

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายป้อนของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
นักศึกษา	นายมานะ ปฐมาจรรพวงศ์
รหัสนักศึกษา	46060325
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.สมชาติ จิรวิภากร

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียด้านเทคนิค (Technical Losses) ที่เกิดขึ้นในสายป้อนของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) มาทำการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า แรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าจริง และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า กับผลลัพธ์คือค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียด้านเทคนิค โดยได้เลือกสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 และ สายป้อนที่ 4 และสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 มาทำการศึกษา โดยได้ทำการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบใดสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายป้อนระบบจำหน่ายได้มีประสิทธิภาพมากกว่าและใช้เวลาในการฝึกสอนน้อยกว่า ซึ่งการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์นั้นสามารถแก้ไขปัญหาในการใช้วิธีการที่มีขั้นตอนซับซ้อนและการคำนวณที่ใช้เวลานาน

Thesis title	PEA Feeder Losses Calculation by Using Artificial Neural Networks
Student	Mr.Mana Patamakajonpong
Student ID.	46060325
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr.Somchat Jiriwibhakorn

ABSTRACT

This thesis proposes the determination of technical losses in the distribution feeder system of Provincial Electricity Authority (PEA) of Thailand by using artificial neural networks (ANNs). Input features of ANNs compose of voltage, real power and power factor. Feeder 6 of Rayong 3 substation, feeders 4 and 8 of Chonburi 1 substation are studied. Two kinds of artificial neural networks applied for this study are back-propagation neural network (BP) and generalized regression neural network (GRNN). Results of two ANNs are compared to find out which one can determine the feeder losses more effectively with less training time. Artificial neural networks can solve the problems which are other complex procedures and time consuming calculations.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์คือ ผศ.ดร.สมชาติ จิรวินากร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะ ช่วยแก้ไขปัญหาลดจนให้ความรู้และคำปรึกษาที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งผู้ทำวิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ และ ผศ.ดร.ยุทธนา คิโดใจเด็ว กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอบพระคุณ เพื่อนๆ และพี่ๆ จากกองอุปกรณ์ควบคุม กองวางแผนระบบไฟฟ้า กองแผนที่ระบบไฟฟ้า และกองฝึกอบรมของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม PSS/ADEPT

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชายและน้องสาวของข้าพเจ้า ที่ได้เป็นกำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบคุณ คุณมัทนียา เชี่ยวชาญ บุคคลที่สำคัญยิ่งสำหรับข้าพเจ้า

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

มานะ ปฐมาจรรพงค์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	4
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 กำลังไฟฟ้าสูญเสีย.....	9
2.1 บทนำ.....	9
2.2 เภณศัพท์พลังงานไฟฟ้าสูญเสีย.....	10
2.3 ประเภทของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย.....	10
2.4 กำลังไฟฟ้าสูญเสียทางด้านเทคนิคในระบบจำหน่าย.....	11
2.5 ปัจจัยที่ผลกระทบต่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายป้อน.....	12
2.5.1 การกระจายตัวของโหลดตามความยาวของสายป้อน.....	13
2.5.2 ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า.....	13
2.5.3 ความไม่สมดุลระหว่างเฟสในสายป้อน.....	13
2.6 การประเมินค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย.....	13
2.6.1 การประเมินจากผลต่างของหน่วยไฟฟ้าที่ซื้อและขาย.....	14
2.6.2 การประเมินกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบ กำลังไฟฟ้าสูญเสีย และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.3 การประเมินจากการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้า (Load Flow).....	15
2.6.3.1 ชนิดของบัส.....	16
2.6.3.2 สมการโหลดโพล้ว.....	17
2.6.3.3 ข้อมูลในการวิเคราะห์โหลดโพล้ว.....	19
2.6.4 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้า.....	20
 บทที่ 3 โครงข่ายประสาทเทียม.....	21
3.1 บทนำ.....	21
3.2 แรงจูงใจจากระบบชีววิทยา (Biological Motivation).....	22
3.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม.....	24
3.3.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (Single Layer Neural Network).....	25
3.3.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi Layer Neural Network).....	25
3.4 ชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม.....	26
3.4.1 การเรียนรู้แบบ Supervised Learning.....	27
3.4.2 การเรียนรู้แบบ Unsupervised Learning.....	27
3.5 ฟังก์ชันการถ่ายโอน (Transfer Function).....	27
3.6 การเลือกชนิดของโครงข่ายประสาทเทียม.....	30
3.7 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation Neural Network.....	31
3.8 โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression Neural Network.....	33
3.9 การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมกับระบบไฟฟ้ากำลัง.....	35
 บทที่ 4 วิธีการทดลอง.....	37
4.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับเป็นชุดฝึกสอน และชุดทดสอบ.....	37
4.1.1 การเลือกระบบทดสอบ.....	37
4.1.2 การเลือกข้อมูลอินพุต.....	40
4.1.3 การเตรียมข้อมูลเอาต์พุต.....	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.4 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	40
4.1.4.1 ตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ย.....	41
4.1.4.2 ตรวจสอบปริมาณกำลังไฟฟ้าสูญเสียรวมเทียบกับพลังงานรวม ที่ป้อนให้กับสายป้อน.....	41
4.1.5 การแบ่งจำนวนชุดฝึกสอน และชุดทดสอบ.....	42
4.2 การทดลองฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation Neural Networks.....	42
4.2.1 การสร้างรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม.....	43
4.2.2 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม.....	44
4.2.2.1 ค่าเริ่มต้นที่ใช้เป็นค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) และค่าไบอัส (bias).....	44
4.2.2.2 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าถ่วงน้ำหนักและค่าไบอัส.....	44
4.2.2.3 จำนวนรอบของการฝึกสอน.....	45
4.2.2.4 เงื่อนไขของการสิ้นสุดการฝึกสอน.....	45
4.2.3 การเปรียบเทียบผลเพื่อหาโครงข่ายที่เหมาะสม.....	45
4.2.4 สรุปขั้นตอนการทดลอง.....	46
4.3 การทดลองฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression Neural Network (GRNN).....	49
4.3.1 ผลจากการปรับขนาดความกว้างของฟังก์ชัน Radial Basis Functions.....	49
4.3.2 ผลจากการปรับ Spread.....	51
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	53
5.1 ผลการทดลองของการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม แบบ Back Propagation Neural Networks (BP).....	53
5.1.1 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3.....	54
5.1.1.1 การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 45 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 20 ชุด.....	54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.1.2	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 35 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 20 ชุด.....	59
5.1.2	การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1.....	65
5.1.2.1	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด	65
5.1.2.2	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด	69
5.1.3	การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1.....	74
5.1.3.1	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด.....	74
5.1.3.2	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด.....	79
5.2	ผลการทดลองของการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression (GRNN).....	85
5.2.1	การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	85
5.2.1.1	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 45 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 20 ชุด	85
5.2.1.2	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 35 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 20 ชุด.....	89
5.2.2	การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	93
5.2.2.1	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด.....	93
5.2.2.2	การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบ 18 ชุด.....	97

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.3 การฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression สำหรับ	
สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1.....	101
5.2.3.1 การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบ	
18 ชุด.....	101
5.2.3.2 การฝึกสอนโดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบ	
18 ชุด.....	105
5.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	109
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	112
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	112
6.2 สิ่งที่ควรได้รับการพัฒนาต่อไป.....	113
เอกสารอ้างอิง.....	115
ภาคผนวก.....	117
ภาคผนวก ก ข้อมูลของสายป้อน.....	118
ภาคผนวก ข ข้อมูลฝึกสอนและข้อมูลทดสอบ.....	128
ภาคผนวก ค โปรแกรม PSS/ADEPT.....	137
ภาคผนวก ง ข้อมูลของหม้อแปลงที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า.....	141
ภาคผนวก จ ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	144
ประวัติผู้เขียน.....	151

