การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์

นายสันติ ชุ่มศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-713-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018254

RELIABILITY EVALUATION IN A SUB-SYSTEM OF A LARGE POWER SYSTEM BY ADEQUACY EQUIVALENTS

Mr. Santi Chumsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-713-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์

โดย นาย สันติ ชุ่มศรี

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ไชยะ แช่มช้อย)

..... กรรมการ

(นาย กุมโชค ใบแย้ม)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สันติ ชุ่มศรี : การหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยวิธีแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ (RELIABILITY EVALUATION IN A SUB-SYSTEM OF A LARGE POWER SYSTEM BY ADEQUACY EQUIVALENTS) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.จรวย บุญยุบล, 177 หน้า. ISBN 974-579-713-8

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงถึงวิธีการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่โดยวิธีแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ ในการคำนวณได้แทนระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่ด้วยโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ เพื่อลดขั้นตอนการคำนวณซ้ำ แล้วหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย และทำการเปรียบเทียบกับผลการคำนวณโดยวิธีการเดิม การคำนวณใช้วิธีการทางความน่าจะเป็นแบบอนาไลติค และเนทเวอร์คโฟลว์ สามารถหาค่าดัชนีความเพียงพอของระบบการผลิตและระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า ได้ทั้งค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดและทั้งระบบ

ในการคำนวณมีการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นบนไมโครคอมพิวเตอร์ และแสดงการวิเคราะห์โดยใช้ระบบทดสอบมาตรฐาน RBTS ขนาด 6 บัส และ IEEE-RTS ขนาด 24 บัส การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยโดยวิธีแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ ให้ผลการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้น่าเชื่อถือกว่าการคำนวณโดยวิธีการเดิม เนื่องจากมีการพิจารณาสถานะที่มีระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องสูงมากขึ้น และสำหรับการคำนวณที่กำหนดระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องเท่ากันจะใช้เวลาในการคำนวณสั้นกว่า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SANTI CHUMSRI : RELIABILITY EVALUATION IN A SUB-SYSTEM OF A LARGE POWER SYSTEM BY ADEQUACY EQUIVALENTS. THESIS ADVISOR : PROF.CHARUAY BOONYUBOL,Ph.D. 177 pp. ISBN 974-579-713-8

This thesis presents a method for evaluating reliability indices in a sub-system of a large power system by adequacy equivalents. A main divided system is replaced with the adequacy equivalent model for reducing repetitive calculation,then sub-system indices are evaluated, and the result is compared with that obtained by the conventional method. A probabilistic approach by analytical method and network flow are used to analyse adequacy indices of the composite generation and transmission systems, both at load points and in the overall system.

A computer program is developed on a microcomputer to evaluate two standard test systems, i.e., RBTS 6-bus system and IEEE-RTS 24-bus system. Since a consideration has been given to higher contingency level states, reliability indices of a sub-system calculated by adequacy equivalents are reliable than those by the conventional method. For the same level of contingency, the computer times are shorter.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ๒๕๓๔ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้ ให้คำแนะนำและแนวความคิดอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีมาตลอด ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร อาจารย์ไชยะ แช่มช้อย และ คุณกุมโชค ใบแย้ม ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายนโยบายและเศรษฐกิจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณไชยวัฒน์ ผลลาภ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม และเพื่อนๆ อีกหลายท่านที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

2. ส่วนประกอบเบื้องต้นของการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยวิธีความน่าจะเป็น 6

   2.1 การจัดแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อใช้ในการหาค่าความเชื่อถือได้ โดยวิธีความน่าจะเป็น 6

   2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อถือได้โดยวิธีความน่าจะเป็น 8

      2.2.1 ข้อมูลดีเทอร์มินิสติค (Deterministic data) 9

      2.2.2 ข้อมูลสโตคาสติค (Stochastic data) 9

   2.3 การสร้างแบบจำลององค์ประกอบย่อยของระบบ 10

   2.4 การสร้างแบบจำลองโหลด 15

3. การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบการผลิตและระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยวิธีการเดิม 17

   3.1 ข้อสมมุติฐานของแบบจำลอง 18

   3.2 สถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในระบบ 19

   3.3 เนทเวอร์คโฟลว์ (Network flow) และ ขั้นตอนการหากำลังการไหลสูงสุด (Maximum flow algorithm) 21

      3.3.1 วิธีเนทเวอร์คโฟลว์ (Network flow method) 22

   3.4 วิธีการตัดโหลด (Load curtailment philosophy) 28

   3.5 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของทั้งระบบและโหลดบัส 29

      3.5.1 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลด (Load point indices).. 33

      3.5.2 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ (Overall system indices) 34

4. การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบการผลิตและระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า
โดยวิธีแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ 35
4.1 ข้อกำหนดของระบบไฟฟ้ากำลังสำหรับการใช้วิธีแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ .. 36
4.2 การสร้างโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ (Adequacy equivalents).. 37
4.2.1 แนวความคิดในการสร้างโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ 37
4.2.2 การสร้างโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์
สำหรับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ 41
4.2.3 การคำนวณขนาดของโหลดที่ถูกตัดลดลงบางส่วน
ในระบบไฟฟ้าส่วนใหญ่ (MS) 42
4.2.4 การประมาณค่าความพร้อมมูลในการจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นช่วงระดับ 43
4.3 ขั้นตอนการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย (SS) 43
4.3.1 การคำนวณรวมสถานะของโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์ (MS)
กับระบบไฟฟ้าส่วนย่อย (SS) 43
4.3.2 การคำนวณรวมค่าความพร้อมมูลในการจ่ายกำลังไฟฟ้า
ของโมเดลแอดดิเควซีอิควิวาเล็นตส์เข้ากับสถานะ
การเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 44
4.3.3 การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 45
5. การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบการผลิตและระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า 47
5.1 ข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ 47
5.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 47
5.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับสายส่ง และหม้อแปลงไฟฟ้า 48
5.1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับค่าโหลดของแต่ละโหลดบัสในระบบ 48
5.1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบ
สำหรับขั้นตอนการคำนวณ 49
5.2 โครงสร้าง ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม 49
5.3 การตรวจสอบโปรแกรมกับระบบทดสอบมาตรฐาน 55
5.3.1 การตรวจสอบโปรแกรมโดยระบบทดสอบ RBTS 55
5.3.2 การตรวจสอบโปรแกรมโดยระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS .. 60

5.4 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ 65

5.4.1 กรณีการกำหนด Cut-off value สำหรับพิจารณาสถานะในขั้นตอนการสร้างโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ 66

5.4.2 กรณีการกำหนดช่วงระดับสำหรับประมาณค่าความพร้อมมูลในการจ่ายกำลังไฟฟ้า 72

5.4.3 กรณีการกำหนด Cut-off value สำหรับพิจารณาสถานะในขั้นตอนการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย . 77

5.4.4 กรณีการกำหนด Cut-off value สำหรับเลือกสถานะจากโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ ใช้คำนวณร่วมกับสถานะการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 81

5.4.5 กรณีการกำหนดและตัดแบ่งระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 85

5.4.6 กรณีการกำหนด Curtailable load ของระบบแตกต่างกัน ... 93

5.4.7 การหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบมาตรฐานรวม IEEE-RTS และ RBTS 100

6. สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 110

เอกสารอ้างอิง 114

ภาคผนวก ก. โมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ ของบัส 11-24 ระบบทดสอบ IEEE-RTS 116

ภาคผนวก ข. โมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ ของบัส 11-24 ระบบทดสอบ IEEE-RTS เมื่อประมาณค่าความพร้อมมูลในการจ่ายกำลังไฟฟ้าเป็นจำนวนเต็ม 124

ภาคผนวก ค. โปรแกรมสำหรับใช้ในการคำนวณ (Source programe) 131

ประวัติผู้เขียน 177

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงระดับการเกิดเหตุการณ์ขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบที่ใช้ในการพิจารณา	20
3.2	ค่าดัชนีประจำปีของจุดโหลด (Annualized load point indices)	31
3.3	ค่าดัชนีประจำปีของระบบ (Annualized system indices)	31
4.1	ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและสายส่งของระบบไฟฟ้าตัวอย่างขนาด 3 บัส	38
4.2	สถานะขั้นตอนการคำนวณโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นต์ส์ระบบตัวอย่าง	38
4.3	โมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นต์ส์ระบบไฟฟ้าตัวอย่าง	40
5.1	ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบทดสอบ RBTS ขนาด 6 บัส	56
5.2	ข้อมูลสายส่งกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ RBTS ขนาด 6 บัส	56
5.3	ข้อมูลค่าโหลดสูงสุดที่โหลดบัสของระบบทดสอบ RBTS ขนาด 6 บัส	56
5.4	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดและระบบ ระบบทดสอบ RBTS โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น ตามเงื่อนไขของการทดสอบระบบมาตรฐาน	57
5.5	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดและระบบ ระบบทดสอบ RBTS โดยวิธีเนทเวอร์คโฟลว์ จากเอกสารอ้างอิง[15]	57
5.6	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดและระบบ ระบบทดสอบ RBTS โดยโปรแกรมที่สร้างขึ้น ตามเงื่อนไขสำหรับใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้	58
5.7	ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบทดสอบ IEEE-RTS ขนาด 24 บัส	60
5.8	ข้อมูลสายส่งกำลังไฟฟ้าของระบบทดสอบ IEEE-RTS ขนาด 24 บัส	61
5.9	ข้อมูลค่าโหลดสูงสุดที่โหลดบัสของระบบทดสอบ IEEE-RTS	61
5.10	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS โดยวิธีการเดิม เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=20% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส	62
5.11	เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ ระบบทดสอบ IEEE-RTS	64
5.12	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลด ระบบทดสอบ IEEE-RTS โดยใช้ A.C.load flow จากเอกสารอ้างอิง[17]	64
5.13	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นต์ส์ เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนการสร้างโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นต์ส์เท่ากับ 1.0E-6,1.0E-5	67

5.14 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่
ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนการสร้างโมเดลแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์เท่ากับ 1.0E-8,1.0E-6 68

5.15 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเท่าของ 5(RD=5) 73

5.16 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเท่าของ 10(RD=10) 74

5.17 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่
ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้เท่ากับ
1.0E-6 และ1.0E-5 78

5.18 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ กำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นต่ำสุดของ
สถานะในโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหา
ค่าดัชนีความเชื่อถือได้เท่ากับ 1.0E-5 82

5.19 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 9 บัส ในระบบทดสอบมาตรฐาน
IEEE-RTS โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ 87

5.20 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 8 บัส ในระบบทดสอบมาตรฐาน
IEEE-RTS โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ 88

5.21 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 7 บัส ในระบบทดสอบมาตรฐาน
IEEE-RTS โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ (การตัดแบ่งระบบแบบที่ 1) 89

5.22 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 7 บัส ในระบบทดสอบมาตรฐาน
IEEE-RTS โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ (การตัดแบ่งระบบแบบที่ 2) 90

5.23 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS โดยวิธีการเดิม
เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=15% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส 94

5.24 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-
วาเล็นตส์ เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=15% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส 95

5.25 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS โดยวิธีการเดิม เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=25% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส 96

5.26 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส โดยวิธีแอดดิเควชีอิควิ-วาเล็นตส์ เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=25% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส 97

5.27 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS & RBTS โดยวิธีการเดิม เมื่อกำหนด CURTAILABLE LOAD=20% ของค่าโหลดสูงสุดในแต่ละบัส 102

5.28 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 6 บัส(RBTS) โดยวิธีแอดดิเควชี-อิควิวาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเต็ม (RD=1) 103

5.29 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 6 บัส(RBTS) โดยวิธีแอดดิเควชี-อิควิวาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเท่าของ 5 (RD=5) 104

5.30 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 6 บัส(RBTS) โดยวิธีแอดดิเควชี-อิควิวาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเต็ม (RD=1) และกำหนดระดับการเกิดสถานะการเหตุการณ์ขัดข้องรวมสูงสุดไม่เกิน 5 105

5.31 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 6 บัส(RBTS) โดยวิธีแอดดิเควชี-อิควิวาเล็นตส์ เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลเป็นจำนวนเท่าของ 5(RD=5) และกำหนดระดับการเกิดสถานะการเหตุการณ์ขัดข้องรวมสูงสุดไม่เกิน 5 106

