การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม ที่พิจารณาถึงการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้น

นาย ธวัชชัย ทางรัตนสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-875-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16695 94X

COMPOSITE SYSTEM RELIABILITY EVALUATION WITH REMEDIAL ACTION CONSIDERATIONS

Mr. Thawatchai Thangrattanasuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-631-875-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมที่พิจารณาถึงการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้น
โดย	นาย ธวัชชัย ทางรัตนสุวรรณ
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธวัชชัย ทางรัตนสุวรรณ : การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมที่พิจารณาถึงการแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องขึ้น (COMPOSITE SYSTEM RELIABILITY EVALUATION WITH REMEDIAL ACTION CONSIDERATIONS) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ , อ.ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ , 140 หน้า. ISBN 974-631-875-6

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้บรรยายถึงวิธีการคำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้อง ซึ่งจะทำการเลือกเหตุขัดข้องอย่างเป็นระบบและทดสอบเหตุขัดข้องเหล่านั้นด้วยวิธีการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบฟาสดีคัปเปิลเพื่อลดเวลาการคำนวณลง ในกรณีที่เกิดปัญหาสายส่งมีโหลดเกินจะใช้วิธีการจัดสรรกำลังผลิตใหม่และการตัดโหลด เพื่อระงับปัญหาดังกล่าว

สำหรับขั้นตอนการเลือกเหตุขัดข้องจะจำกัดอันดับของเหตุขัดข้องที่จะทดสอบเพื่อลดเวลาการคำนวณลง โดยจะพิจารณาการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจนถึงอันดับที่สาม และพิจารณาการขัดข้องของสายส่งจนถึงอันดับที่สอง นอกจากนี้จะใช้กฎเกณฑ์การตัดออกเพื่อลดจำนวนเหตุขัดข้องที่จะพิจารณาลง ในการคำนวณจะพิจารณาการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกันด้วย

ผู้เขียนได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ COMRE ขึ้น เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทั้งค่าดัชนีบัสและค่าดัชนีระบบ โดยค่าดัชนีทั้งสองชุดนี้จะประกอบกันเป็นค่าดัชนีที่แสดงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมที่สมบูรณ์ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ COMRE กับระบบทดสอบจำนวน 2 ระบบ เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบดังกล่าว จากผลการศึกษาแสดงว่าวิธีระบุเหตุขัดข้องเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สำหรับใช้คำนวณหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ระบบพลังงานไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C515785 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: RELIABILITY / COMPOSITE SYSTEM

THAWATCHAI THANGRATTANASUWAN : COMPOSITE SYSTEM RELIABILITY EVALUATION WITH REMEDIAL ACTION CONSIDERATIONS.
THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. PRASIT PITTAYAPAT,
THESIS CO-ADVISOR : BUNDHIT EUA-ARPORN,Ph.D. 140 pp.
ISBN 974-631-875-6

This thesis describes the algorithm for reliability evaluation of composite generation and transmission systems using contingency enumeration method. The contingency states are selected systematically and tested by fast decoupled load flow technique. In case of line overloads,the problems are alleviated by generation rescheduling and load shedding algorithm.

The contingency selection is limited to a certain fixed level to maintain computational feasibility. Independent outages of generating units and transmission lines are considered up to the third level and second level respectively. The cut-off criteria is used to curtail the contingencies investigated. Common mode outage is also included in the evaluation.

The computer program called COMRE is developed for the calculation of individual bus indices and also overall system indices. These indices are complementary to each other to represent overall system adequacy. In this thesis, the two systems are tested by using COMRE program. The studies demonstrate that the contingency enumeration technique is an effective and powerful approach for reliability evaluation of composite systems.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา ระบบพลังงานไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์หลายท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์) รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร (ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์) อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย (กรรมการสอบวิทยานิพนธ์) ที่ได้ช่วยตรวจและแก้ไขเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม) ซึ่งเป็นผู้ที่ได้ให้แนวคิด คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆทางด้านวิชาการจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านดังกล่าวเป็นอย่างสูง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาของผู้วิจัยเป็นอย่างยิ่ง ที่ท่านได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาด้วยดี จนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม	7
3. การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสม ด้วยวิธีระบุเหตุขัดข้อง	13
4.โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้และตัวอย่างการวิเคราะห์ระบบ	56
5.สรุปและข้อเสนอแนะ	98
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	
ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ *COMRE*	104
ข. กระบวนการมาร์คอฟ (Markov Process)	118
ค. ค่าสถิติการขัดข้องของอุปกรณ์สถานีไฟฟ้าและสายส่ง	129
ง. การใช้โปรแกรม *COMRE* คำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)	133
ประวัติผู้เขียน	140

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ข้อมูลบัสของระบบ 3 บัส 78
4.2 ข้อมูลสายส่งของระบบ 3 บัส 78
4.3 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบ 3 บัส 79
4.4 ค่าดัชนีบัสของระบบ 3 บัส 79
4.5 ค่าดัชนี *MLC* ของระบบ 3 บัส 80
4.6 ค่าดัชนี *MEC* ของระบบ 3 บัส 80
4.7 ค่าดัชนี *MDLC* ของระบบ 3 บัส 80
4.8 ค่าดัชนีเฉลี่ยของระบบ 3 บัส 81
4.9 ค่าดัชนีระบบของระบบ 3 บัส 81
4.10 ข้อมูลบัสของระบบ RBTS 82
4.11 ข้อมูลสายส่งของระบบ RBTS 84
4.12 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบ RBTS 84
4.13 ข้อมูลของการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน 85
4.14 ค่าดัชนีบัสของระบบ RBTS 86
4.15 ค่าดัชนี *MLC* ของระบบ RBTS 87
4.16 ค่าดัชนี *MEC* ของระบบ RBTS 87
4.17 ค่าดัชนี *MDLC* ของระบบ RBTS 88
4.18 ค่าดัชนีเฉลี่ยของระบบ RBTS 88
4.19 ค่าดัชนีระบบของระบบ RBTS 89

ตารางที่ หน้า

4.20 ค่าดัชนีบัสของระบบ RBTS เมื่อกำหนด
แรงดันต่ำสุดมีค่า 0.92 p.u. 90
4.21 ค่าดัชนีระบบของระบบ RBTS เมื่อกำหนด
แรงดันต่ำสุดมีค่า 0.92 p.u. 90
4.22 ค่าดัชนีบัสของระบบ RBTS เมื่อพิจารณา
การขัดข้องเพียงอันดับหนึ่ง 91
4.23 ค่าดัชนีระบบของระบบ RBTS เมื่อพิจารณา
การขัดข้องเพียงอันดับหนึ่ง 91
4.24 ค่าดัชนีบัสของระบบ RBTS เมื่อพิจารณา
การขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน 92
4.25 ค่าดัชนีระบบของระบบ RBTS เมื่อพิจารณา
การขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน 92
4.26 ค่าดัชนีบัสของระบบ RBTS กรณีตัดโหลดทุกบัส
เมื่อกำลังผลิตไม่เพียงพอ 93
4.27 ค่าดัชนีระบบของระบบ RBTS กรณีตัดโหลดทุกบัส
เมื่อกำลังผลิตไม่เพียงพอ 93
4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีความน่าจะเป็น (Q_k)
ในกรณีต่าง ๆ 94
4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีความถี่ (F_k) ในกรณีต่าง ๆ 94
4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีระบบในกรณีต่าง ๆ 95
4.31 แสดงค่าดัชนีบัสจากบทความในวารสาร *IEEE* 95
4.32 แสดงค่าดัชนีระบบจากบทความในวารสาร *IEEE* 96

ตารางที่ หน้า

4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีบัสจากบทความ *IEEE* และจากโปรแกรม *COMRE* 97

4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนีระบบจากบทความ *IEEE* และจากโปรแกรม *COMRE* 97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การแบ่งระบบไฟฟ้าออกเป็น 3 ระดับชั้น	4
2.1	ผลของการขัดข้องของอุปกรณ์ต่าง ๆ	8
3.1	ขั้นตอนหลักของการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังแบบผสมโดยใช้วิธีระบุเหตุขัดข้อง	14
3.2	การทำงานของอุปกรณ์	16
3.3	การทำงานของอุปกรณ์เมื่อประมาณช่วงระยะเวลา	17
3.4	แบบจำลองสถานะการทำงานของอุปกรณ์แบบ 2 สถานะ	17
3.5	ตัวอย่างของกราฟแสดง Load Duration Curve ของความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดประจำวัน	19
3.6	แบบจำลองการขัดข้องแบบอิสระของอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์	21
3.7	แบบจำลองของการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกันสำหรับสายส่ง 2 สายส่งที่อยู่ในแนวเสาส่ง (Right of Way) เดียวกันหรืออยู่บนเสาส่งเดียวกัน	23
3.8	แบบจำลองของการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกันเมื่อสถานะขัดข้องแยกออกจากกัน	24
3.9	แสดงแบบจำลองซึ่งรวมทั้งการขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกันและการขัดข้องที่มีสาเหตุจากสถานีไฟฟ้า	26
3.10	วงจรสมมูลย์แบบพาย (π)	40
4.1	ขั้นตอนการเลือกเหตุขัดข้อง	66
4.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบฟาสดีคัปเปิล	67

รูปที่ หน้า

4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์โหลดโฟลว์แบบ ดี.ซี 68
4.4 ขั้นตอนการสรรกำลังผลิตใหม่และการตัดโหลด 69
4.5 ขั้นตอนการทดสอบเหตุขัดข้อง 70
4.6 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม *COMRE* 71
4.7 ระบบ 3 บัส 77
4.8 ระบบ RBTS 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย