วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัย ขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายภคิณ แก้วแกมเงิน

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

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเสถียรภาพแรงดันในระบบไฟฟ้ากำลังในพื้นที่ภาคตะวันออกเมื่อเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ STUDY OF VOLTAGE STABILITY IN POWER SYSTEM IN EASTERN THAILAND CONNECTED WHIT NUCLEAR POWER PLANTS
ชื่อนักศึกษา	นายภคิณ แก้วแกมเงิน
รหัสประจำตัว	115070402008-2
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	14 พฤษภาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ดร.แคทรียา สุวรรณศรี)

..... กรรมการ

(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

.....กรรมการ

(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

..... กรรมการ

(ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเสถียรภาพแรงดันในระบบไฟฟ้ากำลังในพื้นที่ภาคตะวันออกเมื่อเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์
นักศึกษา	นายภคิณ แก้วแกมเงิน
รหัสประจำตัว	115070402008-2
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทยเมื่อทำการต่อเชื่อมกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำความดันสูงเนื่องจากปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากการขยายตัวของเศรษฐกิจภาคอุตสาหกรรม และบริการ ตลอดจนขีดความสามารถในระบบการผลิตกำลังไฟฟ้าที่จำกัดด้วยรูปแบบของโรงจักรไฟฟ้า

การศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลัง อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองรูปแบบการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบน้ำความดันสูง โดยนำค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องจริงมาใช้ในแบบจำลอง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ก่อนติดตั้งโดยมีผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ต่ออยู่ ผลที่ได้บัสที่มีแรงดันอ่อนแอที่สุดคือบัสที่ 85 ค่าแรงดันไฟฟ้า 0.51348 เปอร์ยูนิต กรณีที่ 2 ก่อนติดตั้งแต่ปลดผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ต่ออยู่ บัสที่มีค่าแรงดันอ่อนแอที่สุดคือบัสที่ 39 ค่าแรงดันไฟฟ้า 0.46800 เปอร์ยูนิต กรณีที่ 3 เชื่อมต่อโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ตั้งแต่ปลดผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก และผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ต่ออยู่ บัสที่มีค่าแรงดันอ่อนแอที่สุดคือบัสที่ 85 ค่าแรงดันไฟฟ้า 0.82797 เปอร์ยูนิต กรณีที่ 4 เชื่อมต่อโรงไฟฟ้านิวเคลียร์โดยมีผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กและผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ต่ออยู่ บัสที่มีค่าแรงดันอ่อนแอที่สุดคือบัสที่ 39 ค่าแรงดันไฟฟ้า 0.97336 เปอร์ยูนิต

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าทำให้ทราบถึงความมั่นคงและความน่าเชื่อถือได้ที่เพิ่มสูงมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบเสถียรภาพระบบไฟฟ้าก่อนและหลังการเชื่อมต่อกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้า ตลอดจนเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย

คำสำคัญ: เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้า, โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

Thesis Title :	STUDY OF VOLTAGE STABILITY IN POWER SYSTEM IN EASTERN THAILAND CONNECTED WHIT NUCLEAR POWER PLANTS
Student Name :	Mr.Phakin Kaewkamngoen
Student ID :	115070402008-2
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Electrical Engineering
Academic Year :	2009
Thesis Advisor	Dr. Krischonme Bhumkittipich

ABSTRACT

This thesis presents a study and analysis of the stability of Eastern Region's power system in Thailand when it is connected with a nuclear power plant. This nuclear power plant has a pressurized water reactor. While the demand for electricity has been increased due to the growth of industry. The capabilities to generate and serve power are limited because of the power plants.

The study and analysis of power system stability are based on computer simulation technology model in Thailand. This power system model is connected with nuclear power system. The stimulation scheme in the thesis can be divided into four cases. Case one is the case that power system is connected with independent power producers. This case study shows that the weakest bus voltage is bus No .85 which is 0.51348 per unit. In the case two, the independent power producers are released, the weakest bus voltage is bus No.39 which is 0.46800 per unit. In the case three, the same condition as case two but the power system is connected with a nuclear power plant and the result is that the weakest bus voltage is bus No. 85 which is 0.82797 per unit. In the final case , power system is connected with the nuclear power plant by the independent power producers. In this case, the weakest bus voltage is bus No.39 which is 0.97336 per unit.

Results of this study and analysis point out that power system is more stable after connected with a nuclear power plant than it is before connected. This is consistent with the capacity development plan on the stability of electrical system in Thailand.

Keyword : Voltage Stability, Nuclear Power Plants.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ที่คอยดูแลเอาใจใส่ข้าพเจ้าตลอดมา และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำชี้แนะ แนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ต่อการทำงานวิจัย อีกทั้งยังให้ความเป็นห่วงและความเข้าใจต่อปัจจัยที่ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ของข้าพเจ้าที่มีความล่าช้า ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี และต้องขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท M50EE1(ส) มากที่ช่วยกัน เพื่อให้เรียนจบ และที่สำคัญขอบคุณ น้องๆ ณ ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้าและพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ร่วมแรง ร่วมใจ อยู่ด้วยกัน มีกำลังใจให้กันเสมอมาโดยตลอด และทุกทุกท่าน ที่ให้คำชี้แนะ และแนะนำเอกสารค้นคว้าที่เป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ด้วยเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความเข้าใจดีสำหรับเวลาที่ข้าพเจ้าต้องใช้สำหรับการศึกษาเพื่ออนาคตในครั้งนี้

ภคิณ แก้วแกมเงิน

14 พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์	3
1.6 ข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์	4
1.7 ลักษณะและรายละเอียดของวิทยานิพนธ์	4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	7
2.3 ระบบผลิตไอน้ำนิวเคลียร์	8
2.4 วงจรผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์	9
2.5 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	15
2.6 การวิเคราะห์โหลดโฟลว์	20
2.7 วิธีของนิวตัน-ราฟสัน	22
2.8 ข้อมูลในการศึกษาโหลดโฟลว์	24
2.9 เสถียรภาพระบบไฟฟ้า	32
2.10 การเปรียบเทียบโปรแกรมกับการคำนวณ	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิทยานิพนธ์	46
3.1 สมการคณิตศาสตร์โรงไฟฟ้านิวเคลียร์	46
3.2 ศึกษารูปแบบการไหลของกำลังไฟฟ้าตามมาตรฐาน IEEE 14 บัส	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ศึกษารูปแบบการจ่ายไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก 53

3.4 เก็บรวบรวมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบส่งจ่ายในพื้นที่ภาคตะวันออก 54

3.5 จำลองรูปแบบเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก 55

3.6 สรุปผลเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก 55

บทที่ 4 ทดสอบเสถียรภาพของระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลัง 56

4.1 ผลการทดสอบกรณีที่ 1 56

4.2 ผลการทดสอบกรณีที่ 2 59

4.3 ผลการทดสอบกรณีที่ 3 61

4.4 ผลการทดสอบกรณีที่ 4 64

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 67

5.1 สรุป 67

5.2 ข้อเสนอแนะ 68

เอกสารอ้างอิง 69

ภาคผนวก ก ค่าพารามิเตอร์ของระบบสายส่ง 115 kV ในพื้นที่ภาคตะวันออก 70

ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลโปรแกรม UWPFLOW 78

ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ 100

ประวัติผู้เขียน 108

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	โรงไฟฟ้าแต่ละประเภท	10
2.2	ข้อมูลของเจนเนอร์เตอร์และโหลด	40
2.3	ค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งระหว่างบัส	40
2.4	ค่าแรงดันที่บัสระหว่างคำนวณและการใช้โปรแกรม Power World	45

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	8
2.2	ไดอะแกรมระบบไอน้ำนิวเคลียร์โดยย่อ	9
2.3	ไดอะแกรมการผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์	9
2.4	โรงไฟฟ้าเตาปฏิกรณ์น้ำเดือด	11
2.5	โรงไฟฟ้าปฏิกรณ์ไอน้ำเดือด	13
2.6	โรงไฟฟ้าปฏิกรณ์น้ำมวลหนัก	14
2.7	สายส่งไฟฟ้าแรงดันสูงระดับ 500 กิโลโวลต์	16
2.8	(ก) โครงสร้างแบบจำลองระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	16
2.8	(ข) บล็อกไดอะแกรม	17
2.9	การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบเรเดียล	18
2.10	การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบลูป	19
2.11	การต่อวงจรสายส่งไฟฟ้าย่อยแบบเนตเวิร์ก	19
2.12	ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลัง	20
2.13	วงจรสมมูลสายส่ง	25
2.14	ระบบสองบัสศึกษาโหลดโฟลว์	26
2.15	ตัวอย่างระบบเพื่อหาจาโคเบียนต์เมตริกซ์	29
2.16	การจำแนกเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า	33
2.17	ไดอะแกรมเส้นเดี่ยวของระบบ 2 บัส	34
2.18	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กับ กำลังไฟฟ้าจริงที่ค่าตัวประกอบกำลังเปลี่ยนแปลง	35
2.19	ขีดจำกัดของระบบไฟฟ้ากำลัง	36
2.20	ขั้นตอนคำนวณโดยวิธี CPF	36
2.21	ตัวอย่างระบบไฟฟ้า 5 บัส	39
3.1	แบบการจำลององค์ประกอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	47
3.2	แบบจำลองอุณหภูมิน้ำร้อนและน้ำเย็น	48
3.3	แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำ	49
3.4	แบบจำลองการควบคุมเตาปฏิกรณ์	50
3.5	แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม UWPFLOW ร่วมกับ MATLAB	51
3.6	ระบบของ IEEE 14 บัส	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.7	กำลังการผลิตในพื้นที่ภาคตะวันออก ปี 2552	53
3.8	(ก) การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ภาคตะวันออก	53
3.8	(ข) การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ภาคตะวันออก	54
4.1	แผนผังระบบสายส่งในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก	56
4.2	แรงดันที่บัสในระบบ 230 กิโลโวลต์ กรณีที่ 1	57
4.3	(ก) แรงดันที่บัสในระบบ 115 กิโลโวลต์ กรณีที่ 1 บัสที่ 10-45	57
	(ข) แรงดันที่บัสในระบบ 115 กิโลโวลต์ บัสที่ 46-82	58
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า และแรงดัน กรณีที่ 1	58
4.5	แผนผังระบบสายส่งเมื่อทำการปลดเครื่องกำเนิดบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนออกจากระบบ	59
4.6	เสถียรภาพของระบบสายส่ง 230 กิโลโวลต์	59
4.7	เสถียรภาพของระบบสายส่ง 115 กิโลโวลต์	60
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดัน	61
4.9	แผนผังระบบสายส่งเมื่อเชื่อมต่อกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	61
4.10	เสถียรภาพของระบบสายส่ง 230 กิโลโวลต์	62
4.11	(ก) เสถียรภาพของระบบสายส่ง 115 กิโลโวลต์	62
	(ข) ผลการจำลองรูปแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	63
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดัน	63
4.13	แผนผังระบบสายส่งเมื่อเชื่อมต่อกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	64
4.14	เสถียรภาพของระบบสายส่ง 230 กิโลโวลต์	64
4.15	เสถียรภาพของระบบสายส่ง 115 กิโลโวลต์	65
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและแรงดัน	66