

ดัชนีสมรรถนะระบบและการวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม  
เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

นายเกียรติชัย เสนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2551  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYSTEM PERFORMANCE INDICES AND CONTINGENCY ANALYSIS USING  
MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK

Mr.Kiattichai Sena

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

511805

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ดัชนีสมรรถนะระบบและการวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้  
โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น

โดย

นายเกียรติชัย เสนา

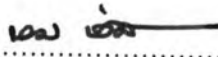
สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์

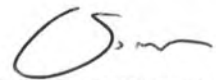
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ


  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.นุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.ประดิษฐ์ เฟื่องฟู)

เกียรติชัย เสนา : ดัชนีสมรรถนะระบบและการวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น. (SYSTEM PERFORMANCE INDICES AND CONTINGENCY ANALYSIS USING MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์, 107 หน้า.

บทความนี้นำเสนอโครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้นคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะเพื่อการวิเคราะห์คอนตินเจนซีในระบบไฟฟ้ากำลังแบบออนไลน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลดอยู่ตลอดเวลา และเปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวิธีการดั้งเดิมโดยระบบทดสอบที่ใช้คือระบบทดสอบ 30 บัส และระบบทดสอบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส ผลการทดสอบแสดงว่าวิธีที่นำเสนอสามารถใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีดั้งเดิมโดยให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์คอนตินเจนซีในระบบไฟฟ้ากำลังแบบออนไลน์

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....      ลายมือชื่อนิสิต.....*เกษมศักดิ์ชัย เกตุหา*.....  
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....      ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....*โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์*.....  
 ปีการศึกษา..2551.....

## 4970235621 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : POWER SYSTEM SECURITY / PERFORMANCE INDEX / CONTINGENCY ANALYSIS / POWER FLOW / MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK

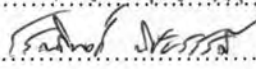
KIATTICHAJ SENA : SYSTEM PERFORMANCE INDICES AND CONTINGENCY ANALYSIS USING MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK. ADVISOR : ASST.PROF.SOTDHIPONG PHICHAISAWAT, Ph.D., 107 pp.

This thesis proposes Multilayer Perceptron Neural Network to calculate System Performance Indices for Contingency Analysis in an on-line power system with continually load change. The proposed method is compared with the power flow conventional method. The 30 bus test system and Southern Thailand test system are applied. The results show that the proposed method can yield the System Performance Indices faster than the conventional method with acceptable accuracy. Thus the proposed method is suitable to analysis contingency in the on-line power system.

Department : .....Electrical Engineering.....

Student's Signature .....  .....

Field of Study : ....Electrical Engineering.....

Advisor's Signature .....  .....

Academic Year : ..2008.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสทธิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ โดยเป็นประโยชน์กับการนำเสนอหัวข้อวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งกรุณาตรวจสอบแก้ วิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล และ ดร.ประดิษฐ์ เพ็องฟู ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำเพิ่มเติมจนวิทยานิพนธ์สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ พี่สมภพ อัมภมมงคล และ พี่สถาพร ลิ้มปี๋ทมปาณี ที่ให้คำแนะนำด้านเทคนิค จากประสบการณ์ในการทำงาน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก ตลอดจนขอบคุณรุ่นพี่ และรุ่นน้องในห้องปฏิบัติการทุกคนที่ให้อำลัใจและให้คำปรึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และ คุณแม่ ที่ให้อำลัใจตลอดมา ตลอดจนเพื่อน พี่ น้อง ทุกคนที่เป็นส่วนในการผลักดันให้เกิดความสำเร็จ และลุล่วงไปด้วยดี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....	2
1.5 เนื้อหาวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีความมั่นคง การวิเคราะห์คอนตินเจนซี และดัชนีสมรรถนะระบบของระบบ ไฟฟ้ากำลัง.....	4
2.1 ความมั่นคงของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	4
2.2 การวิเคราะห์คอนตินเจนซี .....	9
2.3 ดัชนีสมรรถนะระบบ.....	10
2.3.1 ดัชนีสมรรถนะแรงดัน .....	10
2.3.2 ดัชนีสมรรถนะกำลังไฟฟ้าจริง .....	11
2.4 การวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้ AC Power Flow .....	12
บทที่ 3 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม.....	13
3.1 โครงข่ายประสาทธรรมชาติ.....	13
3.2 โครงข่ายประสาทเทียม.....	16
3.2.1 แบบจำลองของโครงข่ายประสาท .....	18
3.2.2 ชนิดของฟังก์ชันกระตุ้น .....	20



3.3 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาท .....	23
3.3.1 โครงข่ายป้อนไปข้างหน้าชั้นเดียว .....	23
3.3.2 โครงข่ายป้อนไปข้างหน้าหลายชั้น .....	24
3.3.3 โครงข่ายย้อนกลับ .....	25
3.4 กระบวนการเรียนรู้และกฎการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาท .....	27
3.4.1 กฎการเรียนรู้ .....	27
3.4.2 รูปแบบการเรียนรู้ .....	35
3.4.3 การนอร์มอลไลซ์ .....	37
3.5 โครงข่ายประสาทเทียมเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น .....	37
บทที่ 4 การวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม .....	39
บทที่ 5 ระบบทดสอบ ผลการคำนวณ และการวิเคราะห์ผล .....	45
5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส .....	46
5.1.1 MLPNN สำหรับคำนวณค่า $PI_V$ .....	47
5.1.2 MLPNN สำหรับคำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	56
5.2 ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส .....	66
5.2.1 MLPNN สำหรับคำนวณค่า $PI_V$ .....	68
5.2.2 MLPNN สำหรับคำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	77
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	86
6.1 สรุปผลงานวิจัย .....	86
6.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป .....	87
6.3 อุปสรรคในการวิทยานิพนธ์ .....	87
รายการอ้างอิง .....	88
ภาคผนวก .....	90
ภาคผนวก ก ระบบทดสอบ 30 บัส .....	91
ภาคผนวก ข ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส .....	96
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	107



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบระหว่างนิเวศธรรมชาติและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ ประดิษฐ์ขึ้น .....	20
ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างรูปแบบฟังก์ชันกระตุ้นที่ใช้ใน MLPNN แบบ 4 ชั้น.....	40
ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า $PI_V$ .....	47
ตารางที่ 5.2 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า $PI_V$ .....	49
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า $PI_V$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลด ทดสอบที่ 1-4.....	50
ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของการคำนวณค่า $PI_V$ กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4.....	52
ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า $PI_V$ กรณีโหลด ทดสอบช่วงต่างๆ.....	55
ตารางที่ 5.6 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	56
ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	58
ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบค่า $PI_{MW}$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณี โหลดทดสอบที่ 1-4.....	59
ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด ของการคำนวณค่า $PI_{MW}$ กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 .....	62
ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า $PI_{MW}$ กรณีโหลด ทดสอบช่วงต่างๆ.....	64
ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า $PI$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN.....	65
ตารางที่ 5.12 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า $PI_V$ .....	68
ตารางที่ 5.13 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า $PI_V$ .....	69
ตารางที่ 5.14 เปรียบเทียบค่า $PI_V$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลด ทดสอบที่ 1-4.....	70
ตารางที่ 5.15 เปรียบเทียบอันดับคอนดินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดี ที่สุด ของการคำนวณค่า $PI_V$ กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4.....	73
ตารางที่ 5.16 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า $PI_V$ กรณีโหลด ทดสอบช่วงต่างๆ.....	75

