การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ ด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล

นายกิติศักดิ์ ม่วงเงิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-678-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18649683

BULK POWER SYSTEM RELIABILITY EVALUATION USING THE MONTE CARLO SIMULATION

Mr. Kitisak Moung-ngern

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 974-331-678-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล
โดย	นายกิติศักดิ์ ม่วงเงิน
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย)

..... กรรมการ

(นายวุฒิชัย พึงประเสริฐ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

กิติศักดิ์ ม่วงเงิน : การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล (BULK POWER SYSTEM RELIABILITY EVALUATION USING THE MONTE CARLO SIMULATION) อ.ที่ปรึกษา : ผ.ศ. ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ , 155 หน้า.
ISBN 974-331-678-7

ความล้มเหลวหรือเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานีไฟฟ้าอาจทำให้สายส่ง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลุดออกจากการจ่ายโหลด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อจุดโหลดต่าง ๆ ได้เสมอ วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยคำนึงถึงความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ โดยอาศัยการคำนวณดีซีโหลดโฟลว์ประกอบการวิเคราะห์ผล วิธีการที่พัฒนาขึ้นนี้เริ่มจากการประเมินดัชนีความเสี่ยงของอุปกรณ์แต่ละอย่างเนื่องจากการทำงานของสถานีไฟฟ้าขึ้นก่อนจากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาใช้ในการจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โลเพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป วิธีดังกล่าวได้ใช้ทดสอบกับ IEEE-Reliability Test System (1979) และ IEEE-Reliability Test System (1996) ผลที่ได้รับแสดงให้เห็นว่าความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้ามีผลต่อค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบอย่างชัดเจน และ ยังแสดงให้เห็นว่าวิธีประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีวิเคราะห์ไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในบางกรณี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต กิติศักดิ์ ม่วงเงิน
สาขาวิชา ไฟฟ้ากำลัง ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070215221: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: SYSTEM RELIABILITY / BULK POWER SYSTEM / MONTE CARLO SIMULATION /SUBSTATION UNAVAILABILITY
KITTISAK MOUNG-NGERN : BULK POWER SYSTEM RELIABILITY EVALUATION USING THE MONTE CARLO SIMULATION. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D. 155 pp. ISBN 974-331-678-7

Failures or outages of substation components normally cause lines or generators outages which consequently result in load point failures. Therefore, the impact of substation performance should be taken into account in the composite system reliability evaluation. This thesis presents a developed method to evaluate composite system reliability with consideration of substation unavailability. The developed method is based on Monte Carlo Simulation together with the DC load flow. It first evaluates the risk index of each component due to substation performance, then performs state sampling using the Monte Carlo simulation and DC load flow for contingency analysis. The method has been tested with IEEE Reliability test systems, i.e., IEEE Reliability Test System (1979) and IEEE Reliability Test System (1996), from which the obtained result clearly show the impact of substation unavailability to the system reliability indices and the limitation of contingency enumeration method.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต กิตติศักดิ์ เม่งเอ็น

สาขาวิชา ไฟฟ้ากำลัง ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีมาตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาจนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย และ คุณวุฒิชัย พึงประเสริฐ หัวหน้ากองศูนย์ข้อมูลวิชาการ สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และ ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลังที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจตลอดมา ตลอดจนเพื่อน พี่ น้อง ทุก ๆ คนที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

กิติศักดิ์ ม่วงเงิน

เมษายน 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง..... 5

2.1 แนวคิดพื้นฐาน..... 5

2.2 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง..... 10

2.3 ประเภทของการขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบ..... 11

2.4 แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ..... 14

2.5 ขั้นตอนในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่..... 15

3. การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้า..... 17

3.1 อุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานีไฟฟ้า..... 17

3.2 การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าด้วยวิธีวิเคราะห์..... 19

3.3 แบบจำลองสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า..... 19

3.4 ตัวอย่างการประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้า..... 21

4. การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า..... 25

4.1 เอซีโหลดโฟลว์..... 25

4.2 ดีซีโหลดโฟลว์..... 30

5. การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องโดยใช้ลีเนียร์โปรแกรมมิง..... 34

5.1 ขั้นตอนการสร้างเมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลผ่านสายส่งกับกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายเข้าบัส..... 34

5.2 การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องโดยใช้ลีเนียร์โปรแกรมมิง..... 38

5.3การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องโดยใช้ลีเนียร์โปรแกรมมิงเมื่อระบบแยกตัว..... 42

สารบัญ(ต่อ)

6. การประเมินความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลโดยพิจารณาผลความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า..... 43
6.1 การสุ่มสถานะ..... 43
6.2 การสุ่มช่วงเวลาการทำงาน..... 44
6.3 การสุ่มการเปลี่ยนสถานะของระบบ..... 45
6.4 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้..... 49
6.5 เกณฑ์การหยุดคำนวณ(Stopping Criteria)..... 51
7. ตัวอย่างผลการประเมินความเชื่อถือได้ และการวิเคราะห์..... 54
7.1 ผลการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-79..... 55
7.2 ผลการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-96..... 86
8. สรุปและข้อเสนอแนะ..... 107
8.1 สรุปผลการวิเคราะห์..... 107
8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมต่อไป..... 108

รายการอ้างอิง..... 109
ภาคผนวก..... 112
ผ.1 ระบบทดสอบ IEEE-Reliability Test System ขนาด 24 บัส(RTS-79)..... 113
ผ.2 ระบบทดสอบ IEEE-Reliability Test System ขนาด 73 บัส(RTS-96)..... 143

ประวัติผู้เขียน..... 155

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ข้อมูลสถิติของอุปกรณ์	21
3.2	เหตุการณ์ที่ทำให้สถานีไฟฟ้าตัวอย่างไม่สามารถจ่ายโหลดได้	23
7.1	ความถี่ของการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และความไม่พร้อมมูลของจุดโหลดเนื่องจากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	56
7.2	ความถี่ของการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และความไม่พร้อมมูลของสายส่งเนื่องจากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	57
7.3	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีวิเคราะห์	60
7.4	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล	61
7.5	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีการคำนวณโหลดโฟลว์แบบเอซีและดีซี	72
7.6	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีการจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ ไม่เป็นลำดับ	73
7.7	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีวิเคราะห์กับวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล	73
7.8	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	74
7.9	กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-79 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า	75
7.10	ความน่าจะเป็นที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้นสำหรับระบบทดสอบ RTS-79	83
7.11	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-96	87
7.12	ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-96 ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น	97
7.13	กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า	98

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ผ.1 ข้อมูลบัสของระบบ RTS-79..... 113
ผ.2 ข้อมูลสายส่งและหม้อแปลงของระบบ RTS-79..... 115
ผ.3 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบทดสอบ RTS-79..... 117
ผ.4 ข้อมูลบัสของระบบ RTS-96..... 144
ผ.5 ข้อมูลสายส่งและหม้อแปลงของระบบ RTS-96..... 147
ผ.6 ข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบทดสอบ RTS-96..... 152
ผ.7 ข้อมูลการล้มเหลวเนื่องจากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้าสำหรับสายส่ง
ที่เชื่อมโยงระหว่างเขตที่ 1 2 และ 3 ของระบบทดสอบ RTS-96..... 154

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ประเภทของความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง	5
2.2	การแบ่งระดับขั้นในการศึกษาความเชื่อถือได้	6
2.3	แบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับขั้นที่ 1	7
2.4	ตัวอย่างแบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับขั้นที่ 2	8
2.5	ระบบการจัดเรียงบัสชนิดต่าง ๆ	9
2.6	การจัดแบ่งประเภทข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้	10
2.7	แบบจำลองของการเกิดเหตุขัดข้องแบบอิสระของอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์	12
2.8	แบบจำลองของการเกิดเหตุขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน	13
2.9	แบบจำลองซึ่งรวมทั้งการเกิดเหตุขัดข้องที่มีสาเหตุร่วมกัน การเกิดเหตุขัดข้องซึ่งไม่ขึ้นแก่กันและการเกิดเหตุขัดข้องที่มีสาเหตุมาจากการทำงานของสถานีไฟฟ้า.	14
2.10	สถานะการทำงานปกติของอุปกรณ์	15
2.11	ช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์เมื่อประมาณช่วงระยะเวลาที่อุปกรณ์อยู่ในแต่ละสถานะเป็นค่าเฉลี่ย	15
3.1	แบบจำลอง 2 สถานะของอุปกรณ์	19
3.2	แบบจำลอง 4 สถานะของอุปกรณ์	20
3.3	สถานีไฟฟ้าตัวอย่าง	23
4.1	ขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีนิวตัน-ราฟสัน	29
4.2	ขั้นตอนการคำนวณโหลดโฟลว์ด้วยวิธีดีซีโฟลดโฟลว์	33
5.1	ระบบตัวอย่างขนาด 3 บัส	36
6.1	วิธีการสุ่มสถานะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์	43
6.2	ช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์ที่สุ่มได้	45
6.3	แบบจำลองการสุ่มการเปลี่ยนสถานะ	46
6.4	การสุ่มสถานะถัดไปของระบบสำหรับวิธีการสุ่มการเปลี่ยนสถานะ	48
6.5	แผนภาพ State Space ของระบบ	50
6.6	ขั้นตอนการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล	52

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.1	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-79 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	62
7.2	ลักษณะการลู่เข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-79 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	63
7.3	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-79 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	64
7.4	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-79 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	65
7.5	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-79 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	66
7.6	ลักษณะการลู่เข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-79 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	67
7.7	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-79 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	68
7.8	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-79 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	69
7.9	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-96 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	88
7.10	ลักษณะการลู่เข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-96 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	89
7.11	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-96 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	90
7.12	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-96 ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	91
7.13	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	92

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.14	ลักษณะการลู่เข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	93
7.15	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	94
7.16	ลักษณะการลู่เข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	95
ผ.1	โครงสร้างของระบบทดสอบ RTS-79	114
ผ.2	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 1 ของระบบทดสอบ RTS-79	119
ผ.3	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 2 ของระบบทดสอบ RTS-79	120
ผ.4	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 3 ของระบบทดสอบ RTS-79	121
ผ.5	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 4 ของระบบทดสอบ RTS-79	122
ผ.6	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 5 ของระบบทดสอบ RTS-79	123
ผ.7	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 6 ของระบบทดสอบ RTS-79	124
ผ.8	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 7 ของระบบทดสอบ RTS-79	125
ผ.9	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 8 ของระบบทดสอบ RTS-79	126
ผ.10	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 9 ของระบบทดสอบ RTS-79	127
ผ.11	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 10 ของระบบทดสอบ RTS-79	128
ผ.12	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 11 ของระบบทดสอบ RTS-79	129
ผ.13	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 12 ของระบบทดสอบ RTS-79	130
ผ.14	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 13 ของระบบทดสอบ RTS-79	131
ผ.15	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 14 ของระบบทดสอบ RTS-79	132
ผ.16	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 15 ของระบบทดสอบ RTS-79	133
ผ.17	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 16 ของระบบทดสอบ RTS-79	134
ผ.18	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 17 ของระบบทดสอบ RTS-79	135
ผ.19	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 18 ของระบบทดสอบ RTS-79	136
ผ.20	โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 19 ของระบบทดสอบ RTS-79	137

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

ผ.21 โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 20 ของระบบทดสอบ RTS-79..... 138
ผ.22 โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 21 ของระบบทดสอบ RTS-79..... 139
ผ.23 โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 22 ของระบบทดสอบ RTS-79..... 140
ผ.24 โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 23 ของระบบทดสอบ RTS-79..... 141
ผ.25 โครงสร้างสถานีไฟฟ้าบัสที่ 24 ของระบบทดสอบ RTS-79..... 142
ผ.26 โครงสร้างของระบบทดสอบ RTS-96..... 143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย