วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

รัฐทาน นามศิริ

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางตำแหน่งของหน่วยวัดมุมเฟสที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการประมาณสถานะ OPTIMAL PLACEMENT OF PHASOR MEASUREMENT UNIT BY USING STATE ESTIMATION METHOD
ชื่อนักศึกษา	นายรัฐทาน นามศิริ
รหัสประจำตัว	115070402014-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช เกิดชื่น
วัน เดือน ปี ที่สอบ	6 มีนาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้องชมพูพันธุ์ทิพย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ดร.คมกฤษ ประเสริฐวงษ์)

.....กรรมการ

(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

.....กรรมการ

(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

.....กรรมการ

(ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช เกิดชื่น)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางตำแหน่งของหน่วยวัดมุมเฟสที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการประมาณสถานะ
นักศึกษา	นายรัฐทาน นามศิริ
รหัสประจำตัว	115070402014-0
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช เกิดชื่น

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หาตำแหน่งติดตั้งหน่วยวัดมุมเฟสที่เหมาะสมและสามารถ ลดจำนวนของเครื่องมือวัดลงให้ได้น้อยที่สุด แต่ประสิทธิภาพในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ยังสามารถครอบคลุมการวัดทุกตำแหน่งได้ ซึ่งวิธีการที่ใช้ทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นวิธีประมาณสถานะ ซึ่งการจัดเก็บและบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นไปตามเวลาจริง เมื่อนำผลที่ได้ไปประมวลค่าต่างๆ จึงมีความถูกต้อง ซึ่งในระบบของ SCADA ต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดมากทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวัดเพื่อมาติดตั้งในระบบไฟฟ้ากำลัง

ดังนั้นจึงได้นำเอาวิธีการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยใช้วิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม มาดำเนินการสุ่มเลือกบัสที่เหมาะสมและดีที่สุด เพื่อนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งจุดติดตั้งเครื่องมือวัดที่เหมาะสมและดีที่สุด ซึ่งสามารถเลือกตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัดได้จำนวน 7 ตำแหน่ง จากการติดตั้งเครื่องในระบบไฟฟ้ากำลัง 14 บัส และทำการเปรียบเทียบผลจากการไหลของกำลังไฟฟ้า

ซึ่งจากวิธีการประมาณสถานะจากเจนเนติกอัลกอริทึม ในการสุ่มเลือกบัสที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งเครื่องมือวัด PMU ซึ่งได้ค่า Fitness ที่เหมาะสมและดีที่สุดจากเจนเนติกอัลกอริทึมคือ 5.8329 ในการเลือกบัสที่ใช้ติดตั้งเครื่องมือวัด PMU ได้ จำนวน 7 ตำแหน่ง จาก 14 ตำแหน่ง ดังนั้นสามารถลดจำนวนของเครื่องมือวัด PMU ลงได้จำนวน 7 ตำแหน่ง และข้อมูลที่ได้จากการวัดในระบบไฟฟ้ากำลังเมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดจำนวน 7 ตำแหน่ง สามารถที่จะวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในระบบไฟฟ้ากำลังถึงกันหมด แทนที่จะติดตั้งเครื่องมือวัดทุกๆ บัส และค่าที่วัดได้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นและทำให้ลดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือวัดลงได้มาก

คำสำคัญ : การประมาณสถานะ, หน่วยวัดมุมเฟส, เจนเนติกอัลกอริทึม

Thesis Title :	OPTIMAL PLACEMENT OF PHASOR MEASUREMENT UNIT BY USING STATE ESTIMATION METHOD
Student Name :	Mr. Rattan Namsiri
Student ID :	115070402014-0
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Academic Year :	2009
Thesis Advisor/s :	Dr. Krischonme Bhumkittipich Assistant Professor Dr.Thawatch Kerdchuen

ABSTRACT

This thesis presents the analysis method for finding the placement phasor measurement unit that is suitable and able to reduce amount of PMU. Which the efficiency can a temple cover all. State estimation method is used in this thesis which storing and memorandum the parameters in power system in real time. When the result is taken to calculate, it is accuracy. Many measurements are installed in SCADA system so it leads into waste of budget.

Thus researcher has taken state estimation method of power system using Genetic Algorithm method for selecting optimal buses to calculate an optimal positioning measurement. which is able to get 7 optimal placements of measurement from the installation for 14-bus power system and compare the result from load flow.

State estimation method from Genetic Algorithm, selecting an optimal bus for installation PMU measurement that gets optimal Fitness value from Genetic Algorithm 5.8329. Erection buses to install PMU measurement is able to install 7 positions from 14 positions so it is also able to reduce amount of PMU measurement 7 positions and the data that gets from measurement in power system. When the measurements are installed 7 positions. they are able to measure parameter in power system and the result from measuring is accuracy and more reliable and also able to reduce the budgets.

