	FALSE	29-ก.ย.-03	ฝนตก ฟ้าคะนอง	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT อื่นๆ	34	6	204
701101	กฟผ.อยุธยา	RCN02	TRUE	13-พ.ค.-03	อากาศ ปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT00 ไม่มีการ ชำรุด	5	10	50
701101	กฟผ.อยุธยา	RCN02	FALSE	5-ธ.ค.-03	อากาศ ปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT อื่นๆ	16	10	160
701101	กฟผ.อยุธยา	RCN02	FALSE	29-ก.ย.-03	ฝนตก ฟ้าคะนอง	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT อื่นๆ	34	10	340

ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(การเกิดไฟฟ้ากระพริบ)

DateOutage	whether	typename	causedata	HwName	HwAction	TotalTime	AllCustom	T*AllCus
24-ก.ค.-04	อากาศปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT	0	24	0
12-ม.ค.-04	ฝนตก	ภัยธรรมชาติ	พายุ/ติปรสชั่น/ไต้ฝุ่น	สาย	LN00	0	31	0
7-ก.ค.-04	อากาศปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT00	0	31	0
7-ก.ค.-04	ฝนตก สมแรง	อื่นๆ	อื่นๆ	สาย	LN01	0	31	0
18-ก.ย.-04	อากาศปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT	0	31	0
20-เม.ย.-04	อากาศชื้น,หมอก	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT	0	31	0
20-เม.ย.-04	อากาศชื้น,หมอก	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT	0	31	0
12-ม.ค.-04	ฝนตก	ภัยธรรมชาติ	พายุ/ติปรสชั่น/ไต้ฝุ่น	สาย	LN00	0	9	0
3-ต.ค.-04	อากาศปกติ	อื่นๆ	อื่นๆ	อื่นๆ	OT	0	9	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ไปใช้งาน

5.3.1 ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า

จากตารางที่ 5.2-5.3 จะเห็นว่าเครื่องวัดที่วัดออกมา จะทำการวัดและบันทึกค่าทุกๆ 10 นาทีในแต่ละวัน ในการแปลงข้อมูลนั้นผู้วิจัยจะทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลออกมาเป็นรายเดือน เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากสมการที่ (5.1)

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5.1)$$

เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X คือ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างข้อมูลคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทมุมฮาร์โมนิกสี่กระแส ในช่วงเดือนมกราคม

เครื่องวัด	วัน/เดือน/ปี/เวลา	AI4-1	AI4-2	AI4-3	.....	AI4-12	AI4-13
2	1/1/2005 0:00	150.1	-148.6	-22.54	.....	150.42	-130.96
2	1/1/2005 0:10	150.54	127.84	-19.22	.....	119.32	-139.54
2	1/1/2005 0:20	147.62	18.86	-29.58	.....	93.56	-91.16
2	1/1/2005 0:30	150.18	-118.32	-33.82	.....	73.18	-128.58
2	1/1/2005 0:40	149.02	61.84	-37.8	.....	27.2	-155.36
.
.
.
2	31/1/2005 23:20	165.6	150.54	176.34	.....	-156.52	-82.12
2	31/1/2005 23:30	164.96	94.88	172.48	.....	-148.34	-74.12
2	31/1/2005 23:40	165.24	117.6	178.8	.....	-165	-85.3
2	31/1/2005 23:50	166.1	124.88	-173.34	.....	147.56	-99.24

คำนวณค่า AI4-1 ได้จาก
$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$= \frac{(150+150.54+\dots+164.96+166.1)}{4464} = 78.40$$

ดังนั้นจะได้ค่า AI4-1 ในเดือนมกราคมปี 2005 ได้เท่ากับ 78.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ตัวอย่างการแปลงค่าข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทมุม Harmonic Current Phase 4 จากระายวันเป็นรายเดือน

เดือน	ปี	AI4-1	AI4-2	AI4-3	AI4-4	AI4-5	AI4-6	AI4-7	AI4-8	AI4-9	AI4-10	AI4-11	AI4-12	AI4-13
สิงหาคม	2003	31.36597	73.56267	61.126249	63.15576	48.50666	34.13026	43.61683	-37.5938	-90.166	-10.4848	-23.4939	21.55248	26.2196
กันยายน	2003	105.8257	17.34383	105.1251	94.50503	-51.6138	80.97218	104.6352	-93.8243	-23.4504	74.76523	-37.1953	-25.2629	-2.87402
ตุลาคม	2003	99.69853	19.9734	138.4051	43.05556	-2.77475	61.40455	93.0099	69.61107	-112.087	29.43495	-16.6729	12.51949	16.04538
พฤศจิกายน	2003	100.34	27.76373	86.20274	8.695698	-21.201	54.83283	77.32059	-90.1223	-108.392	-1.53887	-28.5444	10.49193	101.8108
ธันวาคม	2003	104.6136	40.73381	63.95954	105.0241	-49.6695	-7.20496	100.9439	-58.9822	-122.775	10.83312	-23.9631	-25.5004	71.31739
มกราคม	2004	-5.28433	8.46948	1.379274	-11.5206	-6.35257	7.923674	12.02388	-0.13323	-10.4689	-3.60604	-1.89089	-3.1413	-3.40762
กุมภาพันธ์	2004	-7.57325	-6.7865	-5.84121	-13.8872	-9.06729	-0.1729	1.460785	0.176466	-1.58829	11.917	-4.34103	0.666006	-0.5865
มีนาคม	2004	42.81942	-20.007	-103.348	-151.262	-87.9082	-22.4551	24.03354	-4.14247	24.99835	107.8439	-43.7828	13.01547	15.94362
พฤษภาคม	2004	145.8683	-14.35	42.71345	98.22412	58.09874	-115.768	-5.40018	66.3119	28.99059	-73.8856	116.8004	-6.84521	-113.813
มิถุนายน	2004	114.7059	39.86561	61.90189	52.61189	51.81918	-42.7506	-21.1466	65.6661	23.77557	-70.0475	106.5928	-15.4626	-82.3844
กรกฎาคม	2004	109.233	-13.093	60.10386	67.17828	82.30262	-21.0201	-26.7976	34.74691	7.628257	-45.1981	94.66991	11.53882	-55.6917
สิงหาคม	2004	119.0871	28.37174	-35.1792	140.5852	122.9404	-78.307	-100.57	-109.014	10.57107	-5.36216	95.04038	-13.8771	-92.4648
กันยายน	2004	139.8757	21.93488	79.31107	74.38378	105.5949	-6.05884	-87.6855	-49.7865	10.02946	-0.54673	80.29752	-9.47451	-24.2721
ตุลาคม	2004	154.2459	-12.4137	7.377908	6.962343	123.2406	85.31827	-110.305	0.8869	-8.63322	27.22443	98.13841	-18.5469	-78.4877

ตารางที่ 5.7 ตัวอย่างการแปลงค่าข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทฮาร์มอนิก Harmonic Current Phase 4 จากรายวันเป็นรายเดือน (ต่อ)

เดือน	ปี	AI4-1	AI4-2	AI4-3	AI4-4	AI4-5	AI4-6	AI4-7	AI4-8	AI4-9	AI4-10	AI4-11	AI4-12	AI4-13
พฤศจิกายน	2004	-60.8899	15.02263	33.25939	-63.2913	97.23788	8.860037	-26.2512	18.77644	14.75763	60.1189	85.66728	13.87551	-86.4529
ธันวาคม	2004	-151.074	64.14383	9.626714	-21.1357	131.5075	57.75772	-27.1472	-64.2162	-14.9736	-39.2059	111.9513	-4.17541	-127.79
มกราคม	2005	78.40125	62.46069	82.7714	-22.5292	10.40939	-69.0622	28.2039	-72.0683	-10.5755	44.75056	110.8912	-0.49309	-100.676
กุมภาพันธ์	2005	124.9185	0.510322	-57.5906	57.37443	44.66702	-0.86219	-76.9723	-19.006	17.40425	10.77561	101.5058	-5.09048	-66.1905
มีนาคม	2005	79.01012	-2.91457	36.95976	115.1597	59.83018	-38.1959	-2.38909	-66.6424	8.52333	-0.71895	118.2944	-6.47705	-72.6446
เมษายน	2005	62.89568	-36.5945	46.97806	-9.18898	93.31735	-103.641	36.40019	-33.2237	12.08253	-7.35658	97.98419	-19.761	-65.3387
พฤษภาคม	2005	69.83913	-55.2829	75.38031	25.93202	75.12403	37.82277	-25.8119	-17.5373	15.68943	-17.3641	77.93789	-17.6826	-53.4967
มิถุนายน	2005	102.9517	-131.194	24.67484	-61.7183	72.36807	47.06604	97.04467	-20.6187	21.04544	-26.7644	-0.49825	-79.5569	-77.1521
กรกฎาคม	2005	91.02136	-92.1258	65.97127	-33.8824	23.67123	-35.8358	62.73855	-31.2449	27.69448	-42.6866	56.22593	-47.21	14.44714
สิงหาคม	2005	104.3735	-132.158	57.19594	82.68767	10.56827	-30.3821	51.20488	32.11704	33.55393	-60.458	50.06881	-55.2363	74.27523
กันยายน	2005	54.11629	-89.6866	20.72968	-133.26	-8.02134	38.90145	119.1865	-41.204	46.19457	-27.4692	64.09108	-54.8077	-66.1786
ตุลาคม	2005	94.79626	-91.2991	14.40611	74.03331	20.17637	14.02744	53.89133	31.67074	49.17779	-18.3466	47.18466	-32.9007	-2.68166

หมายเหตุ : จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 5.7 นั้นเป็นการแปลงข้อมูลโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยของฮาร์มอนิกกระแส เฟส 4 (Neutral) ถ้าดัชนีโวลเทจที่ 1-13 ออกมาในแต่ละเดือนจากการวัดข้อมูลทุก ๆ 10 นาที แปลงข้อมูลจากรายวันออกมาเป็นรายเดือน ซึ่งมุมกระแสของฮาร์มอนิกที่สามสามารถบอกได้ถึงทิศทาง การไหลเข้าหรือการไหลออกของฮาร์มอนิกได้

ตารางที่ 5.8 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภทมุมของ Harmonic Voltage phase 2

เดือน	ปี	AU2-1	AU2-2	AU2-3	AU2-4	AU2-5	AU2-6	AU2-7	AU2-8	AU2-9	AU2-10	AU2-11	AU2-12	AU2-13
สิงหาคม	2003	-125.15	-26.745	79.66503	114.2828	40.23234	-77.2557	37.68703	36.52299	-47.6278	42.02352	98.84749	18.57051	-50.359
กันยายน	2003	-124.918	12.30349	82.87559	86.93105	-91.0467	-76.022	125.0076	-19.213	62.39212	26.68045	113.523	28.75258	-8.03995
ตุลาคม	2003	-127.233	22.6668	86.46145	94.6462	-85.9054	-37.9275	120.242	-29.367	98.33885	17.02177	120.6263	3.702213	-24.2972
พฤศจิกายน	2003	-127.447	26.69759	78.79428	96.0867	-100.445	-21.9513	123.0618	-38.5839	94.36269	7.841343	113.6931	-1.25329	-12.9855
ธันวาคม	2003	-126.884	17.86852	85.88355	92.77478	-71.9551	-50.6292	121.0609	-30.5611	35.37535	-24.2324	118.7063	-0.84179	-26.3335
มกราคม	2004	-13.5152	6.422733	12.36097	14.28423	-0.10043	-3.48224	10.27444	-3.69875	0.520641	0.242742	16.72032	0.914825	-6.54054
กุมภาพันธ์	2004	-22.5591	-5.94662	6.114382	10.82171	4.393578	-6.77216	4.064186	-3.56057	-1.68164	1.502222	8.54852	0.554602	-3.90239
มีนาคม	2004	-124.864	-36.1083	77.88663	132.9453	67.47134	-87.3086	45.02617	-31.3566	-42.6441	15.67351	81.28179	16.50078	-24.6993
พฤษภาคม	2004	-119.578	31.67005	138.0945	105.9905	-92.9083	73.90224	120.8852	-39.5319	124.5944	3.388835	131.0286	-7.66665	-15.9696
มิถุนายน	2004	-119.538	34.69789	139.3969	117.2866	-85.5491	41.02994	123.0881	-26.6175	116.3436	-16.0312	135.9178	-13.0463	4.161227
กรกฎาคม	2004	-119.306	28.5977	130.722	114.0686	-91.2526	37.70905	126.56	-32.8099	115.1277	-15.403	117.0164	-9.33448	0.475806
สิงหาคม	2004	-119.681	39.22631	134.2801	117.1679	-86.49	35.50113	128.9876	-2.33413	102.3552	-45.9583	118.3278	-19.5704	2.43125
กันยายน	2004	-119.538	29.90659	132.3129	91.88613	-76.9355	53.14333	115.0974	-36.1299	99.53329	-34.2913	135.547	-19.9852	0.88625
ตุลาคม	2004	-119.541	33.86259	132.6497	83.08093	-82.6909	50.04884	125.0627	-62.5114	69.85595	-45.7037	104.4265	-19.6724	-10.0991

ตารางที่ 5.8 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภทมุมของ Harmonic Voltage phase 2 (ต่อ)

เดือน	ปี	AU2-1	AU2-2	AU2-3	AU2-4	AU2-5	AU2-6	AU2-7	AU2-8	AU2-9	AU2-10	AU2-11	AU2-12	AU2-13
พฤศจิกายน	2004	-119.51	35.58039	131.8928	80.38824	-70.0837	12.52512	123.2773	-48.6703	51.05144	-37.0835	117.0068	-16.1811	-1.37263
ธันวาคม	2004	-119.537	16.39882	133.6718	82.86068	-78.1008	-1.38648	130.056	-28.704	98.51158	-40.7479	127.4909	-3.60793	-20.0971
มกราคม	2005	-119.654	26.47326	131.2492	87.46864	-70.6901	51.0844	122.6772	-24.1332	93.75666	-35.3723	122.0965	0.65914	-11.6604
กุมภาพันธ์	2005	-119.529	21.56898	127.7806	79.62769	-83.8243	48.13512	126.4242	-45.0571	93.70865	-39.5743	119.3261	-11.7834	-14.7255
มีนาคม	2005	-119.652	25.34326	127.448	82.13473	-87.6443	67.70589	129.2433	-28.7864	90.33514	-42.4321	120.2685	-4.87514	-17.5997
เมษายน	2005	-119.566	21.07831	131.8979	77.35462	-79.1214	95.27501	122.9996	-49.029	64.66669	-37.4533	69.11519	-7.48504	-14.2502
พฤษภาคม	2005	-119.521	8.960846	133.2496	93.76932	-76.0289	83.93447	115.9296	-5.80269	39.18781	-35.076	99.94373	-14.2012	-7.69953
มิถุนายน	2005	-119.629	2.820796	133.4891	75.29056	-83.2399	85.2253	117.1119	1.34588	43.565	-49.1764	64.44027	-16.8738	-6.54486
กรกฎาคม	2005	-119.603	0.06996	131.8345	79.27374	-81.9293	87.93178	111.5699	-4.68404	7.274068	-35.5196	79.71456	-19.3516	-2.02623
สิงหาคม	2005	-119.59	2.835023	131.2103	64.07941	-80.1606	96.0074	103.8843	-17.583	12.77501	-28.1162	65.77148	-23.2144	-10.2107
กันยายน	2005	-119.875	26.79446	114.0458	68.01833	-77.3045	73.29597	105.7288	-7.04145	41.59984	-40.135	38.12382	-25.9678	4.464462
ตุลาคม	2005	-118.794	41.44987	118.8628	71.59275	-78.7564	91.34889	103.1261	16.47298	11.43332	-30.2183	104.516	-23.1731	-4.86496

หมายเหตุ: จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 5.8 นั้นเป็นการแปลงข้อมูลโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยมุมของฮาร์โมนิกที่แรงดัน เฟส 2 ถ้าคีย์ฮาร์โมนิกที่ 1-13 ในแต่ละเดือนออกมาจากการวัดข้อมูลทุก ๆ 10 นาที แปลงข้อมูลจากรายวันออกมาเป็นรายเดือน ซึ่งมุมแรงดันของฮาร์โมนิกที่ 1-13 นั้นสามารถบอกได้ว่าเป็นแบบนำหน้า (Leading) หรือแบบล่าหลัง (Lagging)

ตารางที่ 5.9 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภท คำนวณคุณภาพทางไฟฟ้า

เดือน	ปี	SARFI-10	SARFI-50	SARFI-70	SARFI-80	SARFI-90	SARFI-110	SARFI-120	SARFI-140
สิงหาคม	2003	0	0	2	3	3	26	0	0
กันยายน	2003	0	0	0	1	3	149	1	1
ตุลาคม	2003	0	0	0	0	1	257	0	0
พฤศจิกายน	2003	2	3	3	3	9	23	0	0
ธันวาคม	2003	1	1	1	1	2	15	0	0
มกราคม	2004	0	0	0	0	0	91	0	0
กุมภาพันธ์	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
มีนาคม	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
เมษายน	2004	0	0	0	0	0	0	0	0
พฤษภาคม	2004	0	0	0	0	1	0	0	0
มิถุนายน	2004	0	4	5	5	10	3	2	2
กรกฎาคม	2004	3	8	14	16	20	3	1	1
สิงหาคม	2004	0	0	0	0	2	2	2	0
กันยายน	2004	2	3	3	4	16	1	1	1
ตุลาคม	2004	0	1	1	1	22	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 การแปลงข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าเป็นรายเดือนของข้อมูลประเภท คัดชนิดคุณภาพทางไฟฟ้า(ต่อ)

เดือน	ปี	SARFI-10	SARFI-50	SARFI-70	SARFI-80	SARFI-90	SARFI-110	SARFI-120	SARFI-140
พฤศจิกายน	2004	0	3	3	3	7	0	0	0
ธันวาคม	2004	0	0	0	0	3	1	1	1
มกราคม	2005	0	1	1	1	4	0	0	0
กุมภาพันธ์	2005	6	7	11	26	64	1	1	1
มีนาคม	2005	0	4	6	7	11	2	2	0
เมษายน	2005	0	2	2	3	13	1	1	1
พฤษภาคม	2005	2	2	2	2	7	5	2	1
มิถุนายน	2005	0	1	1	1	8	0	0	0
กรกฎาคม	2005	0	0	0	1	5	1	0	0
สิงหาคม	2005	0	0	2	2	8	0	0	0
กันยายน	2005	0	0	0	0	0	0	0	0
ตุลาคม	2005	2	7	7	8	13	3	3	1

หมายเหตุ : วิธีการคำนวณ SARFI-10,50,70,80,90,110,120,140 ที่ได้จากการคำนวณตามจาก(สมการที่ 2.5) แต่ในบางรายครั้งนี้จะไม่นำจำนวนลูกค้ำที่ได้รับ

ผลกระทบและจำนวนของลูกค้ำที่รับไปจากพื้นที่ที่พิจารณาภาค[3] ซึ่งตัวเลขที่แสดงออกมานั้นจะแสดงออกมาเป็นจำนวนครั้งที่เกิดไฟฟ้าต่ำหรือไฟฟ้าเกิน

เมื่อทำการแปลงข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยออกมาจากรายวันเป็นรายเดือนเรียบร้อยแล้วจะเห็นว่าข้อมูลบางประเภทจะมีการวัดทั้ง 4 เฟสหรือ บางประเภทจะมีการวัดข้อมูล 3 เฟส เช่น ตัวอย่างข้อมูลที่มีการวัด 4 เฟส ได้แก่ Harmonic Current, Harmonic Voltage , Harmonic THD (เฟส 4 เป็นการวัดในสายนิวทรัล) ตัวอย่างข้อมูลที่มีการวัดข้อมูล 3 เฟส คือ แรงดันและกระแสไฟฟ้า (Voltage and Current), ความถี่ทางไฟฟ้า (Frequency), ไฟกระพริบ (Flicker), กำลังทางไฟฟ้า (Power) ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการแปลงข้อมูลอีกครั้งก่อนที่จะนำไปใช้งานเพื่อช่วยลดจำนวนข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าที่มีเป็นจำนวนมากให้ลดน้อยลง โดยจะแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 แปลงข้อมูลโดยใช้ RMS หลังจากนำข้อมูลที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยมาแล้วในแต่ละเดือน บางประเภทที่มีการวัด 3 หรือ 4 เฟส เช่น Harmonic Current เฟส 1,2,3,4 แรงดันเฟส 1,2,3 เป็นต้น ผู้วิจัยก็จะนำข้อมูลทั้ง 4 เฟสหรือ 3 เฟสมาหาค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square :RMS) เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้และลดตัวแปรที่มีจำนวนมากลง หลังจากนั้นก็จะนำตัวแปรที่แปลงค่าเสร็จแล้วไปตรวจสอบความสัมพันธ์เพื่อเลือกตัวแปรที่จะนำไปทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์ค ในกรณีเมื่อแปลงโดยใช้ RMS แล้วนำไปทดสอบกับนิวรอลเน็ตเวิร์คถ้า นิวรอลเน็ตเวิร์ค ไม่สามารถหาค่าตอบที่ดีที่สุดได้หรือค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ (MAPE) ยังมีค่าสูงอยู่ ผู้วิจัยก็จะใช้เลือกใช้กรณีที่ 2

ตารางที่ 5.10 ตัวอย่างข้อมูลฮาร์โมนิกส์แรงดันระบบ 3 เฟส 4 สายก่อนการแปลง RMS

เดือน	ปี	HU1-2	HU2-2	HU3-2	HU4-2	HU-2
สิงหาคม	2003	6.658023	6.604525	6.599662	0.032998	N/A
กันยายน	2003	6.999747	7.076285	7.30242	1.301615	N/A
ตุลาคม	2003	6.607602	7.276143	7.274555	6.599662	N/A
พฤศจิกายน	2003	6.62105	6.830344	7.462812	6.599662	N/A
ธันวาคม	2003	6.607056	6.778591	7.529796	6.599662	N/A

*หมายเหตุ : จากตารางเป็นค่าแอมพลิจูดของฮาร์โมนิกส์แรงดัน (มีหน่วยเป็น โวลต์)

สูตรที่ใช้ในการหาค่า RMS

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{N}} \quad (5.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือนสิงหาคม 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(6.658023^2) + (6.604525^2) + (6.599662^2) + (0.032998^2)}{4}}$$

$$\text{HU-2(เดือนสิงหาคม)} = 5.733796$$

เดือนกันยายน 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(6.999747^2) + (7.076285^2) + (7.30242^2) + (1.301615^2)}{4}}$$

$$\text{HU-2(เดือนกันยายน)} = 6.206646$$

เดือนตุลาคม 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(6.607602^2) + (7.276143^2) + (7.274555^2) + (6.599662^2)}{4}}$$

$$\text{HU-2(ตุลาคม)} = 6.947614$$

เดือนพฤศจิกายน 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(6.62105^2) + (6.830344^2) + (7.462812^2) + (6.599662^2)}{4}}$$

$$\text{HU-2(พฤศจิกายน)} = 6.887325$$

จะเห็นว่าเมื่อใช้วิธีการแปลง RMS เรียบร้อยแล้วนั้นก็แสดงให้เห็นถึงการลดขนาดจากตัวแปรที่มี 4 ตัวเหลือเพียงหนึ่งตัว คือ จากตัวแปรคุณทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภท Harmonic Voltage ที่มีการวัดทั้งเฟส 1-4 (HU1-2,HU2-2,HU3-2,HU4-2) เมื่อทำการแปลงเป็น RMS ก็จะเหลือตัวแปร เพียงตัวเดียวซึ่งก็คือ HU-2

ตารางที่ 5.11 การแปลงค่า RMS ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทของ Harmonic Voltage ลำดับฮาร์โมนิกที่ 1-13 ด้วยการแปลงเป็น RMS

เดือน	ปี	HU-1	HU-2	HU-3	HU-4	HU-5	HU-6	HU-7	HU-8	HU-9	HU-10	HU-11	HU-12	HU-13
สิงหาคม	2003	11200.17	5.733796	17.21327	5.777344	45.0833	5.726733	52.54569	5.715499	5.715499	5.715499	6.21318	5.715499	5.73657
กันยายน	2003	11208.18	6.206646	16.32577	5.905179	46.4015	5.773273	51.57678	5.773273	5.87698	5.760298	6.622206	5.755308	5.824801
ตุลาคม	2003	11280.82	6.947614	16.85548	6.841271	61.7538	6.605618	48.3368	6.604426	6.611175	6.600853	9.660297	6.600456	6.673009
พฤศจิกายน	2003	11242.91	6.887325	14.7047	6.73795	43.6871	6.615711	55.17912	6.610359	6.643201	6.600426	7.897453	6.600426	6.668683
ธันวาคม	2003	11255.48	6.889409	14.12574	6.653867	66.18168	6.606318	56.20514	6.603359	6.623322	6.600771	8.982803	6.600401	6.733871
มกราคม	2004	2323.727	6.904957	7.594344	6.636623	32.45748	6.605209	16.67209	8.464955	6.660647	6.599662	7.258202	6.600771	6.781384
กุมภาพันธ์	2004	993.183	6.739921	6.795242	6.615071	10.37514	6.599662	10.29542	8.730532	6.610724	6.599662	6.604403	6.599662	6.602823
มีนาคม	2004	767.7502	6.605246	6.630457	6.599662	10.89297	6.599662	7.354998	8.730532	6.599662	6.599662	6.599662	6.599662	6.599662
พฤษภาคม	2004	11254.75	6.704031	22.51647	6.717382	107.7607	6.602764	67.05363	6.599662	6.599042	6.599662	10.79519	6.599662	6.600283
มิถุนายน	2004	11265.16	6.927611	22.03557	6.765779	120.3175	6.603481	65.46795	6.600044	6.600808	6.599662	11.2878	6.599662	6.660897
กรกฎาคม	2004	11167.02	6.79292	15.90609	6.711515	102.947	6.612617	60.52585	6.616342	6.615952	6.602993	9.414569	6.601512	6.769289
สิงหาคม	2004	11249.21	6.861777	20.88856	6.689219	118.9273	6.600771	71.83254	6.599662	6.617094	6.599662	11.07999	6.599662	6.971994
กันยายน	2004	11716.26	6.728233	22.44828	6.630803	124.8599	6.525353	76.83183	6.513335	6.617036	6.511399	11.90921	6.510625	6.681311

ตารางที่ 5.11 การแปลงค่า RMS ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าประเภทของ Harmonic Voltage ลำดับฮาร์โมนิกที่ 1-13 ด้วยการใช้โปรแกรม RMS (ต่อ)

เดือน	ปี	HU-1	HU-2	HU-3	HU-4	HU-5	HU-6	HU-7	HU-8	HU-9	HU-10	HU-11	HU-12	HU-13
ตุลาคม	2004	11377.66	6.613647	22.31454	6.612531	131.2332	6.583532	79.48084	6.577969	6.671522	6.577598	11.59251	6.577598	6.95185
พฤศจิกายน	2004	11276.5	6.624515	20.69436	6.637159	126.7745	6.607307	90.95408	6.599662	6.685609	6.599662	10.81358	6.599662	6.878265
ธันวาคม	2004	11276.27	6.686356	21.48925	6.769872	142.6881	6.609279	88.37321	6.599662	6.691907	6.599662	12.37637	6.599662	7.521392
มกราคม	2005	11259.77	6.623026	20.59694	6.700984	143.2656	6.607797	87.68098	6.600401	6.628563	6.599662	11.62451	6.599662	7.08762
กุมภาพันธ์	2005	11262.25	6.690813	22.41332	6.712198	136.2425	6.627524	73.98591	6.613584	6.657037	6.602527	10.88271	6.600481	6.951704
มีนาคม	2005	11246.26	6.630045	21.4014	6.707036	124.3945	6.60151	66.82679	6.599662	6.601141	6.599662	11.06175	6.599662	6.88237
เมษายน	2005	11264.95	6.646473	22.52519	6.695083	144.0665	6.622994	70.36313	6.599662	6.625675	6.599662	11.12675	6.599662	7.827602
พฤษภาคม	2005	11251.47	6.689798	21.64072	6.712174	117.4235	6.623068	68.44669	6.60709	6.690553	6.601147	10.80911	6.599662	7.56087
มิถุนายน	2005	11260.12	6.801407	21.91203	7.000956	119.7019	6.621135	65.00106	6.599662	6.95264	6.599662	10.95946	6.599662	7.351281
กรกฎาคม	2005	11260.7	7.048767	22.80867	7.027118	124.8865	6.629275	62.33628	6.60188	7.547475	6.60151	10.94294	6.599662	1.27161
สิงหาคม	2005	11255.95	7.189866	24.31207	6.968529	119.5491	6.615414	67.26925	6.599662	8.013125	6.599662	11.36493	6.599662	7.196047
กันยายน	2005	11219.62	6.62195	20.47304	6.887495	117.992	6.635251	43.21206	6.599662	6.685525	6.599662	9.28611	6.599662	7.287298
ตุลาคม	2005	11113.09	7.065051	20.72534	7.072272	116.1072	6.630651	50.94239	6.620457	7.040152	6.600039	9.508938	6.599662	6.88471

* หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากตารางที่ 5.11 เป็นค่าแอมพลิจูดของฮาร์โมนิกแรงดันลำดับฮาร์โมนิกที่ 1-13 (มีหน่วยเป็น โวลต์) เมื่อทำการแปลงเป็น RMS

ตารางที่ 5.12 ตัวอย่างข้อมูลแรงดันทางไฟฟ้าที่มี 3 เฟสก่อนการแปลงโดยใช้ RMS

เดือน	ปี	U1AVG	U2AVG	U3AVG	UAVG
สิงหาคม	2003	12916.09	12929.25	12927.11	N/A
กันยายน	2003	12429.26	12824.47	13523.24	N/A
ตุลาคม	2003	12195.91	12832.14	13961.78	N/A
พฤศจิกายน	2003	12173.53	12812.88	13876.31	N/A
ธันวาคม	2003	12176.21	12829.82	13899.56	N/A

สูตรที่ใช้ในการหาค่า RMS

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{N}} \quad (5.3)$$

เดือนสิงหาคม 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(12916.09^2) + (12929.25^2) + (12927.11^2)}{3}}$$

$$U_{avg}(\text{เดือนสิงหาคม}) = 12914.25 \text{ V}$$

เดือนกันยายน 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(12429.26^2) + (12824.47^2) + (13523.24^2)}{3}}$$

$$U_{avg}(\text{เดือนกันยายน}) = 12933.57 \text{ V}$$

เดือนตุลาคม 2003

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{(12195.91^2) + (12832.14^2) + (13961.78^2)}{3}}$$

$$U_{avg}(\text{เดือนตุลาคม}) = 13017.11 \text{ V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 การแปลงค่า RMS ประเภทแรงดัน 3 เฟส

เดือน	ปี	UAVG	UminAVG	UmaxAVG	UngAVG	Ungmax	Ungmin
สิงหาคม	2003	12924.15	12839.379	13001.67	4.979365	5.1286229	4.8251211
กันยายน	2003	12933.57	12846.032	13021.02	32.7291	38.705451	27.306527
ตุลาคม	2003	13017.11	12944.804	13093.2	154.9246	183.01877	130.37706
พฤศจิกายน	2003	12973.26	12900.862	13051.96	151.8182	177.27425	128.32676
ธันวาคม	2003	12987.97	12920.326	13060.9	151.7834	176.41529	128.33267
มกราคม	2004	2682.499	2640.3681	2722.238	158.9005	187.57439	133.46426
กุมภาพันธ์	2004	1136.325	1094.6911	1170.581	438.0431	471.40961	404.33201
มีนาคม	2004	828.619	791.81005	862.8715	675.2816	708.55912	639.81265
พฤษภาคม	2004	12992.76	12911.354	13070.5	89.83728	117.77171	66.036315
มิถุนายน	2004	13000.07	12912.023	13082.25	93.92602	122.3504	70.500276
กรกฎาคม	2004	12886.96	12790.26	12975.9	91.73367	120.12894	68.819124
สิงหาคม	2004	12981.63	12912.944	13059.36	91.69154	119.50651	68.13589
กันยายน	2004	13520.47	13431.517	13606.44	87.43177	113.88847	64.870704
ตุลาคม	2004	13130.18	13047.529	13215.21	90.35209	118.34152	66.998986
พฤศจิกายน	2004	13013.41	12928.572	13098.89	89.78137	118.25463	66.18147
ธันวาคม	2004	13013.4	12938.736	13096.98	89.2544	117.75287	65.731922
มกราคม	2005	12994.32	12916.557	13073.88	89.15161	117.64518	65.925654
กุมภาพันธ์	2005	12997.01	12879.728	13088.01	90.71261	119.22931	67.610524
มีนาคม	2005	12978.23	12880.566	13065.57	89.60697	117.92312	66.156288
เมษายน	2005	13000.17	12905.366	13087.7	89.52472	117.74897	65.979814
พฤษภาคม	2005	12985.34	12886.629	13077.45	91.17036	119.94755	66.822133
มิถุนายน	2005	12994.39	12903.992	13085.94	126.0734	158.89602	95.542327
กรกฎาคม	2005	12995.16	12907.692	13086.69	132.9557	166.46553	101.73444
สิงหาคม	2005	12989.71	12897.268	13082.33	136.8265	171.06098	104.75009
กันยายน	2005	12947.42	12859.74	13037.42	125.6242	158.46285	95.003196
ตุลาคม	2005	12825.69	12729.051	12925.3	127.0288	160.44759	96.188677

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 กรณีนี้จะใช้ในกรณีที่ 1 แปลงข้อมูลแล้วนำข้อมูลไปหาความสัมพันธ์และผ่านนิเวศน์เทเวิร์คแล้วนิเวศน์เทเวิร์คให้ผลออกมาไม่ดีหรือมีค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ที่ค่อนข้างสูง กรณีที่ 2 นี้ ใช้ข้อมูลทั้งหมด เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยมาแล้วในแต่ละเดือนไปใช้งานเลย โดยจะทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) หลังจากเมื่อได้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ออกมาแล้วก็จะนำตัวแปรที่ได้ไปทดสอบกับนิเวศน์เทเวิร์ค ซึ่งการแปลงข้อมูลวิธีนี้ตัวแปรจะเยอะกว่ากรณีที่ 1 ที่แปลงโดยใช้ RMS

5.3.2 ข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

การแปลงข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้น ผู้วิจัยจะแปลงข้อมูลโดยใช้เป็นดัชนีทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ ดัชนี SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI

ตารางที่ 5.14 การแปลงข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

เดือน	ปี	SAIFI(ครั้ง)	SAIDI(นาที)	CAIDI	ASAI	MAIFI(ครั้ง)
สิงหาคม	2003	1	16	16	0.978495	0
กันยายน	2003	5	170	34	0.763889	0
ตุลาคม	2003	0	0	0	1	2
พฤศจิกายน	2003	1	5	5	0.993056	1
ธันวาคม	2003	0	0	0	1	2
มกราคม	2004	2	144	72	0.806452	1
กุมภาพันธ์	2004	0	0	0	1	0
มีนาคม	2004	0	0	0	1	0
พฤษภาคม	2004	0	0	0	1	0
มิถุนายน	2004	2	65	32.5	0.909722	0
กรกฎาคม	2004	1	49	49	0.93414	3
สิงหาคม	2004	0	0	0	1	0
กันยายน	2004	0	0	0	1	1
ตุลาคม	2004	1	77	77	0.896505	0
พฤศจิกายน	2004	2	51	25.5	0.929167	0
ธันวาคม	2004	0	0	0	1	0

ตารางที่ 5.14 การแปลงข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ต่อ)

เดือน	ปี	SAIFI(ครั้ง)	SAIDI(นาที)	CAIDI	ASAI	MAIFI(ครั้ง)
มกราคม	2005	0	0	0	1	1
กุมภาพันธ์	2005	0	0	0	1	0
มีนาคม	2005	3	138	46	0.814516	2
เมษายน	2005	1	7	7	0.990278	1
พฤษภาคม	2005	1	25	25	0.966398	0
มิถุนายน	2005	0	0	0	1	0
กรกฎาคม	2005	0	0	0	1	0
สิงหาคม	2005	0	0	0	1	0
กันยายน	2005	0	0	0	1	1
ตุลาคม	2005	2	50	25	0.932796	1

*หมายเหตุ : การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้นจะไม่นำจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เกิดไฟฟ้าดับมาคำนวณ [3] ซึ่งตัวเลขที่ได้จากตารางนั้นจะแสดงเป็นจำนวนครั้ง, นาทีที่เกิดไฟฟ้าดับ

5.4 การวิเคราะห์ตัวแปรที่นำมาเป็นข้อมูลอินพุต

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าทั้ง 13 ประเภทและข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้งานในปัจจุบัน มาทำการตรวจสอบความสัมพันธ์เพื่อเลือกตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต ซึ่งวิธีการทางสถิติที่เลือกนำมาทดสอบคือ การหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

Correlation (r) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เมื่อตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนไป อีกตัวแปรหนึ่งจะเปลี่ยนไปในลักษณะเชิงเส้น ซึ่งค่าของ r จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 กับ +1 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ(5.7)ดังต่อไปนี้

$$r_{xy} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \quad (5.4)$$

ค่า r ที่คำนวณออกมาได้

1. ถ้าค่า r เป็นลบ แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้าม คือถ้า x เพิ่มขึ้น y จะลด และถ้า x ลด y จะเพิ่ม

2. ถ้าค่า r เป็นบวก แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือถ้า x เพิ่มขึ้น y จะเพิ่มด้วย แต่ถ้า x ลด y จะลดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าค่า r มีค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง x และ y สัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และมีความสัมพันธ์กันมาก
4. ถ้าค่า r มีค่าเข้าใกล้ -1 หมายถึง x และ y สัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม และมีความสัมพันธ์กันมาก
5. ถ้า $r = 0$ แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันน้อย



รูปที่ 5.5 การใช้ scatter plot หาค่าความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)[11]

โดยในจะนำข้อมูลทั้งทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าซึ่งเลือกเป็นตัวแปรอินพุตและข้อมูลทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าซึ่งเลือกเป็นตัวแปรเอาต์พุตมาทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยใช้จะ Program Minitab 15 ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งสามารถสรุปผลออกมาได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการเลือกตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต

ที่	ประเภทของข้อมูลอินพุต (INPUT)										เดือน	รวม	OUTPUT	วิธีแปล ค่า
	แรงดันและ กระแส ไฟฟ้า	Angle Harmonic Current	Angle Harmonic Voltage	Individual Harmonics	Power	Harmonic THD ทางไฟฟ้า	ดัชนีคุณภาพ ทางไฟฟ้า	เดือน	รวม	OUTPUT				
1	UngAvg Inavg Ubzero (3 input)	0	0	HU-4,6,9,10,12 HI-0,3,5 (8 input)	0	THDinter-L, TDD-U,I (3 input)	SARFI-50,120 SARFI-140 (3 input)	0	17	SAIFI	วิธีที่ 1			
2	Inavg Ubzero (2 input)	AI-2 (1 input)	AU-10 (1 input)	HU-4,6,9,10,12 HI-3,5 (7 input)	0	THDodd-L, THDeven-L, THDinter-L, TDD-U,I (5 input)	SARFI-120 (1 input)	0	17	SAIDI	วิธีที่ 1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การออกแบบโครงสร้างนิวรอลเน็ตเวิร์ค

โครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้เป็นแบบหลายชั้น(Multi Layer Feedforward Neural Networks : MLFN) ชนิดที่มีค่าแพร่ย้อนกลับ(Back-Propagation Learning Algorithm: BP) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมเป็นแบบที่ต้องมีผู้สอน (Supervised Learning) เพื่อช่วยกำหนดเอาต์พุตเป้าหมายให้แก่โครงข่ายประสาทเทียม และเลือกใช้ Levenberg-Marquardt Algorithm ในการปรับค่า weight และ bias เนื่องจากมีขั้นตอนการปรับค่าล่วงหน้าหนักและไบอัสที่มีประสิทธิภาพที่สุดรวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อนในการแก้ปัญหา เพราะมีแนวโน้มที่จะแก้ไขปัญหได้ดีกว่าโครงสร้างที่มีจำนวน 1 ชั้นซ่อน ขนาดของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ถ้าใหญ่มาก(จำนวน hidden neurons มาก) จะทำให้เกิดปัญหา over fitting หรือถ้าเล็กมาก (จำนวน hidden neurons น้อย) จะทำให้เกิดปัญหา under fitting ดังนั้น โครงสร้างที่เหมาะสม (optimal) คือ ไม่เล็กมากหรือใหญ่เกินไป ค่าความแม่นยำของเอาต์พุตที่ได้ออกมา นั้นเราสามารถหาค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Percentage Error) หรือ ape และค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์(Mean Absolute Percentage Error) หรือ mape เป็นเกณฑ์ซึ่งหาได้จากสมการที่ (5.5),(5.6)

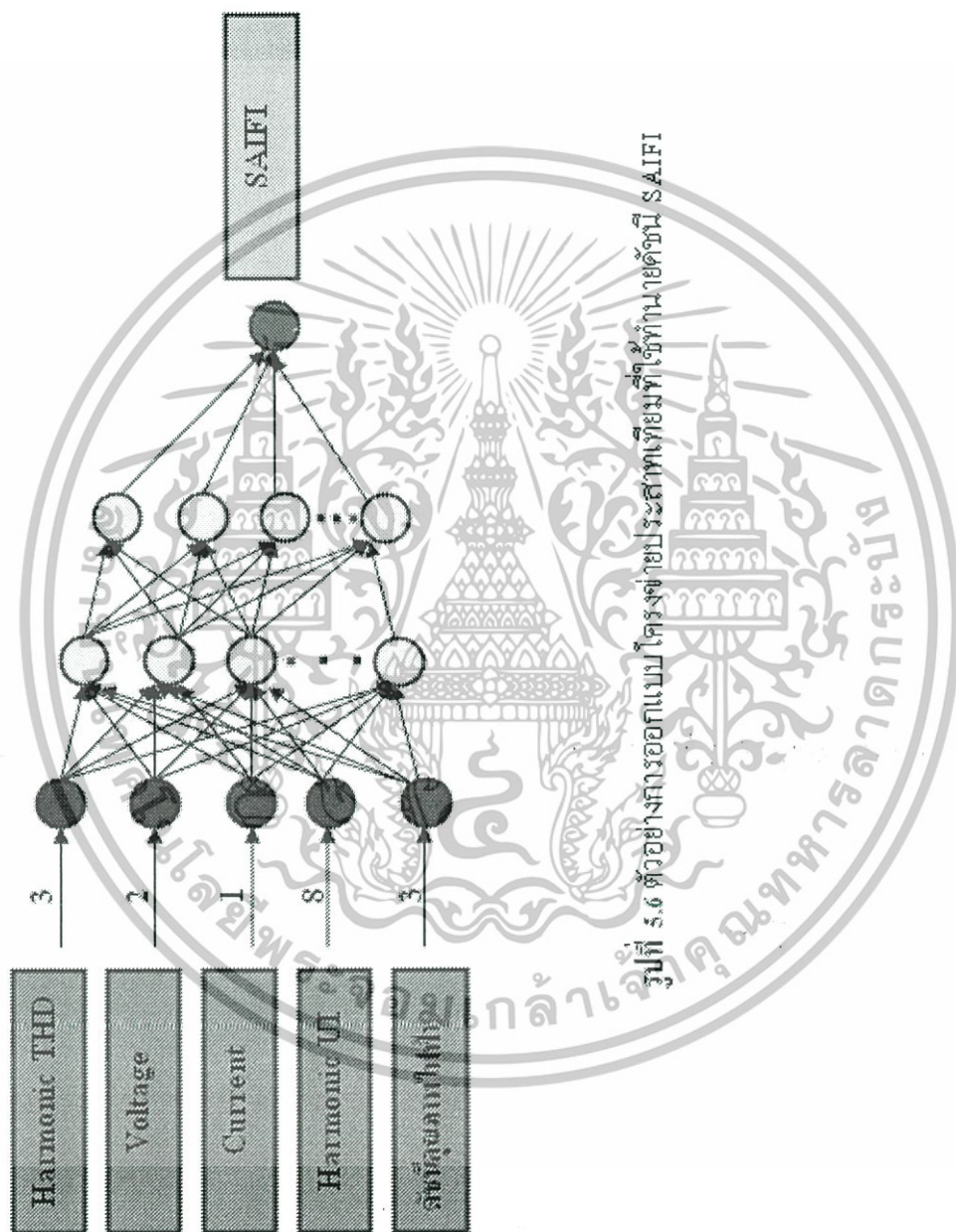
$$ape = \frac{|output_{actual_i} - output_{ANN_i}|}{output_{actual_i}} \times 100\% \quad (5.5)$$

$$mape = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \frac{|output_{actual_i} - output_{ANN_i}|}{output_{actual_i}} \times 100\% \quad (5.6)$$

โดย $output_{ANN}$ คือ ค่าเอาต์พุตที่เป็นคำตอบของโครงข่ายประสาทเทียม

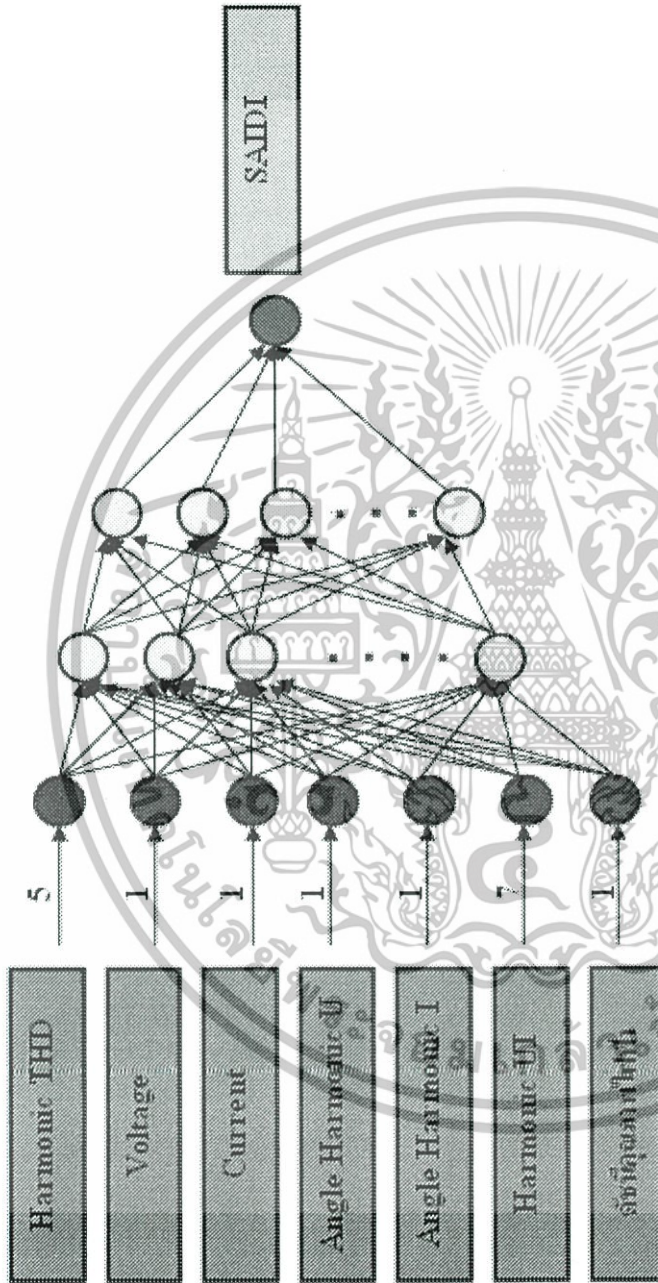
$output_{actual_i}$ คือ ค่าเอาต์พุตที่เป็นจริง

n คือ จำนวนข้อมูลฝึกสอนหรือทดสอบ



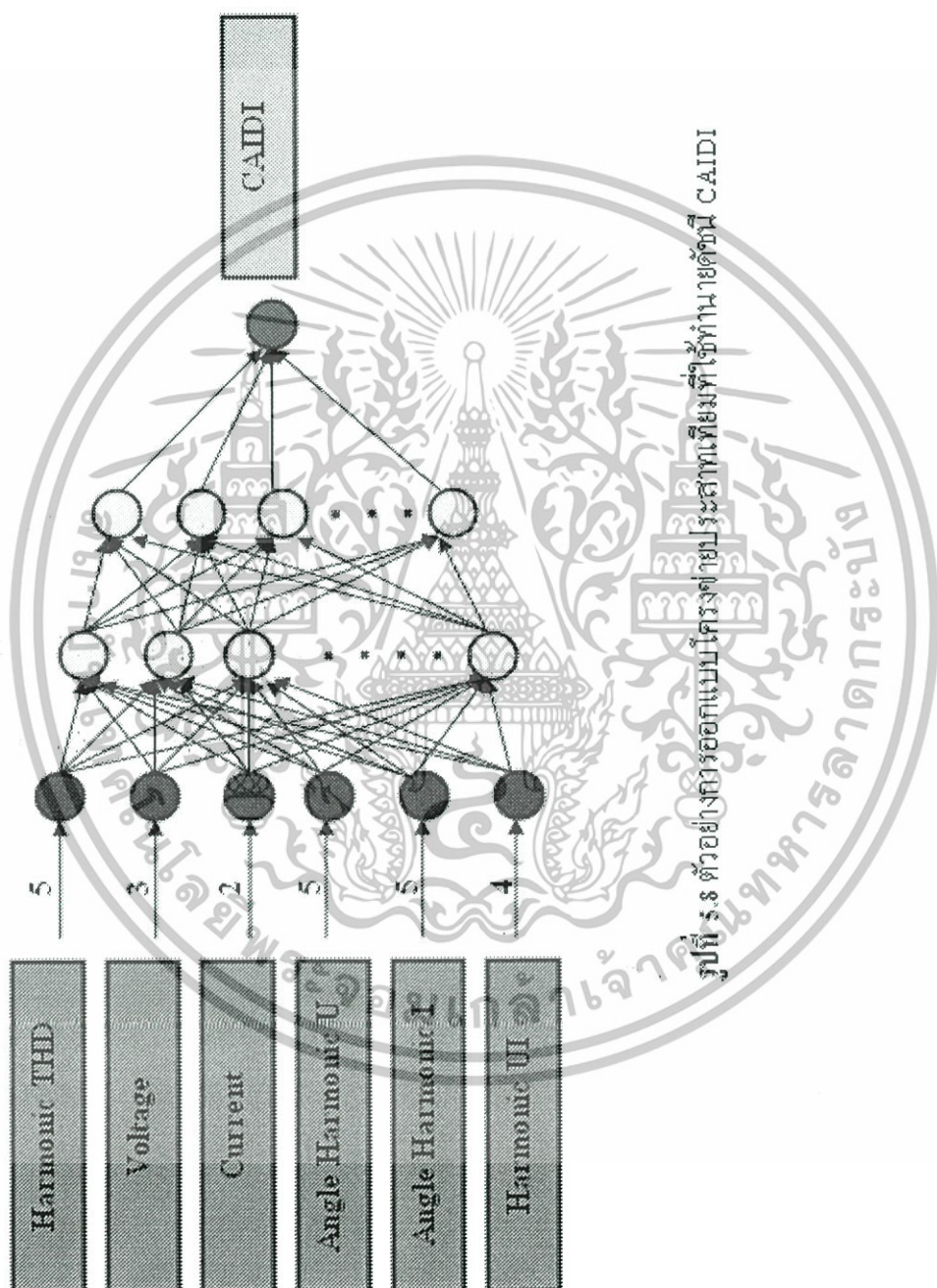
รูปที่ 5.6 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี SAIIFI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



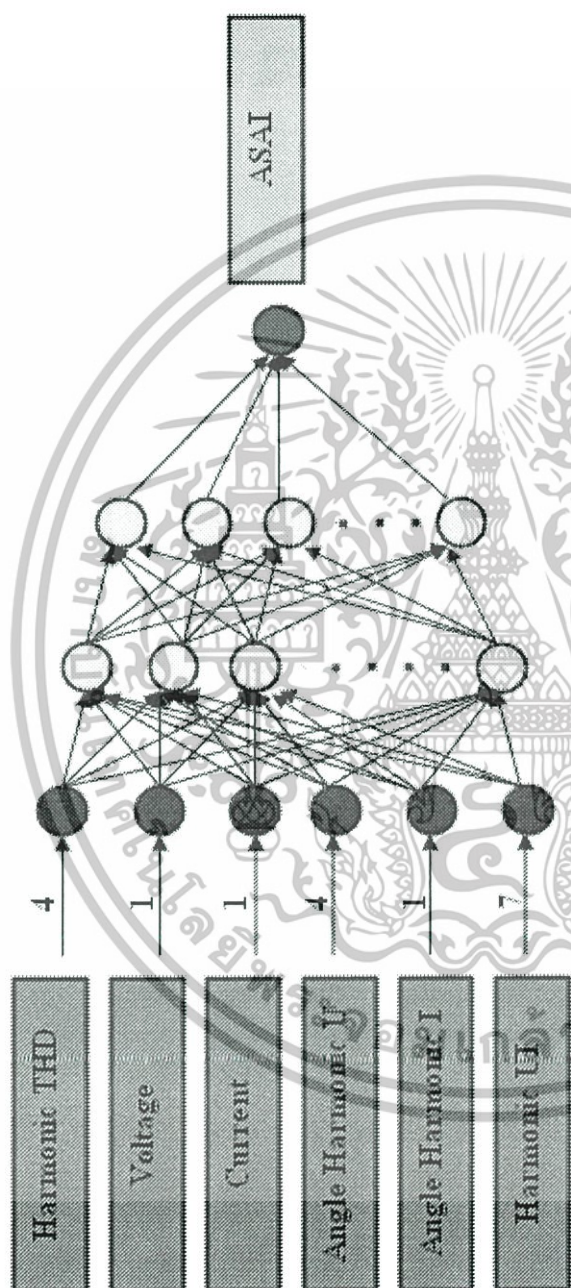
รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี SAIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



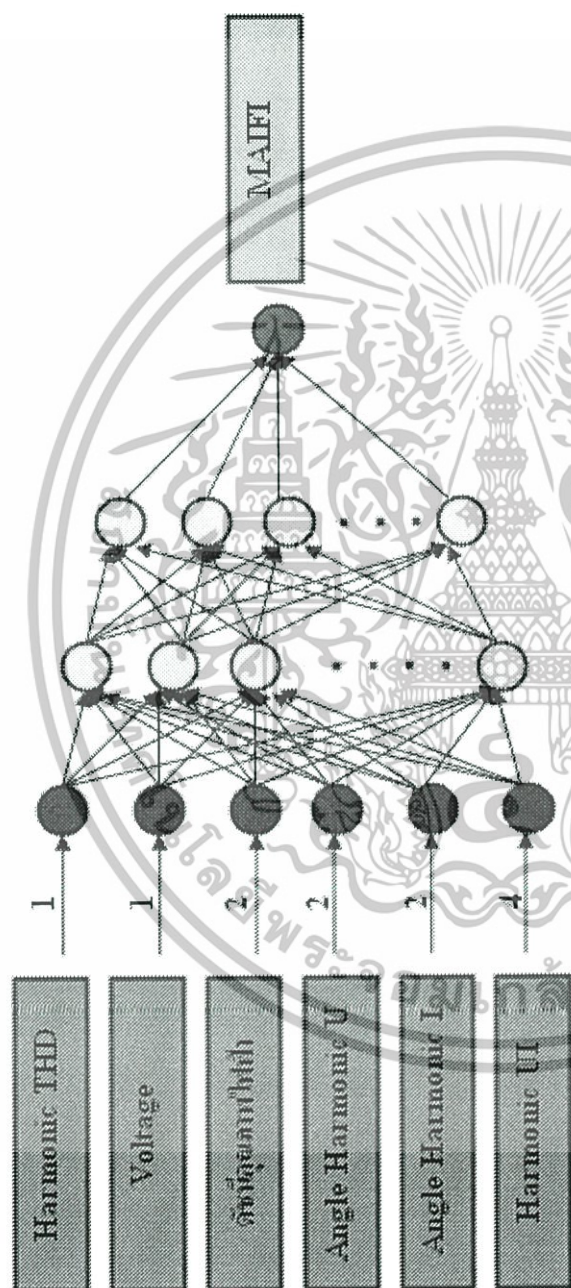
รูปที่ 8.8 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี C.AIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายค่าดัชนี ASAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 ตัวอย่างการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ทำนายดัชนี MAIFI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.16 แสดงตัวอย่างค่า Weight และ Bias ที่ได้จากการทำนายความเสียหายต่อได้ทางไฟฟ้า (SAIFI)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
W(1)	1																
1	-4.6217	0.5086	-0.7153	2.2255	0.8886	-2.9411	1.0921	0.4336	0.0519	0.2466	1.6534	3.4798	-0.5743	-2.1297	-3.0408	-3.6884	-2.9973
2	2.7921	-1.9184	-2.6950	2.9532	-2.7716	3.0374	-2.1142	-1.2930	-1.3133	-1.1415	-1.4287	-2.6008	-0.1548	-1.1281	-5.9348	-4.3616	-0.3242
3	2.5584	2.3760	1.7763	5.2016	1.5915	-5.8895	6.4201	3.9793	-0.2626	4.4788	4.6066	0.2439	-1.5907	2.4119	-10.887	0.0108	-0.7666
4	8.1877	0.7601	0.7954	2.9496	-0.4693	8.7611	0.2687	2.5319	0.7886	1.8176	2.2263	-2.9711	1.4913	3.0124	-4.1725	-7.8004	1.1911
W(2)	1	2	3	4	B(1)	1	B(2)	1	B(3)	1							
1	-1.6614	-4.2449	2.1018	-0.5767	1	1.8319	1	-4.2547	1	-0.4967							
2	-5.3444	2.5075	4.4745	5.5822	2	5.6430	2	1.0155									
3	-3.7298	3.4145	3.1044	2.6548	3	0.0322	3	2.2511									
W(3)	1	2	3		4	6.1157											
1	0.1884	-3.6962	2.7208														

5.6 การนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักไปใช้ (Principle Component Analysis; PCA) [16]

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis; PCA) เป็นวิธีการระบุรูปแบบและแสดงข้อมูลในวิธีการที่จะเน้นให้เห็นถึงความเหมือนหรือแตกต่างของข้อมูล ที่ยังคงรักษาไว้ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวน (Variance) ของแกนเดิม (Original axis) ในขณะที่แกนใหม่จะถูกสร้างขึ้นมาโดยมีการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลภาพจากแกนเดิมต่างๆ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของตัวแปร X จะเป็นการแปลงเชิงเส้น (Linear transformation) ของค่าความแปรปรวนจากข้อมูลเดิมไปยังตัวแปรใหม่ Y ที่ไม่มีค่าสหสัมพันธ์ ถึงแม้ว่าข้อมูลในตัวแปร X จะมีค่าสหสัมพันธ์สูงก็ตาม มีประโยชน์ในทางสถิติใช้ในการหาขอบเขต เช่น การจำแนกหน้า การบีบอัดภาพ บีบอัดข้อมูล ลดจำนวนขนาดของมิติ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้จะนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักไปใช้ในการลดขนาดของอินพุตก่อนที่จะเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมและลดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม โดยจะยกตัวอย่างวิธีการลดขนาดของอินพุตก่อนที่จะเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม โดยมีจำนวนอินพุต 10 ตัวโดยมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้ [17]



1. นำข้อมูลที่เจ้านามวิเศษหาค่า โดยการสร้างเมตริกซ์ขึ้นมา

102.0000	98.0000	82.8000	0.0590	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
101.5000	96.0000	76.7150	0.4480	2.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	2.0000
88.4000	90.2500	88.6500	0.6610	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000
89.7692	88.3769	90.6539	3.8530	13.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13.0000
90.2846	89.4154	91.6692	2.8550	13.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13.0000
85.0833	87.0100	87.5567	7.3130	30.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000	30.0000
85.6556	85.0556	85.8518	12.4410	27.0000	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	27.0000
90.9571	96.2714	70.3857	0.4090	7.0000	0.0000	3.0000	3.0000	5.0000	7.0000
91.5750	96.4875	91.3000	1.5450	8.0000	0.0000	0.0000	1.0000	3.0000	7.0000
93.7429	87.7000	89.2429	0.8670	7.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000	7.0000
92.5200	93.2800	87.9000	0.3790	5.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	5.0000
91.0000	93.2000	74.5000	0.3500	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	2.0000

A =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.หาค่าเฉลี่ยข้อมูลแต่ละข้อมูลออกมาจาก

$$\psi_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \quad (5.7)$$

$$\begin{aligned} \psi_1 &= 91.87398 & \psi_2 &= 91.7539 & \psi_3 &= 84.72168 \\ \psi_4 &= 2.59825 & \psi_5 &= 9.75 & \psi_6 &= 0.16667 \\ \psi_7 &= 0.41667 & \psi_8 &= 0.6667 & \psi_9 &= 1.58333 \\ \psi_{10} &= 9.6667 \end{aligned}$$

3.หาค่า ϕ_{ij} จะได้เมตริก ϕ_{ij} ซึ่งมีขนาดเท่ากับเมตริก A เมื่อ $i=1$ ถึง N และ $j=1$ ถึง M ด้วยการหาผลต่างระหว่างข้อมูลกับค่าเฉลี่ยข้อมูลในแต่ละหลัก สามารถหาได้ดังสมการ

$$\phi_{ij} = t_{ij} - \psi_j \quad (5.8)$$

4. สร้าง Covariance matrix C จาก

$$C = \phi \cdot \phi^T \quad (5.9)$$

ซึ่งเราสามารถคำนวณ Covariance Matrix ออกมาได้ดังต่อไปนี้

$$C = \begin{pmatrix} 27.6915 & 16.4206 & -12.2555 & 12.3999 & -35.5869 & -1.1826 & -1.4327 & -0.6642 & -2.0648 & -35.5597 \\ 16.4206 & 18.8381 & -15.7718 & -11.7912 & -30.3733 & -1.0402 & 0.1919 & 1.1397 & 0.2057 & -30.8036 \\ -12.2555 & -15.7718 & 51.7447 & 7.4517 & 22.8330 & 0.3605 & -3.5493 & -4.6598 & -4.0851 & 22.2350 \\ -12.3999 & -11.7912 & 7.4517 & 14.0409 & 33.1506 & 1.3234 & 0.7263 & 0.2307 & 1.1855 & 33.2464 \\ -35.5869 & -30.3733 & 22.8330 & 33.1506 & 93.2955 & 3.4091 & 2.6591 & 1.0909 & 4.0682 & 93.4545 \\ -1.1826 & -1.0402 & 0.3605 & 1.3234 & 3.4091 & 0.1515 & 0.1061 & 0.0606 & 0.1667 & 3.4242 \\ -1.4327 & 0.1919 & -3.5493 & 0.7263 & 2.6591 & 0.1061 & 0.8106 & 0.6970 & 1.0985 & 2.6970 \\ -0.6642 & 1.1397 & -4.6598 & 0.2307 & 1.0909 & 0.0606 & 0.6970 & 0.7879 & 1.1212 & 1.0606 \\ -2.0648 & 0.2057 & -4.0851 & 1.1855 & 4.0682 & 0.1667 & 1.0985 & 1.1212 & 2.6288 & 3.9394 \\ -35.5597 & -30.8036 & 22.2350 & 33.2464 & 93.4545 & 3.4242 & 2.6970 & 1.0606 & 3.9394 & 93.6970 \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณค่า Eigenvector

$$\begin{pmatrix} -0.2624 & -0.0302 & 0.8781 & 0.3334 & -0.1759 & 0.1081 & -0.0481 & -0.0472 & -0.0266 & -0.0084 \\ -0.2273 & -0.1498 & 0.3294 & -0.8257 & 0.3317 & -0.1150 & 0.0348 & 0.0847 & 0.0533 & 0.0327 \\ 0.2026 & 0.9373 & 0.1446 & -0.1936 & -0.0033 & 0.1174 & -0.0684 & -0.0365 & -0.0376 & 0.0293 \\ 0.2251 & -0.0700 & 0.0757 & 0.2428 & 0.8149 & 0.4553 & -0.0815 & -0.0163 & 0.0360 & 0.0155 \\ 0.6266 & -0.1628 & 0.2116 & -0.1296 & -0.0967 & -0.0771 & 0.1676 & -0.1922 & -0.0655 & -0.6593 \\ 0.0224 & -0.0159 & 0.0124 & 0.0110 & 0.0418 & 0.0079 & 0.1015 & 0.4519 & -0.8847 & 0.0020 \\ 0.0137 & -0.0961 & -0.0472 & -0.1180 & -0.1393 & 0.1483 & -0.9281 & 0.1397 & -0.0409 & -0.2248 \\ 0.0018 & -0.1094 & -0.0385 & -0.1457 & -0.0608 & 0.1510 & -0.1082 & -0.8126 & -0.4287 & 0.2882 \\ 0.0217 & -0.1219 & -0.0586 & -0.2379 & -0.3782 & 0.8245 & 0.2460 & 0.1702 & 0.1037 & 0.0402 \\ 0.6277 & -0.1746 & 0.2040 & -0.0439 & -0.1333 & -0.1530 & -0.1151 & 0.1977 & 0.1029 & 0.6541 \end{pmatrix}$$

7. ค่าของไอเกนเวกเตอร์ที่มีค่าไอเกน (Eigenvalue) ที่มีค่าสูงสุดนั้นคือส่วนประกอบหลักของข้อมูล (สร้างเมตริกซ์เฉพาะขึ้น (Feature Vector) โดยจัดรูปแบบของไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) ใหม่โดยเรียงลำดับจากเวกเตอร์ที่มีค่าไอเกนสูงสุดไปถึงเวกเตอร์ที่มีค่าไอเกนต่ำสุด

$$\text{FeatureVector} = (\text{eig1} \ \text{eig2} \ \text{eig3} \dots \text{eign}) \quad (5.10)$$

8. คำนวณค่าที่ได้ใหม่ออกมาจาก

$$\text{FinalData} = \text{FeatureVector} \times \text{RowDataAdjust}(\phi_{ij}^*) \quad (5.11)$$

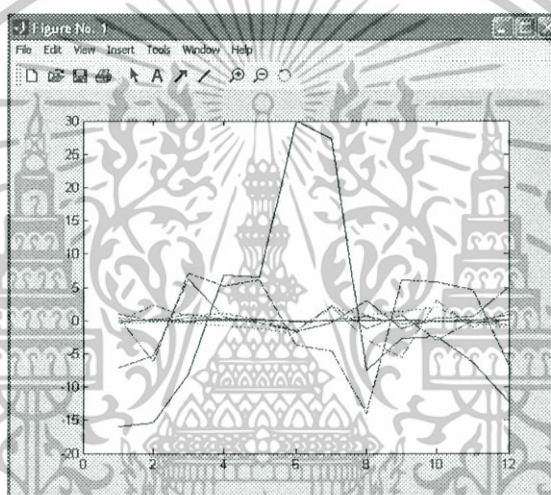
$$\text{FinalData} = \begin{pmatrix} -16.0049 & 0.3810 & -6.9965 & 0.0102 & 0.9190 & -0.4739 & 0.3473 & -0.2704 & 0.0115 & -0.0392 \\ -15.4011 & -6.1330 & -5.2847 & 2.3200 & 0.0134 & -0.1562 & -0.2209 & 0.2763 & -0.1051 & 0.0343 \\ -8.1006 & 7.0565 & 6.1922 & -0.7152 & 0.9822 & -0.3223 & 0.3601 & -0.0375 & -0.2006 & -0.0035 \\ 6.8876 & 5.2393 & 0.5043 & 1.1958 & 0.1842 & -0.8017 & 0.3110 & 0.2506 & 0.1142 & -0.0244 \\ 6.4977 & 6.0896 & -0.3618 & 0.0714 & -0.3777 & -1.2001 & 0.3879 & 0.2077 & 0.0817 & 0.0195 \\ 29.9838 & -3.7600 & -1.6187 & -1.4769 & -1.4382 & -1.8943 & -0.2457 & -0.1236 & -0.1035 & -0.0082 \\ 27.3452 & -4.5510 & -0.3139 & -2.1855 & -2.3088 & 2.0418 & 0.0624 & -0.0636 & 0.0173 & 0.0082 \\ -7.4705 & -13.9363 & 3.0960 & -2.7772 & -1.2567 & 0.8726 & 0.6197 & 0.0431 & 0.0274 & -0.0006 \\ -2.6503 & 6.1233 & -1.1761 & -5.5320 & 0.7626 & 1.4142 & -0.5105 & 0.1615 & -0.0164 & -0.0107 \\ -2.4198 & 5.7656 & 0.3370 & 2.9559 & -2.9220 & 2.0351 & -0.2373 & -0.0823 & 0.0045 & -0.0158 \\ -6.3009 & 4.6608 & 0.5178 & -1.0950 & -0.0329 & -0.3075 & -0.0249 & -0.3185 & 0.0853 & 0.0597 \\ -12.3663 & -5.9358 & 5.1044 & 1.4270 & 0.8573 & -1.2078 & -0.7491 & -0.0434 & 0.0837 & -0.0194 \end{pmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

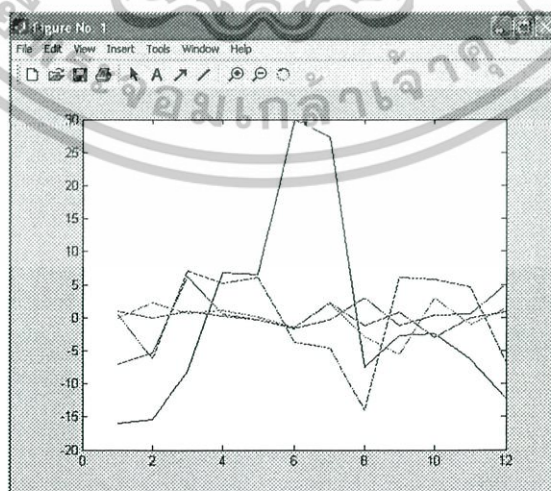
9. ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบ

PCs 1 = 76.5361 %	PCs 2 = 4.6618 %	PCs 3 = 1.9331 %
PCs 4 = 0.6232 %	PCs 5 = 0.5583 %	PCs 6 = 0.0541 %
PCs 7 = 0.0124 %	PCs 8 = 0.0124 %	PCs 9 = 0.0029 %
PCs 10 = 0.0002 %		

10. ในขั้นตอนนี้จะทดสอบด้วยการลดขนาดอินพุตโดยใช้ PCs 5 ซึ่งจะเหลือข้อมูลจาก เมตริกซ์ขนาด 12*10 เหลือเพียงเมตริกซ์ขนาด 12*5



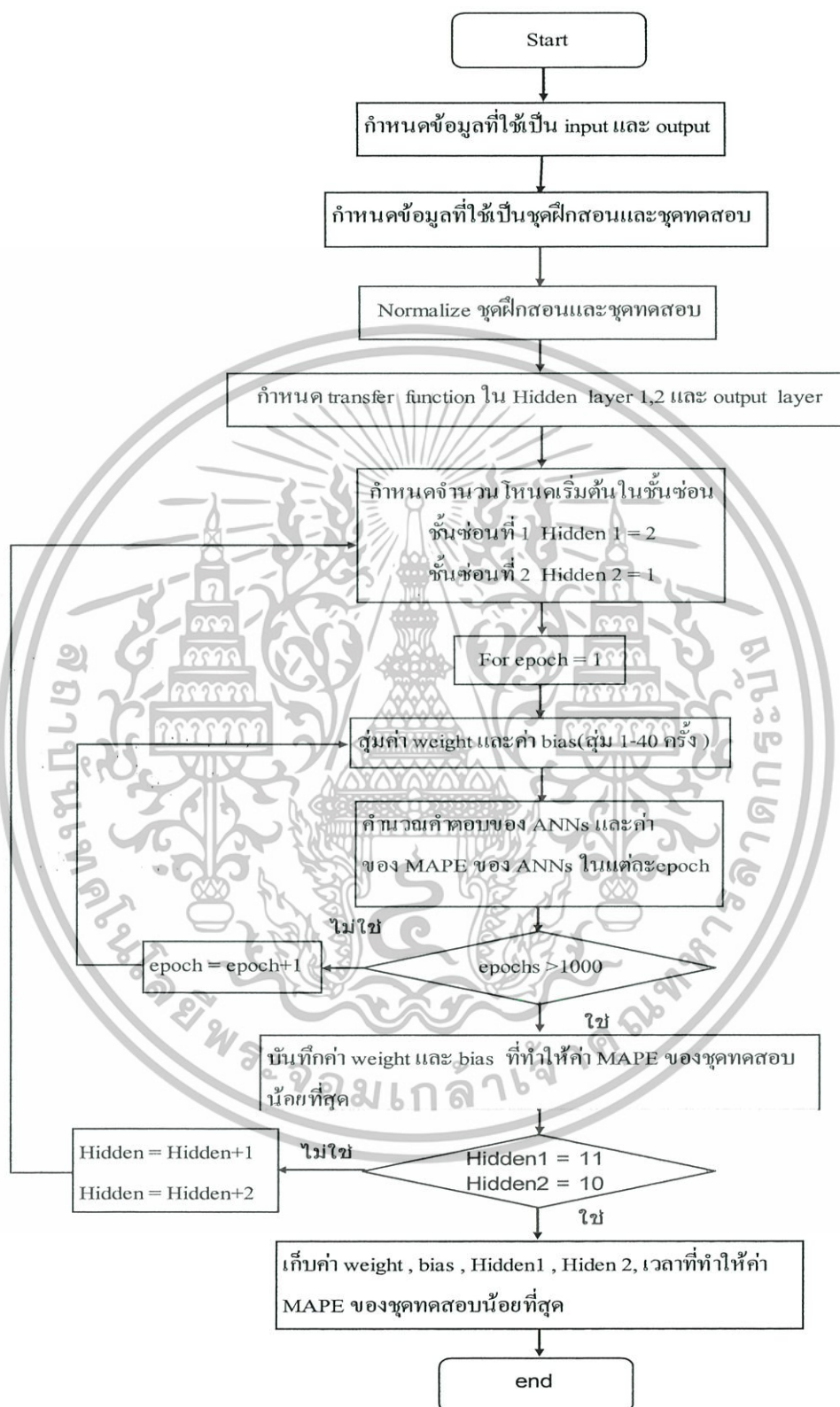
รูปที่ 5.11 ข้อมูลอินพุตเมื่อผ่านกระบวนการ PCA ก่อนที่จะลดขนาดข้อมูล



รูปที่ 5.12 ข้อมูลอินพุตเมื่อผ่านกระบวนการ PCA หลังจากลดขนาดข้อมูล

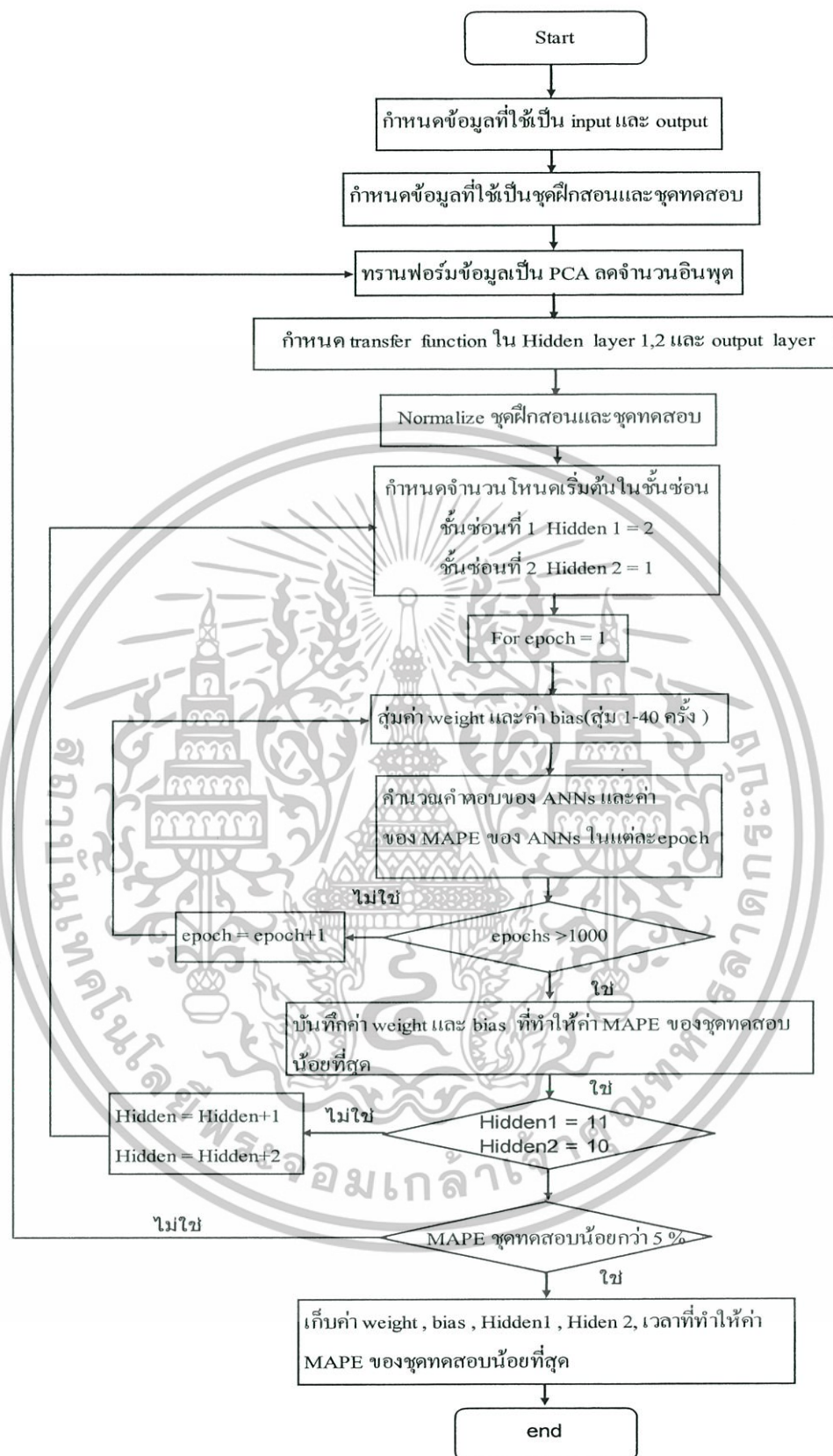
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 ขั้นตอนการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 5.13 แสดงขั้นตอนการฝึกสอนและการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงขั้นตอนการฝึกสอนและการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมโดยการใช้ PCA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้ทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งผลการทดลองในบทนี้จะใช้ข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าโรจนะ Bay 1 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ข้อมูลทดสอบจำนวน 22 ชุดและข้อมูลทดสอบจำนวน 4 ชุด ซึ่งจะทำการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิด Back-Propagation และได้นำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้คอมพิวเตอร์(PC) Pentium(R) 4 ใช้ CPU 3.0 GHz RAM ที่ใช้มีขนาด 4 GB โดยมีผลการทดลองดังนี้

6.1 ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

6.1.1 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรจนะ จะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุดคือ 0.014 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 4-3 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 3.7992 นาที โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI)ในแต่ละโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมในตารางที่ 6.1 และแผนภูมิเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าจริงดังรูปที่ 6.1

6.1.2 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIDI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรจนะ จะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุดคือ 0.025 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 5-4 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 4.0729 นาที โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIDI)ในแต่ละโครงข่ายประสาทเทียม ในตารางที่ 6.2 และแผนภูมิเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าจริงดังรูปที่ 6.2

6.1.3 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(CAIDI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรจนะ จะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุดคือ 1.163 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 3-2 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 4.0641 นาที โดยผลการทดสอบ

การทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(CAIDI) ในแต่ละโครงข่ายประสาทดเทียม ในตารางที่ 6.3 และแผนภูมิเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดเทียมกับค่าจริงดังรูปที่ 6.3

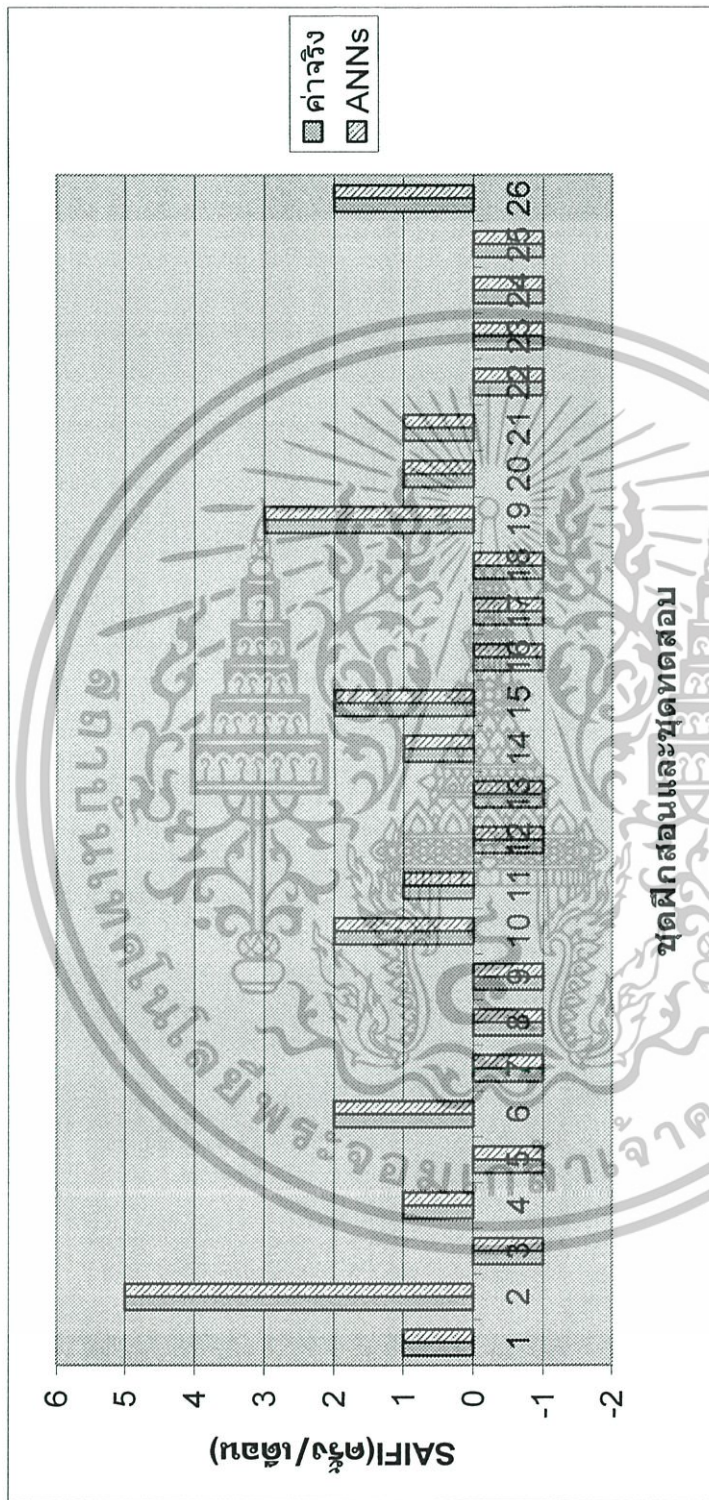
6.1.4 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ASAI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงจนะ จะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุดคือ 0.019 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 3-2 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 4.5531 นาที โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ASAI) ในแต่ละโครงสร้างของโครงข่ายประสาทดเทียมในตารางที่ 6.4 และแผนภูมิเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดเทียมกับค่าจริงดังรูปที่ 6.4

6.1.5 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(MAIFI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงจนะ จะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุดคือ 0.028 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 3-2 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 3.5505 นาที โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(MAIFI) ในแต่ละโครงข่ายประสาทดเทียมในตารางที่ 6.5 และแผนภูมิเปรียบเทียบค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดเทียมกับค่าจริงดังรูปที่ 6.5

จากผลการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยได้สรุปผลการทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 6.6 และแสดงผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากค่าจริงและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทดเทียม ซึ่งพิจารณาได้จากตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.1 ผลการทำนายค่าความเชื่อใจได้ (SAIFI) แต่ละโครงข่ายของนิวยอร์กที่เวิร์กของจำนวนนิวรอลชั้นซ่อนที่ 1, 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10

ที่	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
				Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	2	1	2.8743	6.2-e5	10.962	25.83	5.8-e4	0.0503	0.953
2	3	2	3.2765	4.23-e6	0.0011	0.894	3.5-e5	0.3137	0.731
3	4	3	3.7992	5.1071e-7	0.0005	0.0015	8.954e-4	0.0044	0.0145
4	5	4	3.8631	3.32-e5	18.04	25.84	4.4-e2	3.1841	7.0845
5	6	5	3.673	4.4-e6	0.3053	2.843	0.054	2.1995	5.598
6	7	6	5.873	3.3-e5	0.0820	1.026	0.0487	2.6998	8.934
7	8	7	4.093	1.6-e4	28.9041	42.37	0.0032	8.6590	12.57
8	9	8	6.784	0.0035	48.26	63.77	0.452	14.6203	23.66
9	10	9	7.8958	1.8-e5	26.33	35.25	0.0076	8.4842	14.94
10	11	10	8.5873	0.0321	12.34	32.28	0.749	6.1174	10.93



* หมายเหตุ :-1 หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในเดือนนั้นๆ

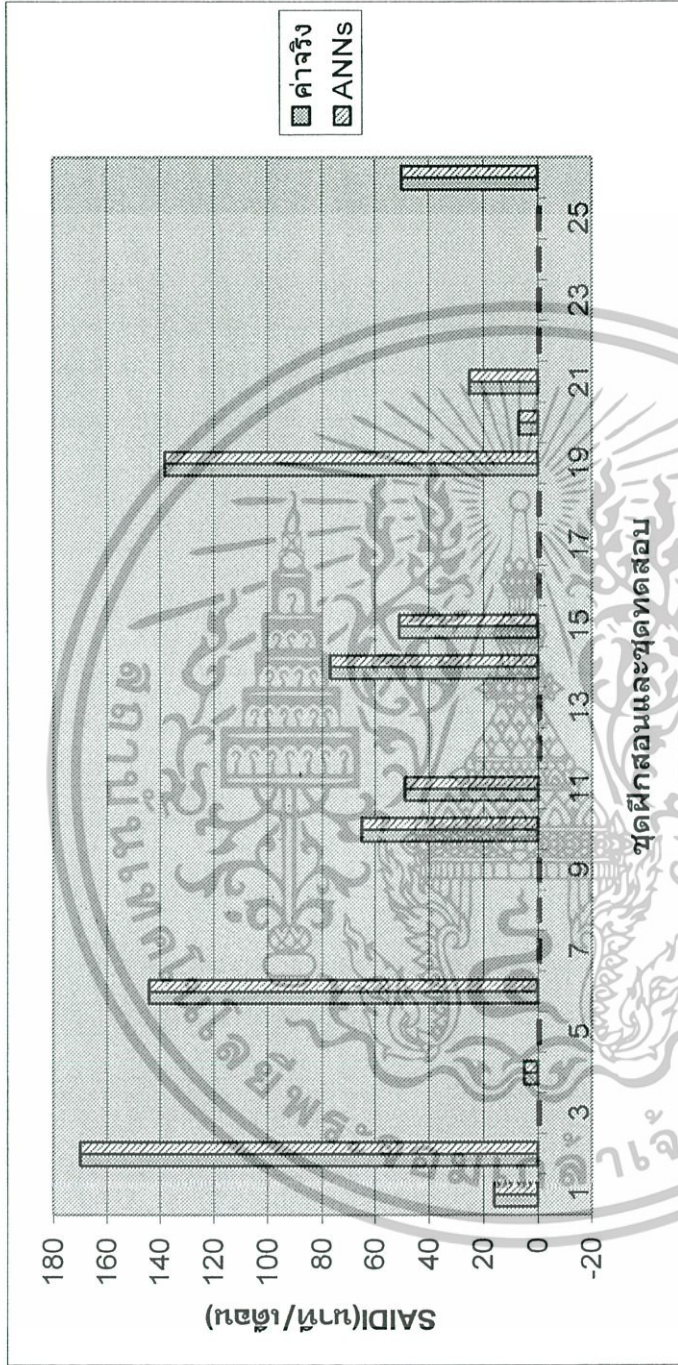
* ข้อมูลฝึกสอน คือ ชุดข้อมูลที่ 1-22

* ข้อมูลทดสอบ คือ ชุดข้อมูลที่ 23-26

รูปที่ 6.1 แผนภูมิแสดง การทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAFI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทยูเอ็ม

ตารางที่ 6.2 ผลการทำนายด้วยโครงข่ายประสาทเทียมของนิวรอลเน็ตเวิร์คของจำนวนนิรโทษชั้นข้อมูลที่ 1, 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10

ที่	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
				Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	2	1	2.083	10.74	526.05	865.58	1.398	29.0786	45.875
2	3	2	3.573	0.134	4.542	16.83	0.874	4.9705	25.85
3	4	3	3.294	1.043	4.506	9.936	3.271	7.6891	13.938
4	5	4	4.0729	1.66e-7	0.0046	0.0243	0.013	0.025	0.055
5	6	5	5.583	8.943	107.1876	135.76	9.09	114.51	155.09
6	7	6	6.498	12.973	220.9	450.84	4.573	60.780	89.05
7	8	7	5.893	0.363	3.3409	30.83	8.931	139.56	220.84
8	9	8	8.203	16.87	277.05	560.84	3.348	156.22	312.64
9	10	9	10.037	4.386	590.79	920.74	6.048	220.81	340.65
10	11	10	12.584	1.375	24.533	55.98	2.985	88.83	119.84



* หมายเหตุ :-1 หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในเดือนนั้นๆ

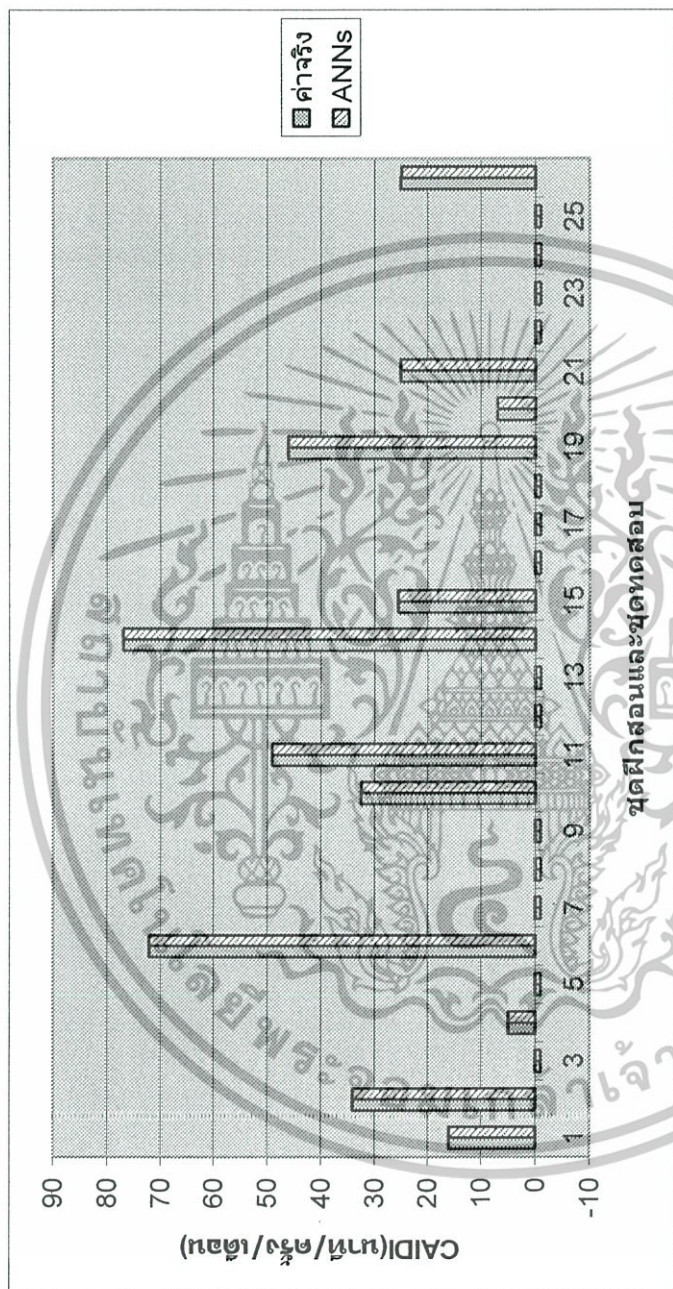
* ข้อมูลฝึกสอน คือ ชุดข้อมูลที่ 1-22

* ข้อมูลทดสอบ คือ ชุดข้อมูลที่ 23-26

รูปที่ 6.2 แผนภูมิการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIDI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าจากที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 6.3 ผลการทำนายด้วยโครงข่ายประสาทเทียมของนิวรอนที่เวิร์คของจำนวนนิวรอนต่อชั้นข้อมูลที่ 1, 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10

ที่	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน		ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		Min(%)	Mean(%)	Max(%)
				Min(%)	Mean(%)	Min(%)	Mean(%)			
1	2	1	3.875	5.68	374.07	560.93	1.54	26.001	44.93	
2	3	2	4.0641	9.0145-e6	0.0453	0.3783	0.096	1.1627	3.398	
3	4	3	4.1873	3.845	95.5265	130.74	3.982	48.824	62.45	
4	5	4	5.973	1.093	62.6113	125.65	9.534	95.854	140.87	
5	6	5	7.893	5.983	183.21	238.94	7.985	113.59	321.92	
6	7	6	8.587	3.245	209.66	348.45	1.083	39.090	55.84	
7	8	7	9.298	1.945	249.11	355.75	2.045	176.73	234.75	
8	9	8	10.328	0.873	6.1468	10.75	5.654	114.68	140.64	
9	10	9	11.583	1.387	144.46	174.81	3.084	155.432	230.75	
10	11	10	13.484	7.947	265.30	387.73	1.935	66.01	186.04	



* หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในเดือนนั้น

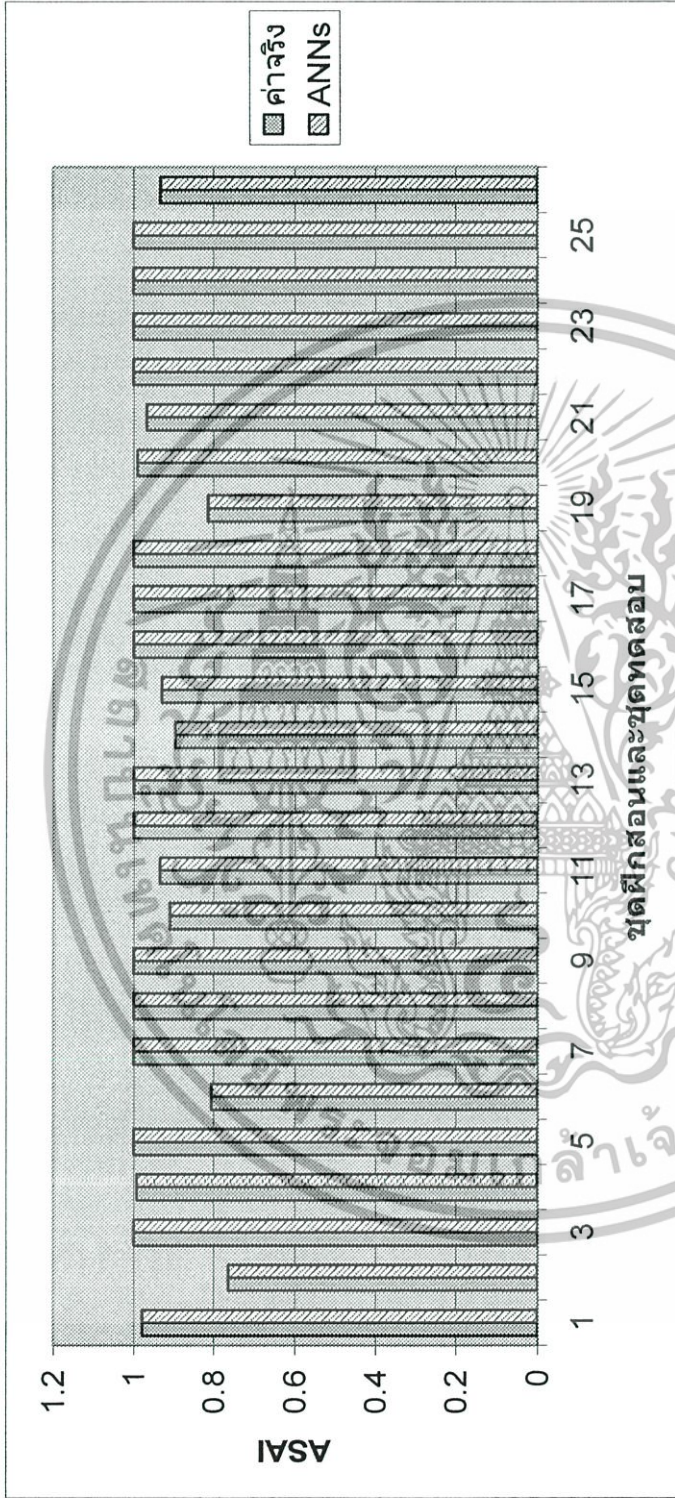
* ข้อมูลฝึกสอน คือ ชุดข้อมูลที่ 1-22

* ข้อมูลทดสอบ คือ ชุดข้อมูลที่ 23-26

รูปที่ 6.3 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (CAIDI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าได้จากโครงข่ายสภาพเทียม

ตารางที่ 6.4 ผลการทำนายด้วยความเชื่อใจได้ (ASA) แต่ละโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์คของจำนวนนิวรอลชั้นซ่อนที่ 1, 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10

ที่	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
				Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	2	1	3.8764	0.034	1.5484	3.092	0.0045	0.1779	1.834
2	3	2	4.5531	1.98e06	3.13e04	0.0029	7.1-e4	0.019	0.078
3	4	3	3.9372	0.647	3.795	5.984	0.0874	0.4624	1.054
4	5	4	5.184	6.1-e4	0.01	1.073	4.76-e3	0.0937	0.176
5	6	5	5.583	5.8-e5	0.004	0.546	4.12-e4	0.3612	1.374
6	7	6	5.963	8.5-e4	0.0410	0.893	0.0053	0.2740	1.876
7	8	7	6.903	0.0583	0.7428	1.465	0.0895	0.9010	1.187
8	9	8	6.298	0.644	1.4132	2.873	0.076	0.5698	1.982
9	10	9	7.865	0.048	1.6355	3.094	0.076	0.2675	2.086
10	11	10	9.783	0.076	0.2102	1.165	0.084	0.7663	1.973



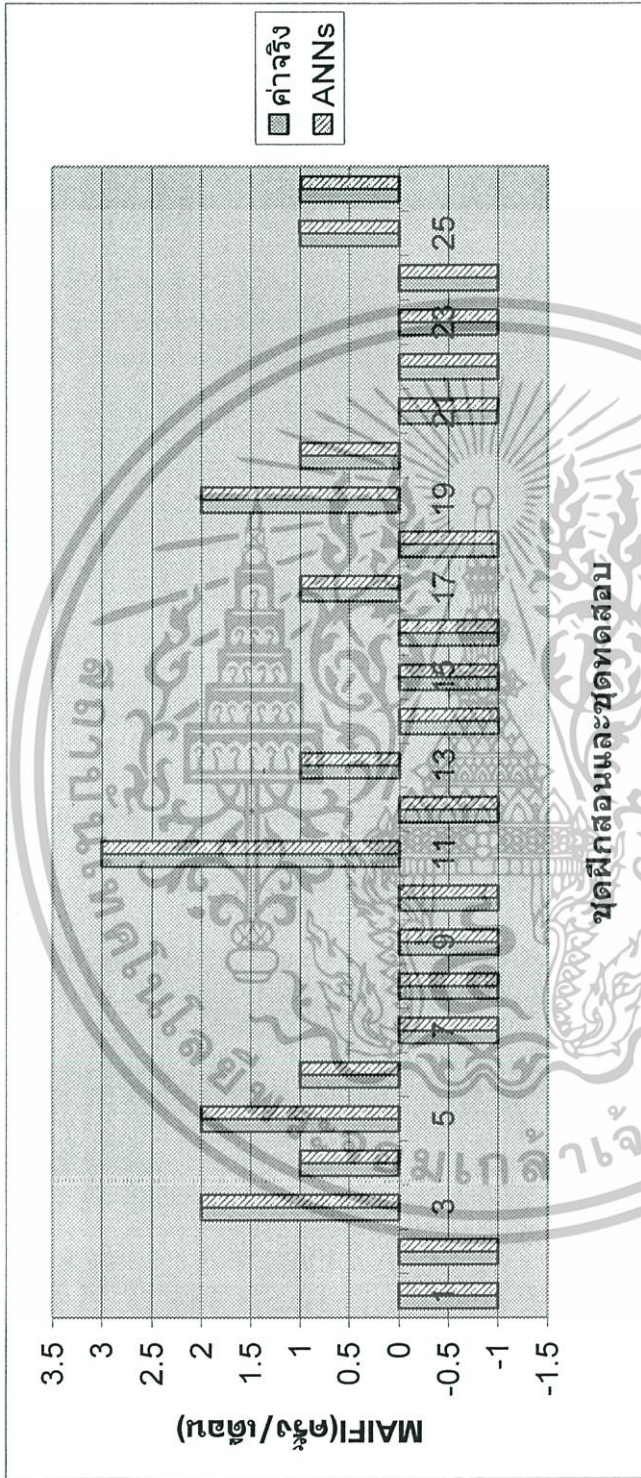
* ข้อมูลฝึกสอน คือ ชุดข้อมูลที่ 1-22

* ข้อมูลทดสอบ คือ ชุดข้อมูลที่ 23-26

รูปที่ 6.4 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (ASAI) เปรียบเทียบระหว่างคำจริงและค่าที่ได้จากโครงการขยายประสาทยูเอ็ม

ตารางที่ 6.5 ผลการทำนายด้วยมีความเชื่อถือได้ (MAIFI) แต่ละโครงสร้างของนิวรอลเน็ตเวิร์คของจำนวนนิวรอลชั้นซ่อนที่ 1, 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10

ที่	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน		ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
				Min(%)	Mean(%)	Min(%)	Mean(%)	
1	2	1	2.783	2.365	32.1495	1.873	8.4866	12.934
2	3	2	3.5505	1.19-e07	7.12-e04	5.94-e04	0.0282	0.0636
3	4	3	3.673	3.982	60.8009	1.982	6.4271	8.933
4	5	4	4.376	1.927	10.7065	1.098	7.5116	13.974
5	6	5	5.896	0.846	26.5457	1.871	6.3455	17.091
6	7	6	5.963	3.985	61.0154	0.988	5.4266	9.062
7	8	7	6.383	2.098	54.1918	1.036	7.18665	15.048
8	9	8	8.763	5.095	48.65	1.115	12.9203	20.76
9	10	9	9.893	1.824	14.3455	0.983	9.5696	14.02
10	11	10	10.187	8.03	80.4583	0.873	14.398	19.76



* หมายถึง -1 หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในเดือนนั้นๆ

* ข้อมูลฝึกสอน คือ ชุดข้อมูลปีที่ 1-22

* ข้อมูลทดสอบ คือ ชุดข้อมูลที่ 23-26

รูปที่ 6.5 แผนภูมิแสดงการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (MAIFI) เปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 ผลสรุปที่ได้จากนำข้อมูลทางคุณภาพทางไฟฟ้าทำนายความเสียหายของตู้คอนโทรลไฟฟ้า

ที่	ดัชนีความเสียหาย ของตู้ไฟฟ้า	จำนวนนิวรอล ใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอลใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error			ค่า absolute percentage error		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	SAIFI	4	3	3.7992	5.1-e07	4.65-e04	0.0015	8.95-e04	0.0044	0.0145
2	SAIDI	5	4	4.0729	1.66-e07	0.0046	0.0243	0.0126	0.0255	0.0554
3	CAIDI	3	2	4.0641	9.01-e06	0.0453	0.3783	0.0961	1.1627	3.3988
4	ASAI	3	2	4.5531	1.98-e06	3.13-e04	0.0029	7.08-e04	0.0194	0.0784
5	MAIFI	3	2	3.5505	1.19-e07	7.12-e04	0.0034	5.94-e04	0.0282	0.0636

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.7 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

ดัชนีความ เชื่อถือได้	ข้อมูลชุด ทดสอบ	ค่าที่ได้จริง	ค่าจากนิรอรล	(%)error
SAIFI (ครั้ง/เดือน)	1	-1	-1	0
	2	-1	-1	0
	3	-1	-1	0
	4	2	2.003	0.15
SAIDI (นาที/เดือน)	1	-1	-1.002	0.2
	2	-1	-0.994	0.6
	3	-1	-1.01	1
	4	50	49.99	0.02
CAIDI	1	-1	-0.996	0.4
	2	-1	-1.034	3.4
	3	-1	-0.99	1
	4	25	24.81	0.76
ASAI	1	1	1	0
	2	1	1	0
	3	1	1	0
	4	0.9328	0.9321	0.075043
MAIFI (ครั้ง/เดือน)	1	-1	-1	0
	2	-1	-1	0
	3	1	1.005	0.5
	4	1	0.994	0.6

*หมายเหตุ : -1 หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในเดือนนั้นๆ

6.2 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมกับ PCA

หลังจากทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมออกมาแล้วนั้น จะเห็นว่าตัวแปรอินพุตมีตัวแปรเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมที่ค่อนข้างนานในหัวข้อนี้จะนำ PCA มาประยุกต์ใช้ร่วมกันโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการทดสอบด้วยการลดขนาดอินพุตลงเรื่อยๆ จนได้ค่าที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

6.2.1 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงนะ โดยการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุด คือ 0.0039 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 11-10 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 1.8219 นาที และใช้อินพุตจำนวน 9 ตัว โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI) โดยใช้ PCA ในตารางที่ 6.8

6.2.2 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIDI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงนะ โดยการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุด คือ 0.0532 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 6-5 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 1.4164 นาที และใช้อินพุตจำนวน 12 ตัว โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIDI) โดยใช้ PCA ในตารางที่ 6.9

6.2.3 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(CAIDI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงนะ โดยการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุด คือ 3.09 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 4-3 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 2.3107 นาที และใช้อินพุตจำนวน 15 ตัว โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(CAIDI) โดยใช้ PCA ในตารางที่ 6.10

6.2.4 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ASAI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรงนะ โดยการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุด คือ 0.043 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2

คือ 3-2 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 3.1721 นาที และใช้อินพุตจำนวน 9 ตัว โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(ASAI) โดยใช้ PCA ในตารางที่ 6.11

6.2.5 การฝึกสอนและทดสอบโดยใช้คุณภาพทางไฟฟ้าทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(MAIFI) ในระบบจำหน่าย สถานีไฟฟ้าโรจนะ โดยการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะได้ MAPE ของชุดทดสอบที่น้อยที่สุด คือ 0.0474 โดยการเลือกใช้ทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุต คือ Tan-sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันชนิด Log-Sigmoid จำนวนนิวรอนที่ดีที่สุดของ Hidden Layer ที่ 1 และ 2 คือ 4-3 โดยเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน คือ 2.0487 นาที และใช้อินพุตจำนวน 9 ตัว โดยผลการทดสอบการทำนายดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(MAIFI) โดยใช้ PCA ในตารางที่ 6.12

6.2.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบกรณีที่น่า PCA มาใช้งานและกรณีไม่นำ PCA มาใช้งาน โดยการใช้ข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้ามาทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) โดยจะแสดงผลการเปรียบเทียบระหว่าง ค่า MAPE(%) ของชุดทดสอบที่ได้จากการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอน โครงข่ายประสาทเทียม จำนวนอินพุต ในกรณีที่ใช้ PCA และไม่ใช่ PCA ดังแสดงในรูปที่ 6.6 - 6.8 ตามลำดับ



ตารางที่ 6.8 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายด้วย SAIFI

ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	16	5	4	2.7849	2.5-e6	0.0012	0.0089	0.0022	0.2356	0.44
2	15	3	2	3.1964	2.2-e4	0.0319	0.2228	0.1494	0.9576	2.3685
3	14	7	6	2.884	4.2-e7	1.4-e4	0.0013	0.302	0.0538	0.0811
4	13	7	6	2.7992	1.1-e4	0.0283	0.1742	0.1884	0.6545	1.9518
5	12	10	9	2.6857	5.7-e4	0.1511	0.7724	0.0226	0.0774	0.1234
6	11	4	3	2.9581	9.9-e4	0.2800	0.9877	0.0271	0.2660	0.3954
7	10	4	3	1.9198	2.4-e5	0.0382	0.1582	0.0499	0.1050	0.295
8	9	11	10	1.8219	2.4-e7	0.0013	0.0102	0.0023	0.0039	0.0058
9	8	4	3	2.284	2.7-e7	0.0015	0.0129	0.0185	0.0852	0.1354
10	7	5	4	1.748	3.7-e4	0.0896	0.3534	0.0362	0.0628	0.1057

ตารางที่ ๕๕ ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในกาทำนายดัชนี SAPI (ต่อ)

ที่	จำนวนอินพุต	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
11	6	3	2	1.428	7.6-e5	0.0096	0.0145	0.0188	0.0202	
12	5	5	4	1.6659	1.4-e7	3.2-e4	7.2-e4	0.1872	0.7443	
13	4	4	3	1.724	3.6-e6	0.1390	3.8-e4	0.1186	0.3217	
14	3	4	3	0.9932	0.0010	26.49	1.82	20.79	130.5	
15	2	4	3	0.1971	0.0169	58.74	4.153	30.42	129.5	
16	1	9	8	0.1689	0.1971	57.03	3.1308	41.64	148.2	

ตารางที่ 6.9 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายด้วย SAIDI

ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การคำนวณ (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min (%)	Mean (%)	Max (%)	Min (%)	Mean (%)	Max (%)
1	16	4	3	3.4102	0.0042	0.0454	0.0226	2.8238	6.8883	
2	15	4	3	3.3940	0.0087	0.0644	0.0074	0.2084	0.7688	
3	14	4	3	3.896	0.0862	6.457	0.4145	12.86	28.86	
4	13	4	3	2.6784	3.5-e8	4.2-e4	5.5-e4	1.26	4.28	
5	12	6	5	1.4164	7.8-e8	0.0164	0.0205	0.0532	0.078	
6	11	5	4	2.8159	2.1-e6	0.0665	0.0530	0.2465	0.5367	
7	10	3	2	3.7888	9.1-e8	0.0395	0.0067	0.1953	0.2784	
8	9	3	2	2.6469	1.6-e7	0.0641	0.0696	0.1226	0.1474	
9	8	3	2	2.9445	5.4-e6	0.3482	0.4101	1.36	3.84	
10	7	4	3	2.5901	1.1-e6	0.0088	0.0349	4.48	9.06	

ตารางที่ ๑๑ ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายดัชนี SAIDI

ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ การฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
11	6	4	3	2.8875	6.8-e5	0.1537	0.4366	0.4120	0.4658	0.6011
12	5	5	4	2.2880	3.9-e5	0.2767	1.378	5.05	12.38	21.52
13	4	3	2	2.1283	4.5-e5	6.804	12.64	1.092	16.93	28.09
14	3	3	2	2.0721	3.7-e3	12.06	23.09	0.834	20.72	35.46
15	2	3	2	1.2764	1.023	30.76	45.94	2.984	13.24	32.98
16	1	2	1	2.0961	3.8218	145.99	911.5	92.97	110.85	127.35

ตารางที่ 6.10 ผลการทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายด้วย CAIDI

ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ใน การฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน		ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ			
					Min(%)	Max(%)	Min(%)	Max(%)		
1	23	4	3	3.8973	2.0-e5	0.054	0.7653	0.2316	15.76	22.98
2	22	5	4	3.5461	1.16-e4	0.032	0.953	0.183	9.76	16.763
3	21	3	2	3.3873	2.5-e3	0.5239	1.187	1.562	13.98	22.87
4	20	4	3	2.9084	1.83-e4	0.0421	0.3058	0.6941	17.03	36.50
5	19	3	2	2.735	5.6-e4	1.873	2.763	0.7842	10.983	18.60
6	18	3	2	3.298	3.94-e5	0.1211	0.6640	0.6112	8.126	25.15
7	17	4	3	2.8972	3.3-e4	0.764	1.198	0.8734	4.58	19.93
8	16	5	4	3.1083	2.2-e4	0.087	0.783	0.531	6.85	15.98
9	15	4	3	2.3107	1.406-e5	0.0773	0.5899	0.1778	3.09	9.33
10	14	4	3	2.675	1.93-e5	0.284	2.983	0.654	8.09	12.087
11	13	3	2	2.298	1.8-e4	0.842	3.053	1.1082	11.82	25.21