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เกณฑ์และผลการประเมินพลังงานไฟฟ้าสูญเสียของ กฟภ.	10
2.2 พลังงานสูญเสียในส่วนต่างๆ ของระบบไฟฟ้าของ กฟภ.	20
3.1 แสดงการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในปัจจุบัน.....	22
3.2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนในโครงข่ายประสาทเทียม.....	28
3.3 แนวทางการเลือกโครงข่ายแต่ละประเภท.....	30
3.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในงานวิศวกรรมไฟฟ้า.....	36
4.1 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเฉลี่ยของระบบทดสอบ.....	41
4.2 กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายป้อนตัวอย่างทั้ง 3 จากการรันโปรแกรม PSS/ADEPT.....	41
4.3 กำลังไฟฟ้าสูญเสียเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ.....	42
4.4 กราฟและสมการ Radial Basis Function และสมการที่ใช้ในการหาค่าไบแอส.....	50
5.1 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 45 ชุด จำนวนชุดทดสอบ จำนวน 20 ชุด	54
5.2 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 45 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	58
5.3 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 35 ชุด จำนวนชุดทดสอบ จำนวน 20 ชุด	60
5.4 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 35 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	63
5.5 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับ สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบ จำนวน 18 ชุด.....	65
5.6 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.7 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด	70
5.8 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม PSS/ADEPT	73
5.9 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 42 ชุด จำนวนชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด.....	75
5.10 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม PSS/ADEPT	78
5.11 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back Propagation สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 32 ชุด จำนวนชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด	80
5.12 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BP สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม PSS/ADEPT	83
5.13 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 45 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 20 ชุด.....	86
5.14 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 45 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม PSS/ADEPT.....	88
5.15 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอนจำนวน 35 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 20 ชุด.....	90
5.16 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 35 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม PSS/ADEPT	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.17 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด.....	94
5.18 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	96
5.19 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด.....	98
5.20 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	100
5.21 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด	102
5.22 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	104
5.23 ผลการทดลองจากการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้จำนวนชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบจำนวน 18 ชุด	106
5.24 ผลลัพธ์ของชุดทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN สำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ จากโปรแกรม PSS/ADEPT	108
5.25 สรุปผลการทดลอง	110
5.26 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการทดสอบ	111
6.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้า สูญเสีย	113
ก.1 ข้อมูลของสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	118
ก.2 ข้อมูลของสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	121
ก.3 ข้อมูลของสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.1 ชุดฝึกสอนสำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	128
ข.2 ชุดทดสอบสำหรับสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	130
ข.3 ชุดฝึกสอนสำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	131
ข.4 ชุดทดสอบสำหรับสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	133
ข.5 ชุดฝึกสอนสำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	134
ข.6 ชุดทดสอบสำหรับสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	136
ง.1 ค่ามาตรฐานกำลังสูญเสียในหม้อแปลง 3 เฟส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	141
ง.2 ค่ามาตรฐานกำลังสูญเสียในหม้อแปลง 1 เฟส ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	142
ง.3 ค่า R และ X ในหม้อแปลง 3 เฟส ของ กฟภ.	142
ง.4 ค่า R และ X ในหม้อแปลง 1 เฟส ของ กฟภ.	143

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ขอบเขตของการศึกษาในสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	5
1.2 ขอบเขตของการศึกษาในสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษาในสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	6
1.4 ผังแสดงขั้นตอนในการทำการศึกษาวิจัย	7
2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังที่มีบัสทั้ง 3 ประเภทต่ออยู่	17
3.1 โครงสร้างของนิเวรอน	23
3.2 โครงสร้างของนิเวรอนในโครงข่ายประสาทเทียม	24
3.3 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว	25
3.4 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มี 2 ชั้นซ่อน	26
3.5 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-Propagation Neural Networks ที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น	31
3.6 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Generalized Regression	34
3.7 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันฐานรัศมี	34
4.1 Single Line Diagram ของสายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3	38
4.2 Single Line Diagram ของสายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	39
4.3 Single Line Diagram ของสายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1	39
4.4 รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation ที่ใช้ในการทดสอบ	44
4.5 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation รูปแบบที่ 1	47
4.6 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Back-propagation รูปแบบที่ 2	48
4.7 แผนภาพการทดสอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ GRNN	52
5.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 ใช้ชุดฝึกสอน 45 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	59
5.2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 35 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	69
5.4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	74
5.5 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	79
5.6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ BP สำหรับ สายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	84
5.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 45 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	89
5.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 6 สถานีไฟฟ้าระยอง 3 โดยใช้ชุดฝึกสอน 35 ชุด ชุดทดสอบ 20 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	93
5.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	97
5.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 4 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	101
5.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 42 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT	105

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.12 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของชุดทดสอบของ ANNs แบบ GRNN สำหรับ สายป้อนที่ 8 สถานีไฟฟ้าชลบุรี 1 โดยใช้ชุดฝึกสอน 32 ชุด ชุดทดสอบ 18 ชุด กับโปรแกรม PSS/ADEPT.....	109
ค.1 แสดงหน้าจอโปรแกรม PSS/ADEPT	138
ค.2 ผังแสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยใช้โปรแกรม PSS/ADEPT	140
ง.1 แบบจำลองอย่างง่ายของหม้อแปลง	143