

การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง

นาย วันชัย ไทศารัตนาบุญกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-705-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**THE Z_{bus} METHOD IN CONTINGENCY RANKING FOR SECURITY ASSESSMENT
IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS**



Mr. Vanchai Phaisalrattananukul

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

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

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-705-8

วันชัย ไพบูลย์รัตนานุกูล : การจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง (THE Z_{bus} METHOD IN CONTINGENCY RANKING FOR SECURITY ASSESSMENT IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ 117 หน้า. ISBN 974-331-705-8.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงถึงการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังตามระดับความรุนแรงที่ส่งผลกระทบต่อระบบ โดยอาศัยการวิเคราะห์เหตุการณ์ด้วยวิธี Z_{bus} ร่วมกับค่าดัชนีสถานะ ซึ่งให้คำตอบในเวลารวดเร็วเนื่องจากไม่จำเป็นต้องทำการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าใหม่ทั้งหมดเพียงแต่อาศัยคำตอบของระบบในสถานะปกติก่อนเกิดเหตุการณ์มาใช้ประกอบในการคำนวณเท่านั้น โดยทำการทดสอบกับระบบทดสอบ 30 บัส และ 57 บัส และพิจารณาถึงผลของค่าความต้านทานของสายส่งที่มีต่อความถูกต้องของการคำนวณด้วย

ผลการวิจัยพบว่าสามารถแยกแยะและจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ที่ส่งผลทำให้ระบบเสียหายอย่างรุนแรงออกจากเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อระบบเพียงเล็กน้อยได้ และผลการจัดเรียงที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับผลการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า แต่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่ามาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

C815856 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: CONTINGENCY ANALYSIS / CONTINGENCY RANKING / PERFORMANCE INDICES

VANCHAI PHAISALRATTANANUKUL : THE Z_{bus} METHOD IN CONTINGENCY RANKING FOR SECURITY ASSESSMENT IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D. 117 pp. ISBN 974-331-705-8.

This thesis presents results of the study of contingency ranking in electrical power systems. The contingency ranking is analysed using Z_{bus} method and performance indices, without any necessary to recalculate the overall power flow problem. Consequently, the results can be obtained within a very short computation time. The developed method has been tested with 30-bus and 57-bus test systems. The effect of line resistance in the calculation is also taken into account.

The results show that, with the proposed method, the critical contingencies can be distinguished from the normal ones within a much shorter time. The ranking results are very satisfactory compared to the conventional power flow method.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

นอกจากนั้น ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร และ คุณวุฒิชัย พึ่งประเสริฐ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบ แก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลงไปด้วยดี

อนึ่งเนื่องจากทุนการศึกษาในระดับปริญญาโทฉบับนี้ ได้รับการสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ. ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนทางการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

วันชัย ไทศาลรัตนานุกูล

เมษายน 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	4
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน.....	4
1.4 ขอบเขตการวิจัยของวิทยานิพนธ์.....	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	5
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	5
2. ความรู้พื้นฐานของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	7
2.1 วงจรสมมูลขององค์ประกอบในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	7
2.2 การสร้างบัสแอดมิตแดนซ์เมตริกซ์โดยวิธีอิติเมนต์สแตมปี.....	13
3. การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}	20
3.1 การเพิ่มเข้าและปลดออกสายส่ง.....	20
3.2 การวิเคราะห์เหตุขัดข้องในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	26
3.3 การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยแบบจำลองกระแสตรง.....	33
3.4 การวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}	37
4. การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบ ไฟฟ้ากำลัง.....	39
4.1 ดัชนีสถานะ.....	39
4.1.1 ดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า.....	40
4.1.2 ดัชนีสถานะแรงดัน.....	40