ตารางที่ 6.10 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายด้วย CAIDI (ต่อ)

ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
12	12	3	2	2.4583	8.0-e3	0.763	3.983	0.833	3.792	4.0937
13	11	4	3	2.3911	6.8-e3	1.198	2.941	1.982	6.842	12.93
14	10	3	2	2.5578	5.82-e4	1.2516	6.642	0.882	9.872	13.09
15	9	5	4	2.4875	1.18-e3	0.873	2.872	1.987	15.48	22.97
16	8	2	1	2.114	0.0631	0.844	4.894	0.874	2.88	6.698
17	7	3	2	2.0893	0.082	0.87	1.165	0.983	3.87	9.873
18	6	3	2	2.4362	0.9336	1.465	3.398	1.108	9.05	17.55
19	5	5	4	1.6784	1.59-e4	0.4483	3.5995	0.3897	3.356	5.0582
20	4	6	5	2.3541	1.982	3.982	9.086	2.083	12.98	23.393
21	3	4	3	1.8932	0.028	1.837	3.983	1.198	25.87	45.98
22	2	3	2	1.8277	2.837	15.87	22.09	4.933	35.98	63.94
23	1	4	3	0.9873	5.847	9.844	15.73	9.09	62.64	123.87

ตารางที่ 6.11 ผลการทดสอบ โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายดัชนี ASAI

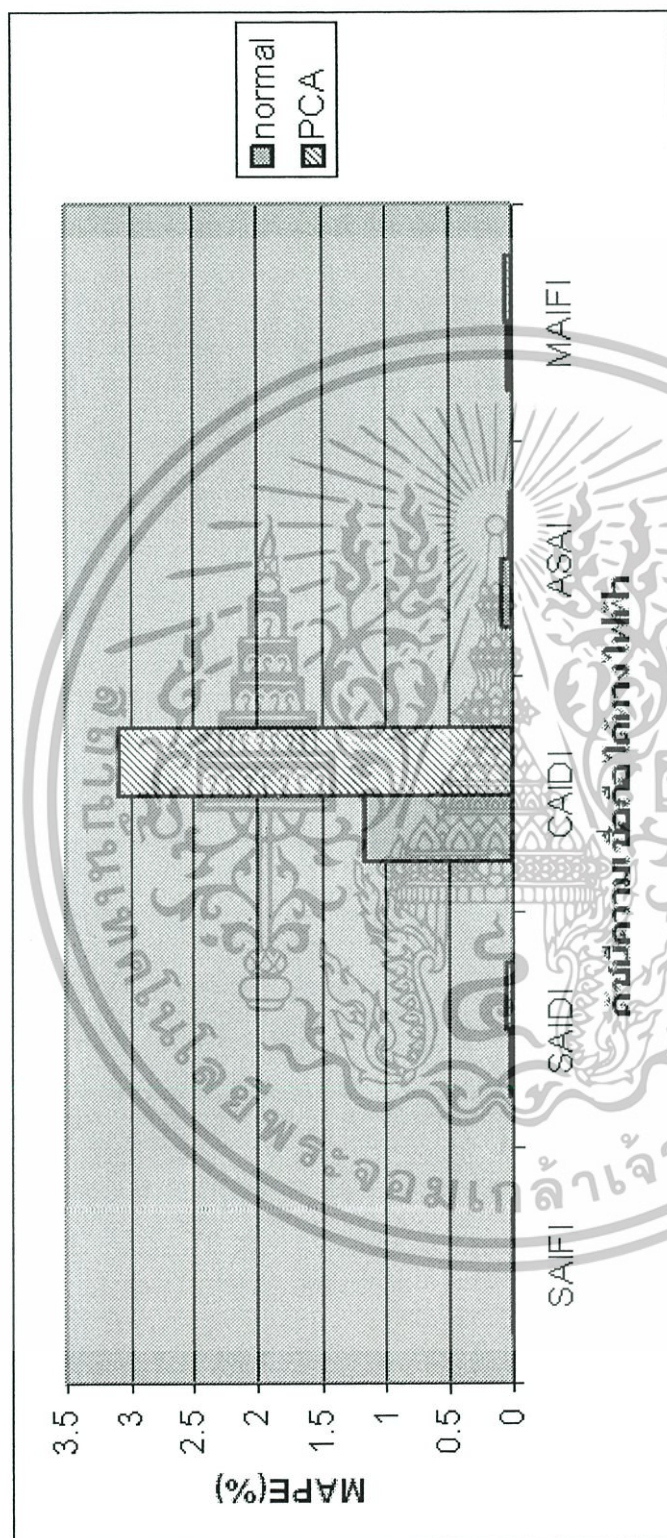
ที่	จำนวน อินพุต	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวน นิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการ ฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน		ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ			
					Min(%)	Max(%)	Min(%)	Max(%)		
1	17	7	6	3.5732	5.6-e4	2.88	16.052	0.0022	0.0357	0.0739
2	16	4	3	2.7802	5.5-e9	1.3-e5	1.1-e4	8.9-e5	0.0218	0.0038
3	15	4	3	2.7232	4.5-e7	1.7-e5	1.0-e4	5.9-e5	0.0367	0.1371
4	14	3	2	3.7078	7.8-e9	1.1370	14.05	2.7-e6	0.1260	0.4590
5	13	2	1	2.4281	1.5-e5	0.0026	0.0123	2.7-e4	0.0489	0.1579
6	12	5	4	2.2750	4.0-e5	0.0111	0.0526	0.0160	0.0427	0.1067
7	11	3	2	3.6591	5.8-e6	0.9726	10.95	0.0027	0.0234	0.0549
8	10	4	3	2.3852	7.5-e4	2.9727	18.03	0.0014	0.0250	0.071
9	9	3	2	3.1721	3.9-e7	0.7942	6.4258	8.4-e4	0.0123	0.043
10	8	3	2	3.2011	2.3-e7	3.4-e4	0.0036	0.0431	0.0494	0.056

ตารางที่ 6.11 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายด้วยวิธี ASA1(ขอ)

ที่	จำนวนอินพุต	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 1	จำนวนนิวรอนใน Hidden Layer ที่ 2	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (วินาที)	ค่า absolute percentage error ของชุดฝึกสอน			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
11	7	5	4	2.2099	9.7-e5	1.12537	14.05	3.4-e4	0.1459	0.4407
12	6	4	3	3.32	2.7-e8	2.2-e4	9.4-e4	1.1-e5	0.0125	0.0091
13	5	4	3	3.2938	1.4-e5	0.0680	0.7372	9.8-e4	0.1335	0.5307
14	4	3	2	2.5419	1.5-e4	0.0758	1.3105	0.052	0.2154	0.5208
15	3	5	4	2.0172	5-e6	0.0016	0.0131	1.6-e4	0.0749	0.2518
16	2	4	3	2.4193	2.7-e7	0.0607	1.312	0.0050	0.1590	0.3082
17	1	5	4	2.154	0.016	1.08	7.016	0.898	1.278	1.73

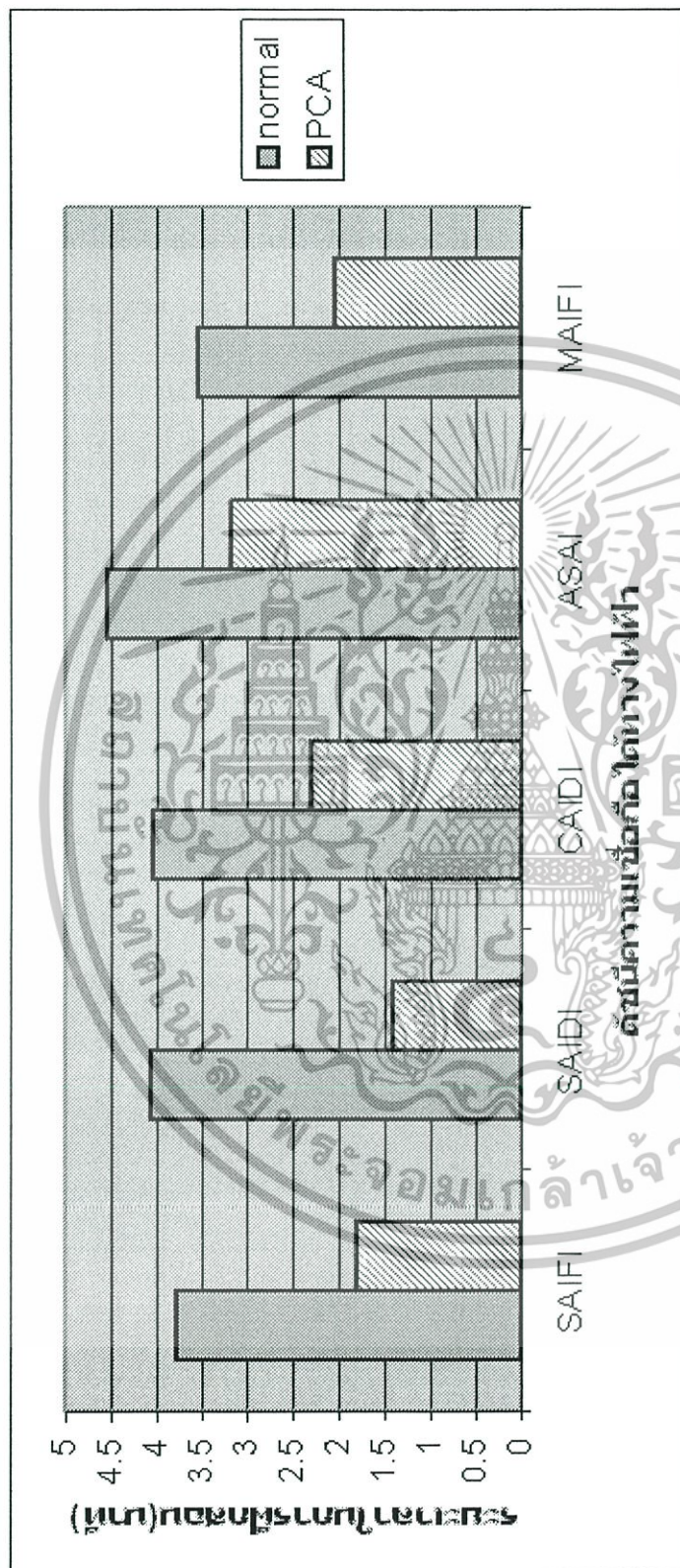
ตารางที่ 6.12 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับ PCA โดยการลดขนาดอินพุตลงในการทำนายดัชนี MAIFI

ที่	จำนวนอินพุต	จำนวนนิวรอนใน Hidden	จำนวนนิวรอนใน Hidden	เวลาที่ใช้ในการฝึกสอน (นาที)	ค่า absolute percentage error ของ			ค่า absolute percentage error ของชุดทดสอบ		
					Min(%)	Mean(%)	Max(%)	Min(%)	Mean(%)	Max(%)
1	11	3	2	3.3769	2.3-e4	0.7832	1.9875	1.16-e3	0.886	2.897
2	10	3	2	3.4765	1.6-e5	0.0523	0.9875	7.4-e4	0.0753	1.082
3	9	4	3	2.0487	1.13-e5	0.0019	0.0066	3.45-e4	0.0474	0.1794
4	8	5	4	2.895	3.9-e5	0.008	0.065	0.0085	0.986	2.095
5	7	4	3	2.275	0.0533	0.7223	1.157	0.0941	0.677	1.896
6	6	3	2	1.902	3.3-e4	0.054	0.5437	7.6-e3	0.0568	0.8751
7	5	5	4	2.076	0.076	1.244	3.4405	0.673	1.342	4.452
8	4	4	3	1.964	1.165	8.096	15.765	0.765	4.685	9.642
9	3	3	2	2.287	0.875	6.998	12.843	23.152	12.56	32.78
10	2	3	2	1.895	1.134	12.92	25.983	2.276	35.87	56.98
11	1	6	5	0.965	0.0012	35.78	67.9	4.932	112.35	220.54



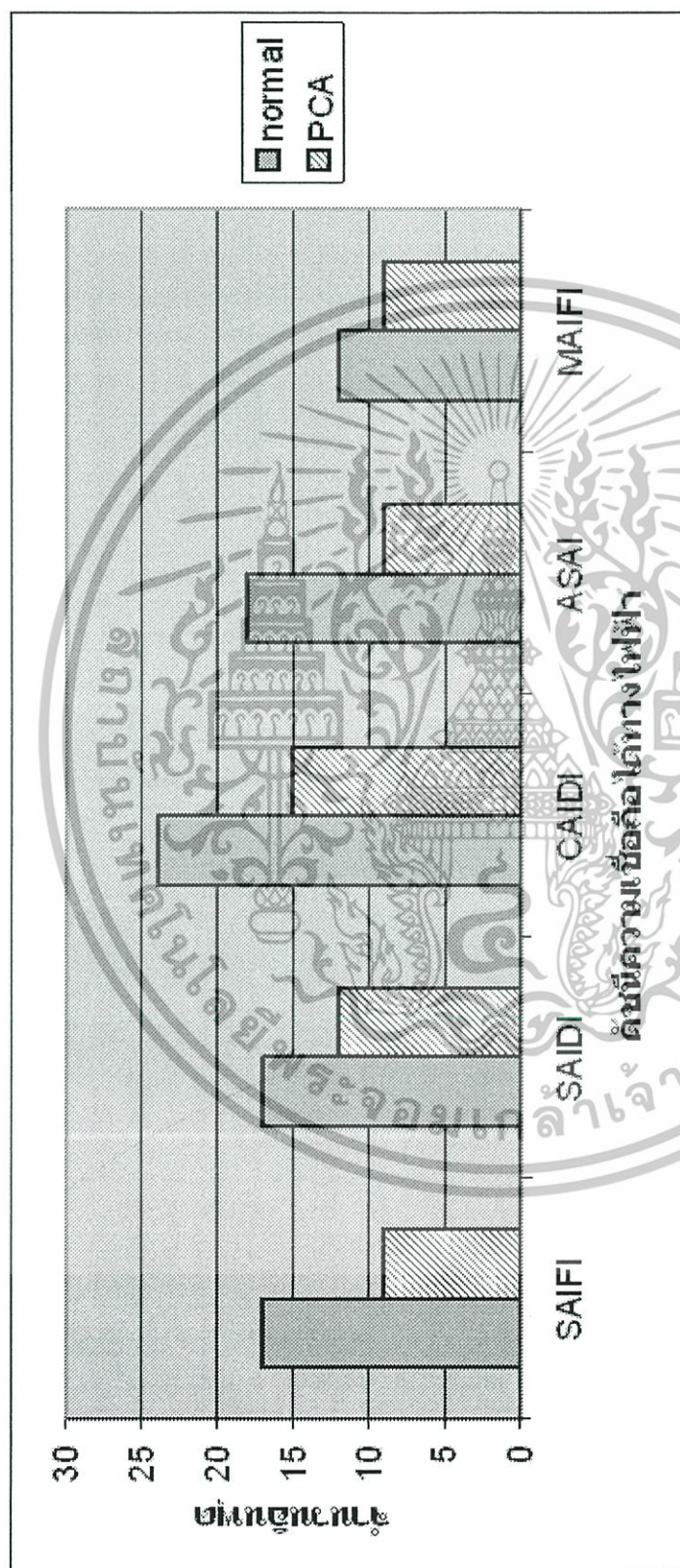
รูปที่ 6.6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า MAPE (%) การที่ใช้ PCA และการที่ไม่ใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของ โครงข่ายระบบ ระหว่างการที่มีไม่ใช้ PCA และการที่มีใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๖.๘ แสดงผลการเปรียบเทียบ จำนวนอินพุต กรณีที่ใช้ PCA และกรณีที่ไม่ใช้ PCA ในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นกรนำเสนอเทคนิคใหม่มาใช้ในการทำนายคุณภาพและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จะถูกนำมาวิเคราะห์และใช้งานร่วมกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของทั้งสองเรื่องว่ามีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นอย่างไร เพื่อจะได้นำไปใช้งานร่วมกันในอนาคต ซึ่งระบบไฟฟ้าที่เลือกมาทำการทดลองนั้นเป็นระบบจำหน่ายทางด้านแรงดันต่ำของสถานีไฟฟ้าโรงนะ จังหวัดอยุธยา Bay 1 ในงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในด้านการปรับปรุงและพัฒนา ระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าใน โชนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และโดยเฉพาะ โชนที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญระดับสูงและเป็นการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับ โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อช่วยลดระยะเวลาการฝึกสอนของ โครงข่ายประสาทเทียมและลด จำนวนอินพุต อีกทั้งค่า MAPE ของข้อมูลในชุดทดสอบยังให้ผลที่ค่อนข้างดีอีกด้วย โดยที่ไม่ทำให้เกิดความสูญเสียซึ่งนัยสำคัญของข้อมูล ซึ่งในการทดลองนั้นจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันดังต่อไปนี้

ส่วนแรกเป็นการทดลองโดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ทำนายคุณภาพทางไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า โดยการกำหนดทรานเฟอร์ฟังก์ชันในชั้นซ่อนที่ 1 และชั้น เอาท์พุต เป็น Tan-Sigmoid และชั้นซ่อนที่ 2 เป็น Log-Sigmoid โดยจะแสดงผลในแต่ละ โครงสร้างของนิวรอนที่เวิร์คของจำนวนนิวรอนชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 ขนาด 2-1 ไปจนถึง 11-10 จากการทดลองจะพบว่า จากการทดลองส่วนใหญ่จะเห็นว่าโครงสร้างของ ANNs ที่มีขนาดเล็ก ไปหรือมีขนาดใหญ่ไปนั้น ไม่ได้ดีเสมอไป ขนาดที่เหมาะสมคือ โครงสร้างของ ANNs ที่มีขนาด กลางๆ คือ ไม่เล็กไปและไม่ใหญ่จนเกินไป และได้แสดงผลการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ได้จาก โครงข่ายประสาทเทียม จะเห็นว่า การนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้นั้นสามารถหาคำตอบได้ อย่างถูกต้องและแม่นยำสูง ทั้งที่ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนเป็นข้อมูลที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) จากการทดลองนี้จะเห็นว่า ตัวแปรอินพุตที่เลือกนั้นจะมีค่อนข้างมากและเมื่อตรวจสอบ กับเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแล้วจะเห็นว่า จะใช้เวลาค่อนข้างนานในการ ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

ส่วนที่สองเป็นการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) มาใช้งานร่วมกับ โครงข่ายประสาทเทียม จากการทดลองจะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการ คำนวณค่า PCA) ไม่ยาวกรณใดทุกสิ่ง อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมและจำนวนอินพุตลดลง เมื่อนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม และเมื่อดูในภาพรวมแล้วจะพบว่าค่าของ MAPE ของชุดฝึกสอนและชุดทดสอบที่ได้จะให้ค่าที่ดีกว่าค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ไม่ใช้ PCA และจะเห็นว่าการนำ PCA มาใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเหมาะสมกับ ข้อมูลที่มีอินพุตจำนวนมากๆ โดยข้อดีของ PCA นั้นเมื่อทำการลดขนาดของอินพุตลงก็จะไม่ทำให้เกิดความสูญเสียสำคัญของข้อมูล อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมได้อีกด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศักดิ์ชัย นรสิงห์และวัฒนา แก้วคุก, ไฟฟ้าอุตสาหกรรม เรื่องนำรู้สำหรับวิศวกร, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2549.
- [2] สุพัต พุ่มจันทร์, “การวิเคราะห์คุณลักษณะการเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้นจากเครื่องวัดคุณภาพทางไฟฟ้าโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.
- [3] โครงการสำรวจระดับคุณภาพไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า ระยะที่ 2 “ การคำนวณดัชนีคุณภาพกำลังไฟฟ้า และดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า,” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550.
- [4] ศูนย์บริการวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, “รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่ระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มธุรกิจและกลุ่มอุตสาหกรรมที่,” หน้า 37-117 , 2549.
- [5] สุวิทย์ อจริยะเมต, “บทความความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า,” วารสารเผยแพร่ความรู้ของสมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าไทย , ปีที่ 13 ,ฉบับที่ 4 , หน้า 68-72 ,กรกฎาคม – สิงหาคม 2549.
- [6] ฉัตรชัย สานติสุขรัตน์, “การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2549.
- [7] ชำนาญ ห่อเกียรติ, ความน่าเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า, กรุงเทพฯ : บริษัททรนภาคพรินติ้ง , 2549.
- [8] เกียรติศักดิ์ แก้วมณี, “ การหาค่าความเชื่อถือได้(SAIFI, SAIDI) ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549.
- [9] นฤมล ชิ่งตระกูล, “การพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.
- [10] สมชาติ จิริวิภากร, “เอกสารประกอบการสอนรหัสวิชา 01027641 Neural Network Application,” คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.
- [11] สมชาติ จิริวิภากร, “เอกสารประกอบการสอนรหัสวิชา 01027198 Energy Management Control,” คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่กระบัง 2551. ใบการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] J.Arrillaga,N.R. Watson and S.Chen, **Power System Quality Assessment** , John Wiley & Sons, pp. 1-48, 2000.
- [13] IEEE 1159-1995,“IEEE Recommended Practice for Monitoring Electronic Power Quality”
- [14] Demuth , H. and Beale, M, **Neural Network Toolbox User’s Guide**, The Math Works,Inc.,March ,2001.
- [15] W.Kanitpanyacharoean and S.PremrudeechaCharan ,“Power Quality Problem Classification Using Wavelet Transformation and Artificial Neural Networks,” *IEEE Region 10 Conference*, pp.252-255 , November 2004.
- [16] J. Wesley Hines,“Principle Component Analysis,” The University of Tennessee,2000.
- [17] Lindsay I Smith, A tutorial on Principle Component Analysis, February 26,2002.
- [18] Technical Report by EPRI, “Correlating Power Quality Indices with System Reliability Indices,” *EPRI*, 2005.
- [19] Unipower , “PQ Secure Instalation Manual ,” [online] , Available: www.unipower.se
- [20] Rosendo,J.A.,Gomez-Exposito,A.,Tevar,G. and Rodriguez, M., “Evaluation and improvement of supply reliability indices for distribution networks ,” *IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition* , pp. 1-6 , 2008.
- [21] Huang, G.M. and Yishan Li, “Power system reliability indices to measure impacts caused by transient stability crises,” *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting* , vol.2 , pp. 766-771, 2002.
- [22] Balijepalli, N.,Venkata, S.S. and Christie, R.D.,“ Modeling and analysis of distribution reliability indices, ” *IEEE Transactions on Power Delivery* , Volume : 19 , Issue : 4 , pp. 1950-1955 , 2004.
- [23] Chandel, A.K.,Guleria, G. and Chandel, R.,“Classification of power quality problems using wavelet based artificial neural network,” *IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition* , pp.1-5 , 2008.
- [24] Ying-Tung Hsiao,Ying-Ming Wu ,Yen-Hsing Lee and Fun Ye , “Fuzzy Power Quality Indicator ,” *Machine Learning and Cybernetics* ,vol. 3 , pp. 1418-1423 , 2007.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรม PQSecure

THDF-(Fundamental) = การคำนวณค่า THD โดยใช้กระบวนการทางอเมริกา

THD-R(Relative, RMS) = การคำนวณค่า THD โดยใช้ RMS ของทางยุโรป

THD-E(Even) = ค่าความผิดเพี้ยนของฮาร์โมนิกส์ลำดับคู่ทั้งหมด

THD-O(Odd) = ค่าความผิดเพี้ยนของฮาร์โมนิกส์ลำดับคี่ทั้งหมด

THD-I(Inter) = ค่าความผิดเพี้ยนของอินเตอร์ฮาร์โมนิกส์ทั้งหมด

TDD = ค่าความผิดเพี้ยนของความต้องการทางไฟฟ้าของฮาร์โมนิกส์ทั้งหมด

THD-2650 = ย่านของความผิดเพี้ยนฮาร์โมนิกส์ทั้งหมดตั้งแต่ฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 26 ถึง 50

K-factor = กระแสของหม้อแปลงไฟฟ้า K-factor

PFFT = กำลังของฮาร์โมนิกส์คำนวณถึงฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ 11

Flicker = การคำนวณไฟกระพริบสั้นและไฟกระพริบยาว(Plt, Pst)

Voltage Unbalance = ระบบแรงดันไม่สมดุล ได้แก่ ลำดับเฟสบวก, ลบ, ศูนย์ (Sequence positive, Sequence negative, Sequence zero)

มาตรฐานที่ใช้ในโปรแกรม (Standard)

คุณภาพของแรงดันไฟฟ้า EN 50160 , SS4211811

การวัดฮาร์โมนิกส์ IEC 61000-4-7

การวัดไฟกระพริบ IEC 61000-4-15(IEC 868)

กระบวนการวัด PQ IEC 61000-4-30(ทดสอบและการวัดทางเทคนิค)

ความปลอดภัย EN 61010-1 (IEC 1010-1)

EMC EN 50081-1,2 ; EN 50082-1,2

การแบ่งประเภทของการวัดและการคำนวณพารามิเตอร์

1. แรงดันทางไฟฟ้า (Voltage Quantities)

แรงดันทางไฟฟ้าเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61000-4-30 ช่วงระยะเวลา 10 ms ที่ความถี่ 50 Hz

Quantity	Description	Channel
U1Avg	Voltage interval rms value IEC 61000-4-30*	1
U1Min	Voltage min rms value 10 ms resolution(50 Hz)	1
U1Max	Voltage max rms value 10 ms resolution(50 Hz)	1
U2Avg	Voltage interval rms value IEC 61000-4-30*	2
U2Min	Voltage min rms value 10 ms resolution(50 Hz)	2
U2Max	Voltage max rms value 10 ms resolution(50 Hz)	2
U3Avg	Voltage interval rms value IEC 61000-4-30*	3
U3Min	Voltage min rms value 10 ms resolution(50 Hz)	3
U3Max	Voltage max rms value 10 ms resolution(50 Hz)	3
UNGAvg	Voltage interval rms value IEC 61000-4-30*	4
UNGMin	Voltage min rms value 10 ms resolution(50 Hz)	4
UNGMax	Voltage max rms value 10 ms resolution(50 Hz)	4
U12Avg	Main Voltage U12 interval rms value IEC 61000-4-30*	1-2
U12Min	Main Voltage U12 min rms value	1-2
U12Max	Main Voltage U12 max rms value	1-2
U23Avg	Main Voltage U23 interval rms value IEC 61000-4-30*	2-3
U23Min	Main Voltage U23 min rms value	2-3
U23Max	Main Voltage U23 max rms value	2-3
U31Avg	Main Voltage U31 interval rms value IEC 61000-4-30*	3-1
U31Min	Main Voltage U31 min rms value	3-1
U31Max	Main Voltage U31 max rms value	3-1
UB	Unbalance according to IEC 61000-4-30*	
UBPos	Unbalance positive sequence voltage	
UBNeg	Unbalance negative sequence voltage	
UBZero	Unbalance zero sequence voltage	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความถี่ทางไฟฟ้า (Frequency Quantities)

ความถี่ที่ใช้วัดตามมาตรฐาน IEC 61000-4-30

Quantity	Description
Favg	Frequency mean value during interval
Fmin	Frequency min 10s value (during interval)
Fmax	Frequency max 10s value (during interval)
N_total	Total number of 10s values in interval IEC 61000-4-30*
N_good	Total number of accepted 10s interval according to preset limit IEC 61000-4-30*

3. กระแสทางไฟฟ้า(Current Quantities)

Quantity	Description	Channel
I1Avg	Current interval rms value	1
I1Min	Current min rms value 10 ms resolution (50 Hz)	1
I1Max	Current max rms value 10 ms resolution (50 Hz)	1
I2Avg	Current interval rms value	2
I2Min	Current min rms value 10 ms resolution (50 Hz)	2
I2Max	Current max rms value 10 ms resolution (50 Hz)	2
I3Avg	Current interval rms value	3
I3Min	Current min rms value 10 ms resolution (50 Hz)	3
I3Max	Current max rms value 10 ms resolution (50 Hz)	3
INAvg	Current interval rms value	4
INMin	Current min rms value 10 ms resolution (50 Hz)	4
INMax	Current max rms value 10 ms resolution (50 Hz)	4

4. กำลังทางไฟฟ้า (Power Qualities)

Quantity	Description	Channel
PAvg1	Average Active power phase1	1
PAvg2	Average Active power phase2	2
PAvg3	Average Active power phase3	3
QAvg1	Average Reactive power phase 1	1
QAvg2	Average Reactive power phase 2	2
QAvg3	Average Reactive power phase 3	3
SAvg1	Average Apparent power phase1	1
SAvg2	Average Apparent power phase2	2
SAvg3	Average Apparent power phase3	3
PFAvg1	Average Power Factor phase1	1
PFAvg2	Average Power Factor phase2	2
PFAvg3	Average Power Factor phase3	3
DPFAvg1	$\cos \varphi$ phase 1	1
DPFAvg2	$\cos \varphi$ phase 2	2
DPFAvg3	$\cos \varphi$ phase 3	3
Ptot	Total active power for all three phase	
Qtot	Total reactive power for all three phase	
Stot	Total apparent power for all three phase	
PFTot	Total power factor for all three phase	
DPFTot	Total $\cos \varphi$	

5. ไฟกระพริบ (Flicker Quantities)

การวัดไฟกระพริบเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 610004-30

Quantity	Description	Channel
PST1	PST channel 1 IEC 61000-4-15	1
PST2	PST channel 2 IEC 61000-4-15	2
PST3	PST channel 3 IEC 61000-4-15	3
PLT1	PST channel 1 IEC 61000-4-15	1
PLT2	PST channel 2 IEC 61000-4-15	2
PLT3	PST channel 3 IEC 61000-4-15	3

6. Individual Harmonic

การวัดฮาร์โมนิกส์เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61000-4-7

Quantity	Description	Channel
HU1_0-HU1_50	Individual RMS harmonic amplitude voltage phase1	U1
HI1_0-HI1_50	Individual RMS harmonic amplitude current phase1	I1
HU2_0-HU2_50	Individual RMS harmonic amplitude voltage phase2	U2
HI2_0-HI2_50	Individual RMS harmonic amplitude current phase2	I2
HU3_0-HU3_50	Individual RMS harmonic amplitude voltage phase3	U3
HI3_0-HI3_50	Individual RMS harmonic amplitude current phase3	I3
HU4_0-HU4_50	Individual RMS harmonic amplitude voltage phase4	U4
HI4_0-HI4_50	Individual RMS harmonic amplitude current phase4	I4

7. เหตุการณ์ (Event)

Type of Event	Information stored
Sag/Swell	Trig time , Trig phase, Duration Level , Direction of disturbance
Transient	Trig time , Trig phase , Transient Duration , Transient Maximum deviation
Pst	Trig time , Trig phase , Level
Plt	Trig time , Trig phase , Level
THD	Trig time, Trig phase , Level
Unbalance	Trig time, Level
Frequency	Trig time , Frequency
Digital Input	Trig time , Input , Level
Voltage	Trig time , Trig phase , Level
PF	Trig time , Level
Signalling	Trig time , Level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Harmonic THD

การวัดฮาร์โมนิกส์เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 61000-4-7

Quantity	Description	Channel
THDF_U1	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	U1
THDF_U2	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	U2
THDF_U3	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	U3
THDF_U4	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	U4
THDF_I1	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	I1
THDF_I2	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	I2
THDF_I3	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	I3
THDF_I4	Harmonic up to 50 th relative to fundamental RMS Values	I4
THDR_U1	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	U1
THDR_U2	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	U2
THDR_U3	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	U3
THDR_U4	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	U4
THDR_I1	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	I1
THDR_I2	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	I2
THDR_I3	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	I3
THDR_I4	Harmonic up to 50 th relative to total signal RMS Values	I4
THDOdd_U1	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U1
THDOdd_U2	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U2
THDOdd_U3	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U3
THDOdd_U4	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U4
THDOdd_I1	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I1
THDOdd_I2	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I2
THDOdd_I3	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I3
THDOdd_I4	Odd Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I4
THDEven_U1	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U1
THDEven_U2	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U2

8. Harmonic THD(ต่อ)

Quantity	Description	Channel
THDEven_U3	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U3
THDEven_U4	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U4
THDEven_I1	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I1
THDEven_I2	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I2
THDEven_I3	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I3
THDEven_I4	Even Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I4
THDInter_U1	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U1
THDInter_U2	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U2
THDInter_U3	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U3
THDInter_U4	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	U4
THDInter_I1	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I1
THDInter_I2	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I2
THDInter_I3	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I3
THDInter_I4	Inter Harmonic up to 50th relative to fundamental RMS	I4
TDD_U1	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	U1
TDD_U2	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	U2
TDD_U3	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	U3
TDD_U4	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	U4
TDD_I1	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	I1
TDD_I2	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	I2
TDD_I3	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	I3
TDD_I4	Harmonics up to 50 relative nominal. Rms values.	I4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Harmonic THD(ต่อ)

Quantity	Description	Channel
THDF2650_U1	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	U1
THDF2650_U2	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	U2
THDF2650_U3	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	U3
THDF2650_U4	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	U4
THDF2650_I1	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	I1
THDF2650_I2	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	I2
THDF2650_I3	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	I3
THDF2650_I4	Harmonics from 26 to 50 relative fundamental. Rms values.	I4
K-factor	Calculated from the current harmonics contents	

สูตรคำนวณที่ใช้

1. กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)

สามารถคำนวณแต่ละเฟสได้จาก

$$P = \frac{1}{T} \int_T u(t)i(t)dt \quad (1)$$

2. กำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power)

สามารถคำนวณแต่ละเฟสได้จาก

$$Q = U_{rms} I_{rms} \sin(\phi_1) \quad (2)$$

3. กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent power)

สามารถคำนวณแต่ละเฟสได้จาก

$$S = U_{rms} I_{rms} \quad (3)$$

4. เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor)

สามารถคำนวณแต่ละเฟสได้จาก

$$PF = \frac{P}{U_{rms} I_{rms}} = \frac{P}{\sqrt{U_{1rms}^2 + U_{2rms}^2 + \dots + U_{nrms}^2} \cdot \sqrt{I_{1rms}^2 + I_{2rms}^2 + \dots + I_{nrms}^2}} = \frac{P}{S} \quad (4)$$

5. $\cos \phi$ สามารถคำนวณแต่ละเฟสได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$DPF = \frac{P_{fund}}{S_{fund}} \quad (5)$$

6. กำลังไฟฟ้าจริงทั้ง 3 เฟสสามารถคำนวณได้จาก

$$P_{total,4-wire} = P_1 + P_2 + P_3 \quad (6)$$

$$P_{total,3-wire} = P_{12} + P_{32} \quad (7)$$

7. กำลังไฟฟ้าเสมือนทั้ง 3 เฟสสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{total,4-wire} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (8)$$

$$Q_{total,3-wire} = Q_{12} + Q_{32} \quad (9)$$

8. กำลังไฟฟ้าปรากฏทั้ง 3 เฟสสามารถคำนวณได้จาก

$$S_{total,4-wire} = S_1 + S_2 + S_3 \quad (10)$$

$$S_{total,3-wire} = \sqrt{\frac{U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2}{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2}{3}} \quad (11)$$

9. เพาเวอร์แฟกเตอร์ทั้ง 3 เฟสสามารถคำนวณได้จาก

$$PF_{total} = \frac{P_{total}}{S_{total}} \quad (12)$$

10. การคำนวณ Displacement Power Factor ทั้ง 3 เฟสสามารถคำนวณได้จาก

$$DPF_{total} = \frac{P_{total(fund)}}{S_{total(fund)}} \quad (13)$$

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศบ 0525.1(2)/พิเศษ . 275

กองบริการการศึกษา สำนักงานอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พินุลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๑๑ กันยายน 2552

เรื่อง คอยรับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรียน นายกิตติศักดิ์ กาหรัณม์

ตามที่ท่านได้เสนอบทความ เรื่อง การนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อตีพิมพ์ลงในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บรรณาธิการวารสารวิชาการ ได้พิจารณายอมรับบทความดังกล่าวและให้จัดพิมพ์ลงในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2553

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์)

ผู้ช่วยบรรณาธิการวารสารวิชาการ

งานเอกสารและการพิมพ์

โทร. 0 2913-2500 - 24 ต่อ 1626,1627

โทรสาร 0 2913-5814

ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

The Use of Power Quality to Forecast Reliability in the PEA's Distribution System using Artificial Neural Networks

กิตติศักดิ์ กภาพรัตน์* และ สมชาติ จิรวិภากร**

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการนำเสนอการนำคุณภาพทางไฟฟ้ามาใช้พยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 22 kV สถานีไฟฟ้าโรงนะ ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 (ภาคกลาง) จังหวัดอยุธยา โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks : ANNs) โครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้เป็นแบบที่มีหลายชั้นซ่อน (Multi Layer Feedforward Networks : MLFN) ชนิดที่มีการแพร่ค่าแบบย้อนกลับ (Back – Propagation Learning Algorithm : BP) โดยผลการทดลองจะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์ (mean absolute percentage error : mape) ที่ดีที่สุดในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) มีค่าน้อยกว่า 5 % และในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) มาใช้ในการลดขนาดจำนวนอินพุตโดยที่ไม่ทำให้ข้อมูลเกิดความสูญเสียที่สำคัญของข้อมูลและสามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้ถึง 54.4% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช้ PCA

คำสำคัญ : คุณภาพทางไฟฟ้า, ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า, โครงข่ายประสาทเทียม, การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

Abstract

This paper presents the power quality for forecasting reliability in 22 kV distribution system

at Rojana substation of Provincial Electricity Authority Area 1 (Central) in Ayutthaya Province using Artificial Neural Networks (ANNs) typed Multi Layer Feedforward Networks (MLFN) with Back – Propagation Learning Algorithm (BP). The results have the best mean absolute percentage error in each reliability index (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) less than 5 %. The study used Principle Component Analysis (PCA) to reduce the dimensionality of an input space without losing a significant amount of information and decrease the mean time for training ANNs of 54.4 % compared with the non PCA case.

Keywords : Power Quality, Reliability, Artificial Neural Networks, Principle Component Analysis

1. บทนำ

ปัจจุบันความน่าเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าเข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรสำคัญ ในการกำหนดความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าเป็นสิ่งบ่งบอกถึงคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ในอดีตคุณภาพของการจ่ายไฟฟ้า จะมุ่งเน้นไปที่การมีไฟฟ้าใช้ และการมีคุณภาพกำลังไฟฟ้า (Power Quality) อยู่ในเกณฑ์ที่อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถ

* นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทำงานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย แต่จากความสำคัญของภาคอุตสาหกรรมและภาคธุรกิจที่มีต่อระบบเศรษฐกิจในปัจจุบัน ดังนั้นคุณภาพการจ่ายไฟฟ้าจึงต้องรวมถึงความต่อเนื่องของการจ่ายไฟฟ้าด้วย เพราะการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องนั้น สามารถสร้างความเสียหายเป็นจำนวนมากแก่ภาคอุตสาหกรรม [1]

ปัญหาหนึ่งที่มีมานานแล้วคือทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้นได้มีการจัดเก็บข้อมูลทั้งด้านคุณภาพไฟฟ้าและความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า แต่ยังไม่ได้นำข้อมูลที่มีทั้ง 2 ส่วนมาใช้งานประโยชน์ร่วมกัน ในบทความนี้จะได้นำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้มาใช้ประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งงานวิจัยนี้จะป็นงานวิจัยใหม่ที่ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ มาใช้ในการทำนายความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า หลังจากเสร็จสิ้นงานวิจัยนี้แล้วทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะได้โมเดลของการทำนายค่าทางความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าที่มีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วโดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้งานเพื่อจะได้ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาาระบบไฟฟ้าให้มีความเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญระดับสูงอีกด้วย

งานวิจัยทางด้านความเชื่อถือทางไฟฟ้าที่มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ เช่น การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI, SAIDI) ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [2] การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้า [3] เป็นต้น

ส่วนงานวิจัยทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม ได้แก่ การแบ่งปัญหาคุณภาพกำลังไฟฟ้าด้วยเวฟเล็ททรานฟอร์มและนิวรอลเน็ตเวิร์ค [4] การวิเคราะห์คุณลักษณะการเกิดแรงดันต่ำเกินช่วงสั้นจากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าโดยการแปลงเวฟเล็ท [5] เป็นต้น

ในบทความฉบับนี้ได้นำเสนอการพยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าโดยการสร้างแบบจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการแพร่ค่าแบบย้อนกลับ (Feedforward Backpropagation Neural Network) และข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้ามาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ อีกทั้งยังนำการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบหลัก

(Principle Component Analysis) มาใช้ลดขนาดอินพุตและลดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (Reliability)

ระดับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสามารถบอกได้ด้วยค่าดัชนีความเชื่อถือได้ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์ [6] ดังต่อไปนี้

1.SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) หมายถึงค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งไฟดับต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย มีหน่วยเป็น ครั้ง/ราย/ระยะเวลา (เดือน/ปี)

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (1)$$

2.SAIDI (System Average Interruption Duration Index) หมายถึง ค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟดับทั้งหมดในระยะเวลาที่พิจารณาต่อผู้ใช้ไฟทั้งระบบ โดยทั่วไปจะมีหน่วยเป็น นาที/ราย/ระยะเวลา (เดือน/ปี)

$$SAIDI = \frac{\sum N_i r_i}{N_T} \quad (2)$$

3.CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) หมายถึง ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการนำไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

$$CAIDI = \frac{\sum N_i r_i}{\sum N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

4.ASAI (Average System Availability Index) หมายถึง ดัชนีความพร้อมใช้งานเฉลี่ยของระบบไฟฟ้า

$$ASAI = \frac{N_T \times (\text{Hour / month}) - \sum N_i r_i}{N_T \times (\text{Hour / month})} \quad (4)$$

5. MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) หมายถึง ค่าดัชนีแสดงจำนวนครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟดับเฉลี่ยที่กระทบต่อผู้ใช้ไฟ 1 ราย สำหรับระยะเวลาไฟดับที่น้อยกว่า 1 หรือ 5 นาที

$$MAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (5)$$

โดยที่ N_i คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เกิดไฟฟาดับ

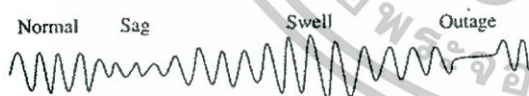
N_T คือ จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในพื้นที่ที่กำหนด

r_i คือ ช่วงระยะเวลาที่เกิดไฟฟาดับ

Hour/Month คือ $24 * (\text{จำนวนวันในแต่ละเดือน})$

2.2 คุณภาพทางไฟฟ้า (Power Quality)

ปัญหาทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้านั้นมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Sag) แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell) แรงดันไม่สมดุล (Unbalance Voltage) ไฟดับ (Outage) และความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นไฟฟ้า (Harmonic Distortion) เป็นต้น ซึ่งในบทความนี้จะเลือกใช้ข้อมูลปัญหาทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้การตรวจสอบค่าความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มาทำการเลือกตัวแปรทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า [7]



รูปที่ 1 ตัวอย่างสัญญาณปัญหาคุณภาพไฟฟ้า [8]

2.2.1 แรงดันตกชั่วขณะ (Voltage Sag)

คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลงชั่วขณะเหลือประมาณ 10 – 90 % ของค่าพิกัดแรงดันเป็นระยะเวลา 0.01-1 นาที มีสาเหตุเกิดจากผลกระทบของการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าที่ต่ออยู่ร่วมกันหรือ รับไฟจากหม้อแปลงเครื่องเดียวกัน การสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ เป็นต้น

2.2.2 แรงดันเกินชั่วขณะ (Voltage Swell)

คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นชั่วขณะ มีขนาดเพิ่มขึ้นระหว่าง 110 – 180% ของค่าพิกัดแรงดัน ในช่วงระยะเวลา 10 ms- 1 s มีสาเหตุเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ การลัดวงจรในระบบไฟฟ้า การชาร์จครบพร้อมของระบบไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.3 แรงดันไม่สมดุล (Unbalance Voltage)

คือ ปรากฏการณ์ที่แรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟสมีค่าไม่เท่ากัน หรือมุมทางไฟฟ้าไม่เท่ากัน เป็นผลมาจาก การใช้ไฟฟ้าที่ไม่สมดุลกันทั้ง 3 เฟส หรือ การจัดลำดับวางสายไม่สมดุลเป็นระยะทางยาวๆ เป็นต้น

2.2.4 ไฟดับ (Outage)

คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับลูกค้า ณ จุดจำหน่ายมีค่าเป็นศูนย์ ระยะเวลาตั้งแต่ 1 นาที – หลายชั่วโมง มีสาเหตุจากการลัดวงจรในระบบไฟฟ้า

2.2.5 ความผิดเพี้ยนรูปคลื่นไฟฟ้า (Harmonic Distortion)

สัญญาณผิดเพี้ยนของแรงดัน / กระแสฮาร์โมนิกส์ โดยทั่วไปมีสาเหตุจากการใช้อุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นเช่น PLC, Computer, Diode Rectifier เป็นต้น ถ้าความผิดเพี้ยนรูปคลื่นหรือฮาร์โมนิกส์มีปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า ค่าความผิดเพี้ยนของฮาร์โมนิกส์รวม (Total Harmonic Distortion ; THD)

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{50} U_n^2}{U_1}} \quad (6)$$

เมื่อ

U_n คือ ค่า R.M.S ของกระแสหรือแรงดันฮาร์โมนิกส์ลำดับที่ n

U_1 คือ ค่า R.M.S ของกระแสหรือแรงดันความถี่มูลฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทความนี้ได้นำดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นดัชนีเฉลี่ยจำนวนครั้งการแปรเปลี่ยนระดับแรงดันของระบบ (System Average RMS Variation Frequency Index : SARFI_x) มาใช้ในการวิเคราะห์ห้ร่วมกับปัญหาทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า [9]

$$SARFI_x = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (7)$$

เมื่อ x = ค่าแรงดัน rms ที่พิจารณา ที่นิยมใช้ 140, 120, 110, 90, 80, 70, 50, 10

N_i = จำนวนลูกค้ำที่ได้รับผลกระทบที่เกิดจากการแปรเปลี่ยนของแรงดัน เมื่อระดับแรงดันมีค่ามากกว่า x % กรณี $x > 100$ หรือต่ำกว่า x % กรณี $x < 100$ ของการวัดเหตุการณ์ ที่ i

N_T = จำนวนของลูกค้ำที่รับไฟจากพื้นที่ที่พิจารณา

ค่าแรงดัน rms สำหรับการพิจารณา มีการกำหนดดังนี้
140, 120, 110 : ข้อมูลของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนแรงดันไฟฟ้าสูง

90, 80, 70 : ข้อมูลของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในส่วนแรงดันไฟฟ้าต่ำ

50 : จุดเบรกพอยท์คอนแทคเตอร์ของมอเตอร์

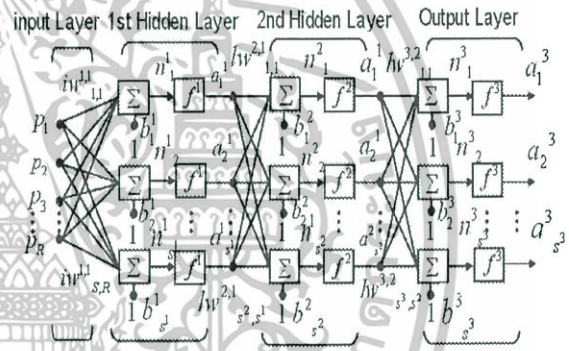
10 : IEEE Standard 1159 กำหนดว่าเป็นการเกิดไฟฟ้าดับ

2.3 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks : ANNs)

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่มีการประมวลผลข้อมูลที่ถูกพัฒนาโดยอาศัยหลักการทำงานของโครงข่ายประสาทชีววิทยาของมนุษย์ โครงข่ายประสาทเทียมจะมีทั้งแบบชั้นเดียว (Single Layer Feedforward Networks: SLFN) แบบหลายชั้น (Multi Layer Feedforward Networks: MLFN) และรีเคอร์เร็นท์เน็ตเวิร์ค (Recurrent Network) ในบทความนี้จะเน้นโครงข่ายประสาทเทียมแบบที่ต้องมีผู้สอน (Supervised Learning) เพื่อช่วยกำหนดเอาต์พุตเป้าหมาย (Output Target) ให้กับโครงข่ายประสาทเทียมและเลือกใช้แบบ

หลายชั้น (Multi Layer Feedforward Networks: MLFN) ชนิดที่มีค่าแพร่ย้อนกลับ (Back - Propagation Learning Algorithm : BP) เพราะเนื่องจากเป็นปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) [10]

โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่ค่าย้อนกลับนั้นจะประกอบไปด้วย ตัวแปรด้านเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และตัวแปรด้านออก (Output Layer) ในแต่ละชั้นจะมีการต่อแบบเชื่อมถึงกันหมด (Fully Connected) โดยในแต่ละนิวรอนจะประกอบไปด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบแอส (bias) นอกจากนี้ยังมีตัวกระตุ้น (Activation function) ช่วยในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสม เช่น Log-Sigmoid, Tan-Sigmoid และ Linear เป็นต้น



รูปที่ 2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม [10]

โดยเอาต์พุตที่หาได้จากโครงข่ายประสาทเทียม นั้นสามารถวัดค่าความแม่นยำของเอาต์พุตที่ได้โดยอาศัยค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ (mean absolute percentage error : mape) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาซึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (8)

$$mape = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \left| \frac{output_{actual_i} - output_{ANN_i}}{output_{actual_i}} \right| \times 100\% \quad (8)$$

โดยที่

$output_{ANN_i}$ คือ ค่าเอาต์พุตที่เป็นคำตอบของโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$output_{actual_i}$ คือ ค่าเอาต์พุตที่เป็นจริง
 n คือ จำนวนข้อมูลฝึกสอนหรือทดสอบ

2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

(Principle Component Analysis: PCA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการลดขนาดมิติของอินพุตโดยที่ไม่ทำให้ข้อมูลเกิดการสูญเสียซึ่งนัยสำคัญของข้อมูล ประโยชน์ในทางสถิติใช้ในการหาขอบเขต เช่น การจำแนกหน้า การบีบอัดภาพ บีบอัดข้อมูล ลดจำนวนขนาดของมิติ ในบทความฉบับนี้ นำ PCA [11] ไปใช้ในการลดขนาดอินพุตก่อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม และลดระยะเวลาในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การนำ PCA มาใช้กับโครงข่ายประสาทเทียม

ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (9)

$$T = XP \quad (9)$$

เมื่อ T คือ เมตริกซ์ $m \times k$ เรียกว่า score matrix

X คือ เมตริกซ์ $m \times n$ ของข้อมูลดั้งเดิม

P คือ การทรานฟอร์มเมตริกซ์ $n \times k$ เรียกว่า loading matrix

โดยที่

m = ขนาดมิติของข้อมูลดั้งเดิม

n = จำนวนของจำนวนแถวในแต่ละ space

k = การลดขนาดมิติของ Principle Component ใน space

2.5 ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม

ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมในการศึกษานั้น ใช้ข้อมูลความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าและข้อมูลทางด้านคุณภาพไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าโรจนะจังหวัดอุรุธยา ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2546 - วันที่ 30 ตุลาคม 2548 ซึ่งการเก็บข้อมูลอินพุตที่นำมาศึกษานั้นนำข้อมูลที่ได้มาจากโปรแกรม PQSecure [12] ซึ่งในบทความนี้จะแบ่งเป็น 4 ประเภทหลักด้วยกัน คือ แรงดันและกระแสไฟฟ้า กำลังทางไฟฟ้า ฮาร์โมนิกส์และดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า ดังตารางที่ 1 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 1 นั้นจะนำข้อมูลที่ไปตรวจสอบความสัมพันธ์กับตัวแปรเอาต์พุตซึ่งก็คือดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) โดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในช่วง 0.6-1 ซึ่งถือว่าตัวแปรที่เลือกนำมาใช้มีความสัมพันธ์กันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงอินพุตที่ใช้ในการพยากรณ์

ที่	ข้อมูลการเรียนรู้	รายละเอียด
1	แรงดันและกระแส	$V_1-V_3, I_1-I_3, \dots, U_b, I_b^*$
2	กำลังทางไฟฟ้า	P, Q, S, \dots, PF^*
3	ฮาร์โมนิกส์	$AU_1-AU_50, AI_1-AI_50, \dots, THD-U, THD-I^*$
4	ดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า	$SARFI-10, 50, 70, \dots, 140$

* รายละเอียดข้อมูลการเรียนรู้สามารถศึกษาได้จาก PQsecure [12]

ตารางที่ 2 การเลือกตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต

ประเภท	output แต่ละค่าได้แก่				
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	MAIFI
แรงดันและกระแสไฟฟ้า	3	2	5	2	1
กำลังทางไฟฟ้า	0	0	0	0	0
ฮาร์โมนิกส์	11	14	19	16	9
ดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า	3	1	0	0	2
ผลรวมอินพุต	17	17	24	18	12

จากตารางที่ 2 เป็นตารางการเลือกตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต ซึ่งจากตารางนั้นจะประกอบไปด้วย

ตัวแปรอินพุต 4 ประเภท คือ แรงดันและกระแสไฟฟ้า กำลังทางไฟฟ้า ฮาร์โมนิกส์ ดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า และมีตัวแปรเอาต์พุต 5 ตัว คือ SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI ซึ่งตัวเลขที่แสดงในตารางนั้นเป็นจำนวนของอินพุต ซึ่งเอาต์พุตของ ANNs นั้นจะเป็นดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จะมีเพียง 1 ค่า เช่น

จากรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างการพยากรณ์ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI) โดยจะใช้อินพุตทั้งหมด 17 อินพุต ด้วยกัน คือ แรงดันและกระแสจำนวน 3 อินพุต ฮาร์โมนิกส์จำนวน 11 อินพุตและดัชนีคุณภาพทางไฟฟ้า จำนวน 3 อินพุต ส่วนการพยากรณ์ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้าตัวอื่นๆที่เหลือ (SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) ก็สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 2



รูปที่ 4 ตัวอย่างการพยากรณ์ดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า SAIFI

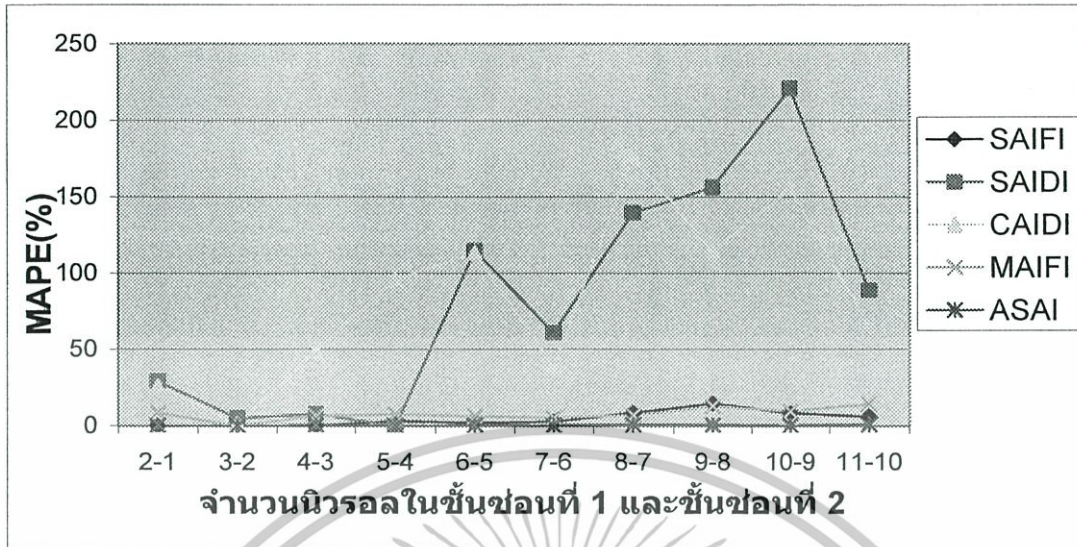
ในการศึกษาใช้ข้อมูลฝึกสอนและข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วน 85 : 15 ซึ่งเป็นข้อมูลฝึกสอนจำนวน 22 เดือน และข้อมูลทดสอบจำนวน 4 เดือน และเลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีจำนวน 2 ชั้นซ่อน ในการแก้ปัญหา เพราะมีแนวโน้มที่จะแก้ไขปัญหาคิดดีกว่า โครงสร้างที่มีจำนวน 1 ชั้นซ่อน โดยการกำหนดทรานเฟอร์ฟังก์ชันนั้นจะกำหนดให้ชั้นซ่อนที่ 1 และชั้นเอาต์พุตเป็น tansig ส่วนในชั้นซ่อนที่ 2 จะกำหนดทรานเฟอร์ฟังก์ชันให้เป็น logsig เงื่อนไขในการเลือกค่า weight และ bias จะเลือกโดยการสุ่ม (random) เพื่อให้การฝึกสอนในแต่ละรอบมีทิศทางการลู่เข้าหาค่าตอบแตกต่างกันไป การปรับโครงสร้างของ ANNs จะเริ่มต้นฝึกสอนจำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนแรกและชั้นซ่อนที่สองตามลำดับเป็น 2-1 ถึง 11-10 แต่ละโครงสร้างจะทำการฝึกสอน 40 รอบต่อโครงสร้าง และจะทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบแอส 1,000 ครั้ง (Epochs) ในการฝึกสอนแต่ละรอบ

3. ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ออกแบบนิวรอลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยก็ได้ทำการฝึกสอน โดยโครงข่ายประสาทเทียม จากตารางที่ 3 เป็นค่าความผิดพลาดที่ดีที่สุดในแต่ละดัชนีทางด้านความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, MAIFI) จากรูปที่ 5 เป็นผลการทดลองเพื่อหาจำนวนนิวรอลที่เหมาะสมในแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนและจำนวนตัวแปรอินพุตที่ให้มีเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงทำการเลือกใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) ดังตารางที่ 4 เป็นผลการเปรียบเทียบระหว่างการใช่ PCA และไม่ใช่ PCA ในการหาค่าตอบของโครงข่ายประสาทเทียม จะเห็นว่า การนำ PCA มาใช้นั้นสามารถช่วยลดขนาดของอินพุตได้และสามารถช่วยลดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียม ดังแสดงในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ส่วนในรูปที่ 8 นั้นแสดงผลการเปรียบเทียบค่า mape(%) ของชุดทดสอบระหว่างการใช่ PCA และไม่ใช่ PCA หลังจากนั้นก็จะแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเอาต์พุตที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม และค่าจริงของเอาต์พุตดังตารางที่ 5 จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมและค่าจริงนั้นเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วค่าตอบที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมสามารถให้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำ ตารางที่ 3 ค่าความผิดพลาดในแต่ละดัชนีของความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า

ดัชนี	เวลาที่ใช้ฝึกสอน (นาที)	จำนวนนิวรอลในชั้นซ่อนที่ 1-2	ผลทดสอบของชุดข้อมูลทดสอบ		
			Min ape* (%)	Mean ape* (%)	Max ape* (%)
SAIFI	3.7992	4-3	8.9-e4	0.004	0.014
SAIDI	4.0729	5-4	0.013	0.025	0.055
CAIDI	4.0641	3-2	0.096	1.163	3.398
ASAI	4.5531	3-2	7.1-e4	0.019	0.078
MAIFI	3.5505	3-2	5.9-e4	0.028	0.063

* ape = absolute percent error



รูปที่ 5 แสดง MAPE ของแต่ละดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI) และจำนวนนิรอลชั้นชอนที่ 1 และ 2 ขนาด 2-1 ถึง 11-10

จากรูปที่ 5 นั้นแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของ ANNs ที่มีขนาดเล็กไปหรือมีขนาดใหญ่เกินไปนั้นไม่ได้ดีเสมอไป ขนาดที่เหมาะสม คือ โครงสร้างของ ANNs ที่มีขนาดกลาง ๆ คือ ไม่เล็กและไม่ใหญ่จนเกินไป

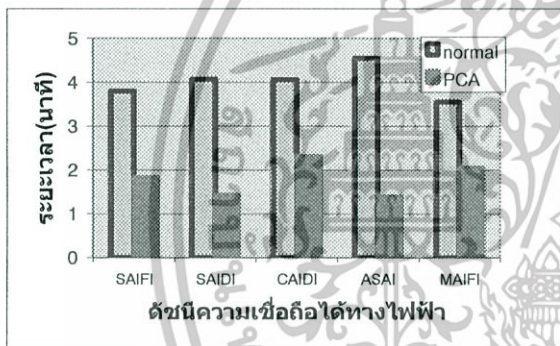
ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในกรณีที่ไม่ใช้ PCA และกรณีที่ใช้ PCA

ที่	วิธี	Index	รูปแบบฟังก์ชันกระตุ้น			จำนวนนิรอลที่ดีที่สุดชั้นชอนที่ 1-2	จำนวนอินพุต	เวลาในการฝึกสอน (นาที)	mape (%) จากการทดสอบ
			Hidden 1	Hidden 2	Output				
1	normal	SAIFI	tansig	logsig	tansig	4-3	17	3.7992	0.0044
	PCA					11-10	9	1.8219	0.0039
2	normal	SAIDI	tansig	logsig	tansig	5-4	17	4.0729	0.0255
	PCA					6-5	12	1.4164	0.0532
3	normal	CAIDI	tansig	logsig	tansig	3-2	24	4.0641	1.1627
	PCA					4-3	15	2.3107	3.0927
4	normal	ASAI	tansig	logsig	tansig	3-2	18	4.5531	0.0784
	PCA					5-4	12	1.3971	0.0427
5	normal	MAIFI	tansig	logsig	tansig	3-2	12	3.5505	0.0282
	PCA					4-3	9	2.0487	0.0474

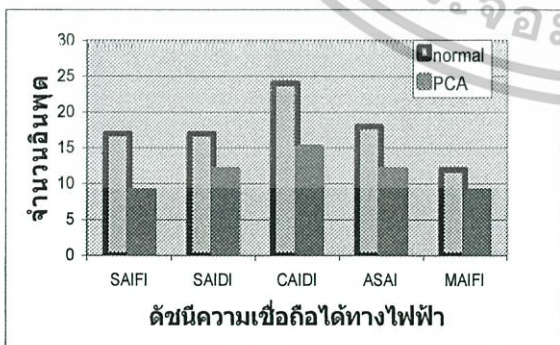
ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเอาท์พุดของค่าจริง และค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

เอาท์พุด	ข้อมูลทดสอบ	1	2	3	4
SAIFI	Actual	-1	-1	-1	2
	ANNs	-1	-1	-1	2.003
SAIDI	Actual	-1	-1	-1	50
	ANNs	-1.002	-0.994	-1.01	49.99
CAIDI	Actual	-1	-1	-1	25
	ANNs	-0.996	-1.034	-0.99	24.81
ASAI	Actual	1	1	1	0.9328
	ANNs	1	1	1	0.9321
MAIFI	Actual	-1	-1	1	1
	ANNs	-1	-1	1.005	0.994

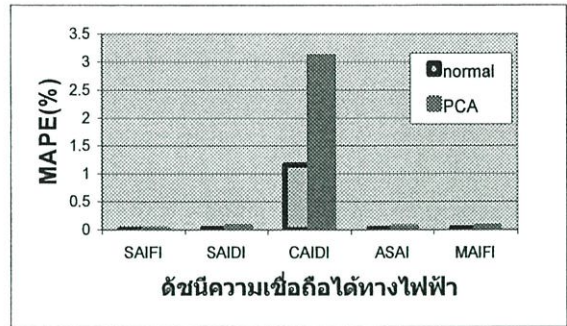
* -1 หมายถึง ไม่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบระยะเวลาฝึกสอนกรณีใช้ PCA และไม่ใช่ PCA



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบจำนวนอินพุตกรณีที่ใช้ PCA และไม่ใช่ PCA



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบ MAPE (%) ที่ใช้ในการฝึกสอนกรณีที่ใช้ PCA และไม่ใช่ PCA

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ได้ แสดงให้เห็นถึงการนำข้อมูลทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้า (Power Quality) มาใช้ในการพยากรณ์ความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า (SAIFI,SAIDI, CAIDI,ASAI,MAIFI) ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมนั้น มีความถูกต้องและแม่นยำสูง โดยค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ (mape) ของดัชนีความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า(SAIFI,SAIDI,CAIDI,ASAI,MAIFI) ที่ดีที่สุดมีค่าต่ำกว่า 5% ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และในงานวิจัยนี้ได้นำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis: PCA) มาประยุกต์ใช้ในการลดขนาดของอินพุตซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 7 จะเห็นว่าข้อดีของ PCA นั้นเหมาะที่จะใช้ในการลดจำนวนอินพุตที่มีเป็นจำนวนมากได้ อีกทั้ง PCA นั้นยังช่วยลดระยะเวลาในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมได้อีกด้วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าการใช้ PCA นั้นสามารถลดระยะเวลาในการฝึกสอนของโครงข่ายประสาทเทียมได้ โดยสามารถลดระยะเวลาเฉลี่ยในแต่ละดัชนีได้ถึง 54.4% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใช่ PCA โดยเมื่อพิจารณาจากค่า mape แล้วจะเห็นว่า ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ (mape) ของแต่ละดัชนีของความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้านั้น มีค่าต่ำกว่า 5 % ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้และประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบไฟฟ้าของฟก.ให้มีความเชื่อถือได้และคุณภาพทางไฟฟ้าที่ดีขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของกฟภ.

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุวิทย์ อัจริยะเมต , “บทความความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า,” วารสารเผยแพร่ความรู้ของสมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าไทย , ปีที่ 13, ฉบับที่ 4, หน้า 68-72,ก.ค. – ส.ค. 2549.
- [2] เกียรติศักดิ์ แก้วมณี , “การหาค่าความเชื่อถือได้(SAIFI, SAIDI) ในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทระดับบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549.
- [3] ฉัตรชัย สานติสุขรัตน์ , “การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทระดับบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549.
- [4] W.Kanitpanyacharoen and S.Premrudeecha Charan , “Power Quality Problem Classification Using Wavelet Transformation and Artificial Neural Networks,” *IEEE Region 10 Conference*, pp.252-255 , November 2004.
- [5] สุพัทธ์ พุ่มจันทร์ , “การวิเคราะห์คุณลักษณะการทางไฟฟ้าโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทระดับบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.
- [6] ชานานู ห่อเกียรติ , *ความน่าเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 2549.
- [7] Technical report by EPRI, “Correlating Power Quality Indices with System Reliability Indices,” *EPRI*, 2005.
- [8] J.Arrillaga,N. R. Watson and S. Chen., *Power System Quality Assessment* ,John Wiley & Sons, pp. 1-48 ,2000.
- [9] โครงการสำรวจระดับคุณภาพไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าระยะที่ 2, “การคำนวณดัชนีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า,” คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 276-280, 2550.
- [10] Howard Demuth and Mark Beale, *Neural Network Toolbox User’s Guide*, The Math Works, Inc., March 2001.
- [11] J. Wesley Hines, *Principle Component Analysis*, The University of Tennessee, 2000.
- [12] Unipower , “PQ Secure Instalation Manual ,” [online] , Available: www.unipower.se

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายกิตติศักดิ์ กาพรัตน์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2527
ที่อยู่	55/3 ถนนเหมืองทวด ตำบลนาสาร อำเภอ บ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
พ.ศ. 2550	เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.2549-2550	บริษัทเทรื่อเจริญ โภคภัณฑ์อาหารจำกัด(มหาชน) ตำแหน่ง วิศวกร ไฟฟ้า 5