ตารางที่ 5.17 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 3 ชั้น คำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	77
ตารางที่ 5.18 ประสิทธิภาพของ MLPNN แบบ 4 ชั้น คำนวณค่า $PI_{MW}$ .....	78
ตารางที่ 5.19 เปรียบเทียบค่า $PI_{MW}$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณี โหลดทดสอบที่ 1-4.....	79
ตารางที่ 5.20 เปรียบเทียบอันดับคอนตินเจนซีด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดี ที่สุด ของการคำนวณค่า $PI_{MW}$ กรณีโหลดทดสอบที่ 1-4.....	82
ตารางที่ 5.21 ประสิทธิภาพของ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด คำนวณค่า $PI_{MW}$ กรณีโหลด ทดสอบช่วงต่างๆ.....	84
ตารางที่ 5.22 เปรียบเทียบเวลาในการคำนวณค่า $PI$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN.....	85
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลโหลด .....	91
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลกำลังการผลิต .....	92
ตารางที่ ก.3 ข้อมูลสายส่งไฟฟ้า.....	92
ตารางที่ ก.4 ข้อมูลโหลดกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 และ 600 .....	94
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลโหลดในสภาวะความต้องการไฟฟ้าสูงสุด .....	96
ตารางที่ ข.2 ข้อมูลโหลดในสภาวะความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด.....	97
ตารางที่ ข.3 ข้อมูลกำลังการผลิตในสภาวะความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด .....	99
ตารางที่ ข.4 ข้อมูลกำลังการผลิตในสภาวะความต้องการกำลังไฟฟ้าต่ำสุด.....	99
ตารางที่ ข.5 ข้อมูลสายส่งไฟฟ้า.....	100
ตารางที่ ข.6 หมายเลขคอนตินเจนซี .....	103
ตารางที่ ข.7 ข้อมูลโหลดกรณีโหลดทดสอบที่ 1-4 และ 600 .....	105

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 สถานะ Optimal dispatch.....	7
รูปที่ 2.2 สถานะ Post contingency .....	7
รูปที่ 2.3 สถานะ Secure dispatch.....	8
รูปที่ 2.4 สถานะ Secure post contingency .....	8
รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์คอนตินเจนซีโดยใช้ AC Power flow .....	12
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของโครงข่ายประสาทของสมองมนุษย์.....	14
รูปที่ 3.2 เซลล์ประสาท.....	14
รูปที่ 3.3 การจำลองโครงข่ายประสาทในรูปแบบคณิตศาสตร์ .....	18
รูปที่ 3.4 ผลของค่าขีดจำกัด .....	19
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลขาเข้าสุทธีกับข้อมูลขาออก .....	22
รูปที่ 3.6 แบบจำลองโครงข่ายประสาทอย่างง่าย .....	23
รูปที่ 3.7 โครงข่ายป้อนไปข้างหน้าชั้นเดียว.....	24
รูปที่ 3.8 โครงข่ายป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นแบบเชื่อมโยงอย่างเต็มที่.....	25
รูปที่ 3.9 โครงข่ายย้อนกลับชั้นเดียว .....	26
รูปที่ 3.10 โครงข่ายย้อนกลับชั้นหลายชั้น.....	26
รูปที่ 3.11 รูปแบบการเรียนรู้.....	36
รูปที่ 3.12 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ที่มีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ.....	38
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของ MLPNN สำหรับคำนวณค่า $PI_{\text{V}}$ .....	40
รูปที่ 4.2 โครงสร้างของ MLPNN สำหรับคำนวณ $PI_{\text{V}}$ และ $PI_{\text{MW}}$ .....	40
รูปที่ 4.3 กระบวนการคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะระบบด้วย MLPNN.....	42
รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการฝึกสอน MLPNN แบบ 3 ชั้น .....	43
รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการฝึกสอน MLPNN แบบ 4 ชั้น .....	44
รูปที่ 5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส .....	46
รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบค่า $PI_{\text{V}}$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลด ทดสอบที่ 600.....	52
รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า $PI_{\text{MW}}$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลด ทดสอบที่ 600.....	61
รูปที่ 5.4 ระบบภาคใต้ของประเทศไทย 39 บัส.....	66

รูปที่ 5.5	เปรียบเทียบค่า $PI_V$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600.....	72
รูปที่ 5.6	เปรียบเทียบค่า $PI_{MW}$ ด้วยวิธี ACPF กับ MLPNN โครงสร้างที่ดีที่สุด กรณีโหลดทดสอบที่ 600.....	81