

การจัดเรียงสายป้อนใหม่เพื่อลดการสูญเสียโดยใช้เครือข่ายประสาท

นายธงชัย มินวล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-243-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

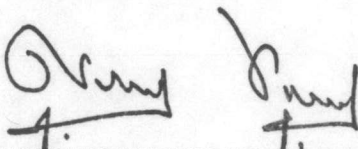
DISTRIBUTION FEEDER RECONFIGURATION FOR LOSS REDUCTION
USING A NEURAL NETWORK

Mr. Thongchai Meenual

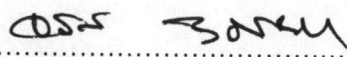
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996
ISBN 974-636-243-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดเรียงสายบ่อนใหม่เพื่อลดการสูญเสียโดยใช้เครือข่ายประสาท
โดย นายธงชัย มีนวล
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

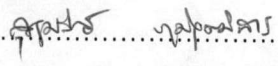
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. จรวัย บุญบุญกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)


..... กรรมการ
(นายสุรพล ไศภานคณาภรณ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ธงชัย มินวล : การจัดเรียงสายป้อนใหม่เพื่อลดการสูญเสียโดยใช้เครือข่ายประสาท (DISTRIBUTION FEEDER RECONFIGURATION FOR LOSS REDUCTION USING A NEURAL NETWORK) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ , 145 หน้า ISBN 974-636-243-7

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงถึงการจัดเรียงสายป้อนใหม่เพื่อหาสถานะ(ปิด/เปิด) ของสวิตช์ที่ทำให้กำลังสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้าลดลง โดยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีเครือข่ายประสาทของ Hopfield มาใช้แก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดต่างๆ กัน พร้อมทั้งศึกษาสภาพของระบบจำหน่ายไฟฟ้าก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ และศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาทในการแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่ โดยพิจารณารูปแบบโครงสร้างในขั้นตอนเริ่มต้น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบโครงสร้างในปัจจุบันที่เป็นแบบเรเดียล และรูปแบบโครงสร้างแบบวงรอบที่เกิดจากการสับสวิตช์ทุกตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้อยู่ในตำแหน่งปิด ในการศึกษาผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ 32 บิต โดยใช้ภาษาบอร์แลนด์ซีพลัสพลัส เวอร์ชัน 4.5

ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด 16 โหลด และ 32 โหลด ปรากฏว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดเรียงสายป้อนใหม่เพื่อลดกำลังสูญเสียได้อย่างรวดเร็ว และให้คำตอบที่ถูกต้องทุกครั้ง โดยไม่ขึ้นกับรูปแบบโครงสร้างในขั้นตอนเริ่มต้น

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติ [Signature]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C715949 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: RECONFIGURATION / DISTRIBUTION SYSTEM / NEURAL NETWORK / HOPFIELD NETWORK

THONGCHAI MEENUAL : DISTRIBUTION FEEDER RECONFIGURATION FOR LOSS REDUCTION USING A NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. Dr. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D., 145 pp. ISBN 974-636-243-7

This thesis presents a feeder reconfiguration to determine the switching status (ON/OFF) of all switching equipment for loss reduction. The Hopfield neural network theory has been applied to solve distribution system reconfiguration problems.

Researcher has analysed reconfiguration problems for different load levels, state of system before and after the reconfiguration, and a learning performance of the developed neural network. Two configurations comprising present radial network and a loop network, with all switches in the closed position, are used as an initial condition. A computer program to solve the problem was developed on 32 bits microcomputer using Borland C++ version 4.5

In this study, The test results from 10 nodes 16 nodes, and 32 nodes distribution system show that the developed method rapidly define a reconfiguration that reduce loss in system. In addition, the solution from the developed method is not depending on the initial reconfiguration.

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง

ปีการศึกษา..... ๒539

ลายมือชื่อนิสิต..... [Signature]

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... [Signature]

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำที่ดี ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยตลอดเวลา และกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์อย่างเต็มที่ และขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร. จรรยา บุญยุบล รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร และคุณสุรพล ไศภานคณาภรณ์ ผู้อำนวยการกองวิศวกรรมไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้รับความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการจัดทำต้นฉบับวิทยานิพนธ์จากคุณประดิษฐ์ เฟื่องฟู คุณภาณุพงศ์ มีนวล คุณกิตติศักดิ์ วรรณแก้ว พี่น้องและบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนด้านการเงินบางส่วนในการศึกษาระดับปริญญาโทครั้งนี้จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.)