5.32 สรุปผลรวมการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ ในกรณีศึกษาต่างๆ ที่ผ่านมา 109

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	การจัดแบ่งระดับ (Hierarchical Level) เพื่อใช้ในการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง	7
2.2	การจัดแบ่งประเภทข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเชื่อถือได้	9
2.3	พฤติกรรมการทำงานและแบบจำลองสำหรับองค์ประกอบย่อย/หรืออุปกรณ์ 2 สถานะ	11
2.4	แบบจำลองโหลดที่ใช้ในการคำนวณ	15
3.1	ตัวอย่าง และ กราฟแสดงเนทเวอร์คของระบบไฟฟ้า 4 บัส	23
3.2	กราฟที่ถูกเชียนกำกับของระบบไฟฟ้า 4 บัส ในรอบแรก	25
3.3	การเพิ่มกำลังไฟฟ้าไหลผ่านสายส่ง ในรอบแรก	27
3.4	แสดงขั้นตอนหาค่ากำลังไฟฟ้าไหลสูงสุดของระบบตัวอย่างรูปที่ 3.1	27
3.5	โฟลว์ชาร์ทแสดงการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบการผลิตและระบบสายส่ง โดยวิธีการเดิมที่ใช้อยู่ทั่วไป (Conventional method)	32
4.1	รูปแบบจำลองแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่	36
4.2	ระบบไฟฟ้าตัวอย่างขนาด 3 บัส	37
4.3	แสดงตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังที่มีบัสและสายส่งเชื่อมโยงจำนวนมาก	41
5.1	โฟลว์ชาร์ทแสดงการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้โดยวิธีการเดิมและวิธีการแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์	51-52
5.2	ระบบทดสอบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ RBTS ขนาด 6 บัส	55
5.3	ระบบทดสอบค่าดัชนีความเชื่อได้มาตรฐาน IEEE-RTS ขนาด 24 บัส	59
5.4	เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนการสร้างโมเดลแอดดิ-เควชีอิควิวาเล็นตส์แตกต่างกัน	69
5.5	เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในขั้นตอนการสร้างโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์แตกต่างกัน	70
5.6	เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อยขนาด 10 บัส เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลแตกต่างกัน	75

5.7 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยขนาด 10 บัส เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลแตกต่างกัน 76

5.8 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหาค่า ดัชนีความเชื่อถือได้แตกต่างกัน 79

5.9 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นและความถี่ต่ำสุดของสถานะที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้แตกต่างกัน 80

5.10 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นต่ำสุดของสถานะในโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้แตกต่างกัน 83

5.11 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อกำหนดให้ Cut-off value สำหรับความน่าจะเป็นต่ำสุดของสถานะในโมเดลแอดดิเควชีอิควิวาเล็นตส์ที่ได้รับการพิจารณาในการคำนวณหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้แตกต่างกัน 84

5.12 การตัดแบ่งระบบไฟฟ้าส่วนย่อยในระบบทดสอบ IEEE-RTS 86

5.13 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อตัดแบ่งระบบไฟฟ้าส่วนย่อยมีองค์ประกอบแตกต่างกัน 91

5.14 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย เมื่อตัดแบ่งระบบไฟฟ้าส่วนย่อยมีองค์ประกอบแตกต่างกัน 92

5.15 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส เมื่อกำหนดค่า CURTAILABLE LOAD แตกต่างกัน 98

5.16 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อย 10 บัส เมื่อกำหนดค่า CURTAILABLE LOAD แตกต่างกัน 99

5.17 ระบบทดสอบมาตรฐาน IEEE-RTS ต่อเชื่อมโยงกับระบบ RBTS 100

5.18 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของจุดโหลดในระบบไฟฟ้าส่วนย่อยขนาด 6 บัส (RBTS) ระบบทดสอบ IEEE-RTS & RBTS เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลแตกต่างกัน 107

5.19 เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้รวมของระบบไฟฟ้าส่วนย่อยขนาด 6 บัส (RBTS) ระบบทดสอบ IEEE-RTS & RBTS เมื่อประมาณช่วงระดับค่าความพร้อมมูลแตกต่างกัน 108