Keywords : State Estimation, Phasor Measurement Unit,Genetic Algorithm

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธวัช เกิดชื่น ที่ได้ให้คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะแนวทาง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.คมกฤษ ประเสริฐวงษ์,ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ และดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำอันมีค่ายิ่ง ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา และบุคคลในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจ รวมทั้งทีมงานวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

รัฐทาน นามศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	1
1.3 สมมุติฐานของการทำวิทยานิพนธ์	2
1.4 ขอบเขตของการทำวิทยานิพนธ์	2
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	2
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.8 คำสำคัญของการวิจัย	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 การศึกษาการไหลของกำลังไฟฟ้า	5
2.3 การประมาณค่าสถานะ	8
2.4 วิธีการหาค่าของการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง	12
2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิดพลาด	15
2.6 การวัดความถูกต้องของการประมาณสถานะ	17
2.7 หลักการเจนเนติกอัลกอริทึม	17
2.8 หน่วยวัดมุมเฟส	20
2.9 สรุป	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์	23
3.1 การไหลของกำลังไฟฟ้า	24
3.2 การประมาณสถานะโดยใช้โปรแกรม MATLAB	28
3.3 การหาตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดโดยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	32
3.4 ตำแหน่งจุดติดตั้งเครื่องวัด	34
3.5 สรุป	35
บทที่ 4 ผลการทดลอง	36
4.1 ผลการทดสอบการไหลในระบบ IEEE 14 บัส	36
4.2 ผลการทดสอบการประมาณสถานะในระบบ IEEE 14 บัส	42
4.3 ผลจากการหาตำแหน่งจากเจนเนติกอัลกอริทึม	48
4.4 ผลการทดสอบการประมาณสถานะจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	50
4.5 ผลการเปรียบเทียบจากการรันโปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าและค่าประมาณสถานะ	56
4.6 ผลการเปรียบเทียบจากการรันโปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าและ ค่าประมาณสถานะจากเจนเนติกอัลกอริทึม	63
4.7 สรุป	70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	71
5.1 สรุปผลการประมาณสถานะจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	71
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	
ก. โปรแกรมที่ใช้รันการประมาณสถานะ	75
ข. บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่	80
ประวัติผู้เขียน	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 หมายเลขบัสที่ติดตั้งเครื่องวัด 7 ตำแหน่ง จากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	34
4.1 ค่าจากการรันโปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่บัส	36
4.2 ค่าจากการรันโปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน	38
4.3 ค่าจากการรันโปรแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง	40
4.4 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่บัส	42
4.5 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน	44
4.6 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง	46
4.7 ตำแหน่งของบัสที่เจนเนติกอัลกอริทึมทำการเลือกบัส	48
4.8 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะจากการติดตั้งเครื่องวัด จำนวน 7 ตำแหน่ง จากเจนเนติกอัลกอริทึมขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่บัส	50
4.9 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะจากการติดตั้ง เครื่องวัดจำนวน 7 ตำแหน่ง จากเจนเนติกอัลกอริทึมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน	52
4.10 ค่าจากการรันโปรแกรมการประมาณสถานะจากการติดตั้งเครื่องวัด จำนวน 7 ตำแหน่ง จากเจน เนติกอัลกอริทึมของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง	54
4.11 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและค่าจากการประมาณสถานะ ขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่บัส	56
4.12 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและ ค่าจากการประมาณสถานะกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้าเสมือน	58
4.13 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและ ค่าจากการประมาณสถานะ ของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง	60
4.14 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและค่าประมาณสถานะจากการ ติดตั้งเครื่องวัด 7 ตำแหน่งจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม ขนาดและมุมเฟสของแรงดันที่บัส	63
4.15 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและค่าประมาณสถานะจากการ ติดตั้งเครื่องวัด 7 ตำแหน่ง จากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าเสมือน	65
4.16 เปรียบเทียบค่าการไหลกำลังไฟฟ้าและค่าประมาณสถานะ จากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมของกำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่ง	67

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 2 บัส	11
2.2 ตัวอย่างการครอสโอเวอร์	18
2.3 ตัวอย่างการมิวเตชัน	19
2.4 โครงสร้างการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม	20
2.5 การทำงานของหน่วยวัดมุมเฟส	21
3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการหลัก	23
3.2 ระบบ IEEE 14 บัส	24
3.3 ขั้นตอนการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า	25
3.4 ระบบทดสอบ IEEE 14 บัส	28
3.5 ขั้นตอนการประมาณสถานะของระบบไฟฟ้ากำลัง	29
3.6 ขั้นตอนของเจนเนติกอัลกอริทึม	33
3.7 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัด	35
4.1 แรงดันที่บัส	37
4.2 มุมเฟส	37
4.3 กำลังไฟฟ้าจริง	39
4.4 กำลังไฟฟ้าเสมือน	39
4.5 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง	41
4.6 กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายส่ง	41
4.7 แรงดันที่บัส	43
4.8 มุมเฟส	43
4.9 กำลังไฟฟ้าจริง	45
4.10 กำลังไฟฟ้าเสมือน	45
4.11 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง	47
4.12 กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายส่ง	47
4.13 การลู่เข้าของค่า Fitness โดยวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม	48
4.14 ตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องวัด 7 ตำแหน่ง ในระบบ 14 บัส	49

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 แรงดันที่บัส	51
4.16 มุมเฟส	51
4.17 กำลังไฟฟ้าจริง	53
4.18 กำลังไฟฟ้าเสมือน	53
4.19 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง	55
4.20 กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายส่ง	55
4.21 ขนาดแรงดันที่บัส	57
4.22 มุมเฟส	57
4.23 กำลังไฟฟ้าจริง	59
4.24 กำลังไฟฟ้าเสมือน	59
4.25 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง	61
4.26 กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายส่ง	62
4.27 แรงดันที่บัส	64
4.28 มุมเฟส	64
4.29 กำลังไฟฟ้าจริง	66
4.30 กำลังไฟฟ้าเสมือน	66
4.31 กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่ง	68
4.32 กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ไหลในสายส่ง	69

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
e	เวกเตอร์ผิดพลาดของการวัด
εP_i	ค่าผิดพลาดที่วัดกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
εQ_i	ค่าผิดพลาดที่วัดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่บัส i
εV_i	ค่าแรงดันที่ผิดพลาดของการวัด
G	Gain Matrix
H	เมตริกจาโคเบียน
$H(x^k)$	เมตริกจาโคเบียนของ $h(x^k)$
h_{iNs}	ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชั่น $f(x)$
$h(x)$	เมตริกค่าสัมประสิทธิ์ของเมตริก $f(x)$
$h(x)$	ฟังก์ชั่นไม่เป็นเชิงเส้น
i	บัสที่พิจารณา
$\bar{I}=I\angle\theta$	เมตริกซ์เฟสเซอร์ของกระแส
$J(x)$	ผลที่เหลือจากการวัด
K	องศาอิสระของการแจกแจงไค-สแควร์
k	จำนวนรอบการวนซ้ำ
N	จำนวนบัสทั้งหมด
N_m	จำนวนการวัด
Ns	จำนวนของตัวแปรสถานะมีค่าเท่ากับ (2n – 1)
n	จำนวนของบัสในระบบ
P_i^{meas}	กำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i
P_{ij}^{meas}	กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลระหว่างบัส i ไปบัส j
Q_i^{meas}	กำลังรีแอคทีฟที่บัส i
Q_{ij}^{meas}	กำลังรีแอคทีฟที่ไหลระหว่างบัส i ไปบัส j
t_J	ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน
V_i	ขนาดแรงดันที่บัส i
V_n	ขนาดแรงดันที่บัส n
V_i^{meas}	ค่าที่ V ที่วัดได้จากบัส i
$\bar{V}=V\angle\theta$	เมตริกซ์เฟสเซอร์ของแรงดัน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
x	เวกตอร์ตัวแปรของสถานะ
x^k	คำตอบของ x ในรอบที่ k
Y_{sh}	ขนาดแอดมิตแตนซ์ขนาน
Y_{se}	ขนาดแอดมิตแตนซ์อนุกรมระหว่างบัส i ไปบัส j
Y_{in}	ขนาดแอดมิตแตนซ์ระหว่างบัส i และบัส n
$\bar{Y}=Y\angle\theta$	เมตริกซ์แอดมิตแตนซ์ของระบบ
z	เวกเตอร์ของการวัด
δ_n	มุมเฟสของแรงดันที่บัส n
δ_i	มุมเฟสของแรงดันที่บัส i
δ_j	มุมเฟสของแรงดันที่บัส j
θ_{in}	มุมเฟสของแอดมิตแตนซ์ระหว่างบัส i และ บัส n
θ_{se}	มุมเฟสของแอดมิตแตนซ์อนุกรม
θ_{sh}	มุมเฟสของแอดมิตแตนซ์ขนาน
σ_i^2	ค่าแปรปรวนที่บัส i
α	ระดับความมีนัยสำคัญ

คำย่อ	ความหมาย
PMU	อุปกรณ์เครื่องมือวัดมุมเฟสในระบบไฟฟ้ากำลัง
GA	เป็นกระบวนการในการค้นหาคำตอบให้กับระบบแบบการสุ่มเลือก