สุดท้ายผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุกด้านในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

ธงชัย มีนวล

เมษายน 2540

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้าและการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	1
1.2 เครือข่ายประสาทและวิธีการทั่วไป.....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	7
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ.....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	7
2 แนวทางในการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยทั่วไป.....	8
2.1 สภาพปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	9
2.2 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธี Switch exchange.....	11
2.2.1 แนวคิดการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธี SE.....	12
2.3 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธี Sequential switch opening.....	16
2.3.1 แนวคิดการจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธี SSO.....	17
2.4 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธี Simulated annealing.....	18
2.5 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยวิธีเครือข่ายประสาทแบบป้อนสู่ด้านหน้า.....	22
2.5.1 เครือข่ายประสาทแบบป้อนสู่ด้านหน้า.....	23
2.5.2 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดย เครือข่ายประสาทแบบป้อนสู่ด้านหน้า.....	25
3 ทฤษฎีเครือข่ายประสาทเบื้องต้น.....	29
3.1 เครือข่ายประสาทธรรมชาติ.....	29
3.1.1 นิเวศวิทยาธรรมชาติ.....	30

บทที่	หน้า
3.2 เครือข่ายประสาทเทียม.....	33
3.2.1 แบบจำลองของนิวรอน.....	35
3.2.2 ชนิดของฟังก์ชันแอกทิเวชัน.....	37
3.3 สถาปัตยกรรมของเครือข่ายประสาท.....	40
3.3.1 เครือข่ายป้อนสู่ด้านหน้าชั้นเดียว.....	40
3.3.2 เครือข่ายป้อนสู่ด้านหน้าหลายชั้น.....	41
3.3.3 เครือข่ายย้อนกลับ.....	43
3.3.4 เครือข่ายแลตทิค.....	44
3.4 กระบวนการเรียนรู้และ กฎการเรียนรู้ของเครือข่ายประสาท.....	45
3.4.1 กฎการเรียนรู้.....	46
3.4.2 รูปแบบการเรียนรู้.....	52
4 เครือข่ายประสาทของ Hopfield.....	54
4.1 หลักการเกี่ยวกับเสถียรภาพของระบบไดนามิกส์.....	54
4.2 เครือข่ายประสาทของ Hopfield แบบต่อเนื่อง.....	57
4.2.1 ภาวะไดนามิกส์ของเครือข่ายประสาทของ Hopfield.....	62
4.3 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทของ Hopfield.....	65
4.3.1 ปัญหา Traveling salesman problem.....	65
5 การจัดเรียงสายป้อนใหม่โดยใช้เครือข่ายประสาท.....	69
5.1 เครือข่ายประสาทสำหรับแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	69
5.1.1 ฟังก์ชันพลังงานของเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	70
5.1.2 กระบวนการเรียนรู้ของเครือข่าย.....	74
5.2 ขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาการจัดเรียงสายป้อนใหม่ด้วยเครือข่ายประสาท.....	77
5.2.1 โครงสร้างการจัดการ.....	77
5.2.2 โหลดไฟลวโดยวิธี นิวตัน-กราฟสัน.....	78
6 ตัวอย่างและผลลัพธ์การประยุกต์เครือข่ายประสาทในการแก้ปัญหา การจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	84
6.1 รูปแบบของข้อมูลป้อนเข้า.....	84
6.1.1 ข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	84

บทที่	หน้า
6.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการปรับสอน.....	85
6.2 แนวทางการทดสอบเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	85
6.2.1 ศึกษาสภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า.....	86
6.2.2 ศึกษาพฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของเครือข่ายประสาท.....	87
6.2.2.1 การปรับสอนเครือข่ายประสาท.....	87
6.3 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด.....	88
6.3.1 สภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด.....	89
6.3.2 พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของเครือข่ายประสาท สำหรับระบบจำหน่าย 10 โหนด.....	95
6.4 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด.....	104
6.4.1 สภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด.....	105
6.4.2 พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของเครือข่ายประสาท สำหรับระบบจำหน่าย 16 โหนด.....	110
6.5 ผลการทดสอบกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	114
6.5.1 สภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	115
6.5.2 พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของเครือข่ายประสาท สำหรับระบบจำหน่าย 32 โหนด.....	120
7. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ.....	125
7.1 ข้อสรุป.....	125
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	126
รายการอ้างอิง.....	128
ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	133
ภาคผนวก ข. แสดงข้อมูลระบบทดสอบ.....	140
ประวัติผู้เขียน.....	145

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อเปรียบเทียบการประมวลผลระหว่างวิธีทั่วไปกับวิธีที่ใช้ เครือข่ายประสาท.....	4
3.1 เปรียบเทียบระหว่างนิเวศธรรมชาติกับแบบจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้น.....	36
6.1 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด.....	89
6.2 แสดงกำลังสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	89
6.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	90
6.4 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด เมื่อใช้แนวทาง DFRP1.....	90
6.5 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด เมื่อใช้แนวทาง DFRP2.....	90
6.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงสายและโหมด ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหมด.....	95
6.7 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้เมื่อค่าคงที่ในการเรียนรู้ต่างกัน.....	103
6.8 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้เมื่อการเรียนรู้ต่างกัน.....	103
6.9 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหมด.....	105
6.10 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหมด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	105
6.11 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหมด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	105
6.12 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหมด เมื่อใช้แนวทาง DFRP1.....	106

ตารางที่	หน้า
6.13 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้ในสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด เมื่อใช้แนวทาง DFRP2.....	106
6.14 แสดงช่วงสายที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิดสำหรับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด.....	115
6.15 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	115
6.16 แสดงแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	115
6.17 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้ในสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด เมื่อใช้แนวทาง DFRP1.....	116
6.18 รอบการคำนวณและเวลาที่ใช้ในสำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด เมื่อใช้แนวทาง DFRP2.....	116
ข.1 แสดงข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 12 โหนด.....	140
ข.2 แสดงข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด.....	142
ข.3 แสดงข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	142

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีสายบ่อน 3 ชุด.....	12
2.2 แสดงไดอะแกรมเส้นเดียวของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียล.....	14
2.3 แสดงขั้นตอนวิธีสำหรับวิธี SA.....	20
2.4 แสดงเครือข่ายประสาธแบบบ่อนสู่ด้านหน้า.....	23
2.5 แสดงโครงสร้างการควบคุม.....	26
2.6 แสดงการจัดระดับโหลดโดยใช้เครือข่ายประสาธ.....	26
2.7 แสดงเครือข่ายประสาธสำหรับการเลือกรูปแบบสถานะสวิตช์.....	27
3.1 แสดงองค์ประกอบของเครือข่ายประสาธของสมองมนุษย์.....	30
3.2 แสดงเซลล์ประสาธ.....	30
3.3 แสดงการจำลองเครือข่ายประสาธในรูปแบบคณิตศาสตร์.....	35
3.4 แสดงผลของค่าขีดจำกัด.....	36
3.5 แสดงฟังก์ชันเทรสไฮลด์.....	37
3.6 แสดงฟังก์ชันเชิงเส้นอิมิตัว.....	37
3.7 แสดงฟังก์ชันลอจิสติกที่ค่าความชันต่าง ๆ.....	38
3.8 แสดงแบบจำลองนิวรอนอย่างง่าย.....	40
3.9 แสดงเครือข่ายบ่อนสู่ด้านหน้าชั้นเดียว.....	41
3.10 แสดงเครือข่ายบ่อนสู่ด้านหน้าหลายชั้น แบบเชื่อมโยงอย่างเต็มที่.....	42
3.11 แสดงเครือข่ายบ่อนสู่ด้านหน้าหลายชั้น แบบเชื่อมโยงบางส่วน.....	42
3.12 แสดงเครือข่ายย้อนกลับชั้นเดียว.....	43
3.13 แสดงเครือข่ายย้อนกลับหลายชั้น.....	44
3.14 แสดงเครือข่ายแลตทิกแบบมิติเดียว.....	44
3.15 แสดงเครือข่ายแลตทิกแบบสองมิติ.....	45
3.16 แสดงความสัมพันธ์แบบต่างๆ ของเครือข่ายประสาธ.....	46
3.17 แสดงรูปแบบการเรียนรู้ (ก) แบบมีการควบคุม (ข) แบบไม่มีการควบคุม.....	52

ภาพที่	หน้า
4.1 แสดงถึงเสถียรภาพของลูกบอลที่สภาวะต่าง ๆ.....	54
4.2 แสดงระบบมีเสถียรภาพและไม่มีเสถียรภาพสำหรับระบบ 2 มิติ.....	57
4.3 แสดงเครือข่ายประสาทแบบย้อนกลับชั้นเดียว.....	58
4.4 แสดงการแทนเครือข่ายประสาทด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	59
4.5 แสดงการแทนนิเวรอนด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	60
4.6 แสดงโพลีชาร์ตการใช้เครือข่ายประสาท แก้ปัญหาการหาคำตอบที่เหมาะสม.....	64
4.7 (ก) ตัวอย่างคำตอบของปัญหา TSP 5 เมือง (ข) การแทนคำตอบด้วยเมตริกซ์.....	66
5.1 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีสายป้อน 3 ชุด.....	71
5.2 แสดงการแทนกลุ่มโหนดในสายป้อนแต่ละชุดด้วยเมตริกซ์.....	71
5.3 แสดงเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	75
5.4 แสดงโพลีชาร์ตกระบวนการเรียนรู้ของเครือข่ายการจัดเรียงสายป้อนใหม่.....	76
5.5 แสดงโพลีชาร์ตโครงสร้างการจัดการ.....	78
5.6 แสดงแบบจำลองสายแบบ π	79
5.7 แสดงโพลีชาร์ตการคำนวณโหนดโพลีด้วยวิธีนิวตัน - ราฟสัน.....	82
6.1 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด.....	88
6.2 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหนดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด.....	91
6.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหนดน้อย.....	92
6.4 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหนดปกติ.....	92
6.5 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหนดมาก.....	92
6.6 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหนดน้อย.....	93

ภาพที่	หน้า
6.7 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ.....	94
6.8 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในช่วงสายต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก.....	94
6.9 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	97
6.10 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	97
6.11 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 6 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	98
6.12 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 10 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	98
6.13 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	99
6.14 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	99
6.15 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 6 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	100
6.16 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 10 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	100
6.17 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหลด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลดเมื่อค่าคงที่ในการเรียนรู้ต่างกัน.....	102
6.18 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทที่โหลด 2 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลดเมื่อการเรียนรู้ต่างกัน.....	102
6.19 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทโดยการเรียนรู้ที่นำเสนอ.....	103
6.20 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาทโดยการเรียนรู้วิธีทั่วไป.....	104
6.21 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	104

ภาพที่	หน้า
6.22 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหลดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	107
6.23 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย	108
6.24 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ.....	108
6.25 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก.....	108
6.26 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ลดลงโดยวิธี ต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหลด.....	109
6.27 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	110
6.28 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	111
6.29 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 11 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	111
6.30 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	112
6.31 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 5 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	112
6.32 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหลด 11 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหลด.....	113
6.33 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหลด.....	114
6.34 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลงที่โหลดภาวะต่างๆ สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหลด.....	117
6.35 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหลด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายป้อนใหม่ที่ภาวะโหลดน้อย	118

ภาพที่	หน้า
6.36 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ที่ภาวะโหลดปกติ.....	118
6.37 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่โหนดต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด ก่อนและหลังการจัดเรียงสายบ่อนใหม่ที่ภาวะโหลดมาก.....	119
6.38 แสดงกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายที่ลดลงโดยวิธี ต่างๆ ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	120
6.39 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	121
6.40 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 17 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	121
6.41 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 24 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	122
6.42 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 4 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	122
6.43 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 17 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	123
6.44 แสดงค่าข้อมูลส่งออกของเครือข่ายประสาท ที่โหนด 24 สำหรับระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	123
ก.1 ตัวอย่างข้อมูลของระบบจำหน่ายไฟฟ้าบ่อนเข้าโปรแกรม.....	134
ก.2 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม.....	135
ข.1 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 10 โหนด.....	141
ข.2 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 16 โหนด.....	141
ข.3 แสดงระบบจำหน่ายไฟฟ้า 32 โหนด.....	144