4.2 การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	42
4.2.1 สมมติฐานในการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	42
4.2.2 ชนิดของบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	42
4.2.3 สมการการไหลของกำลังไฟฟ้าตามวิธีนิวตัน – ราฟสัน.....	44
4.2.4 การประยุกต์วิธีนิวตัน – ราฟสันระบบพิกัดเชิงขั้วในการแก้ปัญหาค่าการไหล ของกำลังไฟฟ้า.....	47
4.2.5 การคำนวณกำลังไฟฟ้าและกำลังสูญเสียในสายส่ง.....	52
4.2.6 ขั้นตอนการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าด้วยวิธีนิวตัน – ราฟสัน.....	54
4.3 การจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความมั่นคงในระบบ ไฟฟ้ากำลัง.....	57
5. ตัวอย่างระบบทดสอบและผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง.....	59
5.1 ระบบทดสอบ 30 บัส.....	59
5.1.1 ระบบทดสอบปกติ.....	59
5.1.2 ระบบทดสอบขนาด 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก... ..	69
5.2 ระบบทดสอบ 57 บัส.....	73
5.1.1 ระบบทดสอบปกติ.....	73
5.1.2 ระบบทดสอบขนาด 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก... ..	74
5.3 เปรียบเทียบผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} สำหรับการประเมินความ มั่นคงในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	75
5.4 ผลของความต้านทานของสายส่งในระบบต่อการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้อง.....	80
5.5 เวลาที่ใช้ในการคำนวณการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}	84
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....	85
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก ก ระบบทดสอบ 57 บัส.....	89
ภาคผนวก ข ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องระดับที่ 2 ด้วยวิธี Z_{bus}	112
ประวัติผู้เขียน.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังตัวอย่าง.....	24
3.2 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าหลังเกิดเหตุขัดข้องของระบบไฟฟ้ากำลังตัวอย่าง... ..	32
4.1 ชนิดของบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	44
5.1 ข้อมูลบัสของระบบทดสอบ 30 บัส.....	59
5.2 ข้อมูลสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส.....	61
5.3 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ของระบบทดสอบ 30 บัส.....	62
5.4 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งของระบบทดสอบ 30 บัส.....	64
5.5 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส.....	66
5.6 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส.....	68
5.7 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	70
5.8 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	72
5.9 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 30 บัส.....	76
5.10 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	77
5.11 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 57 บัส.....	78
5.12 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	79
5.13 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 30 บัส กับระบบทดสอบ 30 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	81
5.14 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของระบบทดสอบ 57 บัส กับระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.....	82

5.15 ผลเปรียบเทียบการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องของสายส่งเส้นที่ 41 ของระบบทดสอบ 57 บัสปกติ กับระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.	83
5.16 ผลเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณระหว่างการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} กับการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า.	84
ก.1 ข้อมูลบัสของระบบทดสอบ 57 บัส.	89
ก.2 ข้อมูลสายส่งของระบบทดสอบ 57 บัส.	91
ก.3 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่บัสต่างๆ ของระบบทดสอบ 57 บัส.	94
ก.4 ผลการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในสายส่งของระบบทดสอบ 57 บัส.	96
ก.5 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัส.	100
ก.6 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 57 บัส.	103
ก.7 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้าน ทานของสายส่งในระบบออก.	106
ก.8 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ 57 บัส ซึ่งตัดค่าความต้านทานของสายส่งในระบบออก.	109
ข.1 ผลการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องระดับที่ 2 ด้วยวิธี Z_{bus} ของระบบทดสอบ 57 บัส.	112

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	7
2.2 วงจรสมมูลของโหลด.....	8
2.3 วงจรสมมูลพายของสายส่งไฟฟ้า.....	9
2.4 (ก) แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	9
2.4 (ข) วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า.....	10
2.5 วงจรสมมูลของชั้นที่อิทธิเมนต์.....	13
2.6 แผนภาพการสร้างบัสแอดมิตแตนซ์เมตริกซ์โดยวิธีอิทธิเมนต์สแตมปี.....	17
2.7 ระบบไฟฟ้ากำลังตัวอย่าง 5 บัส สายส่ง 6 เส้น.....	18
3.1 การเพิ่มสายส่งที่มีค่าอิมพีแดนซ์ Z_a เข้าในระบบ.....	22
3.2 แผนภาพแสดงการวิเคราะห์เหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}	38
4.1 แผนภาพแสดงการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าตามวิธีนิวตัน-ราฟสัน.....	56
4.2 แผนภาพแสดงการจัดเรียงลำดับเหตุขัดข้องด้วยวิธี Z_{bus}	58
5.1 กราฟแสดงผลต่างค่าดัชนีสถานะกำลังไฟฟ้า.....	83
5.2 กราฟเปรียบเทียบเวลาในการคำนวณระหว่างวิธี Z_{bus} กับการคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า.....	84