



246271

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้งอุปกรณ์เบย์วิคซี
โดยพิจารณาผลของกระแสรั่วค้าง

นายเอกฤทธิ กัศกราว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

60025 1191

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้งอุปกรณ์โอเอวีดีซี
โดยพิจารณาผลของกระแสลัดวงจร



นาย รongฤทธิ์ ฉัตรถาวร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



RELIABILITY EVALUATION OF A POWER SYSTEM WITH HVDC
CONSIDERING SHORT CIRCUIT CURRENTS

Mr. Rongrit Chatthaworn

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

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้ง
อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์โดยพิจารณาผลของกระแสลัดวงจร

โดย

นาย รุ่งฤทธิ์ ฉัตรถาวร

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.สุรัช ชัยทัศน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คนบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุ่นเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สุรัช ชัยทัศน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยศ อุดมวงศ์เสรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จิตติพร สังข์เพชร)



รองฤทธิ์ จัตรถาวร : การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้ง
อุปกรณ์เอชวีดีซีโดยพิจารณาผลของกระแสลัดวงจร. (RELIABILITY EVALUATION
OF A POWER SYSTEM WITH HVDC CONSIDERING SHORT CIRCUIT
CURRENTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.สุรัชย์ ชัยทัศนีย์, 126 หน้า.

246271

เนื่องจากในปัจจุบันระบบไฟฟ้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลหรือเขตนครหลวงมี
ค่าขนาดกระแสลัดวงจรในระบบสูงมากกว่าค่า Interrupting Capacity (IC) ของอุปกรณ์
ป้องกันระบบไฟฟ้า (Circuit Breaker) ดังนั้นการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จึง
ได้ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้สอดคล้องกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น โดย
คำนึงถึงการจัดเรียงระบบไฟฟ้าใหม่ เช่น การเปิดวงจรสายส่ง และการแบ่งแยกบัส ซึ่งจะช่วย
แก้ไขปัญหาการระดับกระแสลัดวงจรสูง อย่างไรก็ตาม การเปิดวงจรสายส่งและการแบ่งแยก
บัสมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบลดลง ซึ่งทาง กฟผ. ยังไม่ได้มีการ
ประเมินการเปลี่ยนแปลงความเชื่อถือได้ในส่วนนี้ หากระดับความเชื่อถือได้ไม่เป็นที่ยอมรับ
อาจจำเป็นต้องมีการใช้วิธีการลดกระแสลัดวงจรอื่นๆ แทน เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ส่งไฟฟ้า
กระแสตรงแรงดันสูง (เอชวีดีซี) เพิ่มเติมในระบบ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการประเมินดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่ได้ทำการ
ปรับเปลี่ยนโครงข่าย และระบบไฟฟ้าที่ติดตั้งอุปกรณ์เอชวีดีซี โดยทดสอบกับระบบ IEEE
Reliability Test System 79 และระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยโดยพิจารณาเฉพาะในเขต
กรุงเทพฯ และปริมณฑล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อ.....รองฤทธิ์ จัตรถาวร.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....
ปีการศึกษา2553.....

5270688921 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : Reliability Evaluation / HVDC Power flow Calculation / Monte Carlo Simulation / Short Circuit Currents / HVDC Reliability Model

RONGRIT CHATTHAWORN : RELIABILITY EVALUATION OF A POWER SYSTEM WITH HVDC CONSIDERING SHORT CIRCUIT CURRENTS.

ADVISOR : SURACHAI CHAITUSANEY, Ph.D., 126 pp.

246271

At present, the increasing amounts of short circuit currents in Bangkok and the vicinity areas are higher than the Interrupting Capacity (IC) of circuit breakers. To cope with the problem, Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) came up with the solutions of network reconfiguration, for example, transmission line disconnecting and bus splitting. These solutions help reduce effectively the amounts of short circuit currents by increasing the equivalent system impedance. Transmission line disconnecting and bus splitting tend to decrease the system reliability. However, EGAT has not evaluated this deteriorated reliability. If the levels of reliability indices are not acceptable, EGAT may need to find different approaches. One of the alternative approaches is the installation of High Voltage Direct Current (HVDC) in the system. Nevertheless, the cost of this approach is high. As a result, this thesis mainly presents the reliability evaluation method of the systems with network reconfiguration and HVDC installation. The method is tested in IEEE Reliability Test System 79 and the real electric system in Bangkok and the vicinity areas.

Department : Electrical Engineering.....

Field of Study : Electrical Engineering.....

Academic Year : 2010.....

Student's Signature Rongrit Chatthaworn.....

Advisor's Signature S. Chaitosaney.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.สุรัช ชัยทัศนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลยศ อุดมวงศ์เสรี และ ดร.ฐิติพร สังข์เพชร รักษาการหัวหน้าแผนกงานวิชาการ กองวิชาการวางแผนระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง ที่ให้ทุนการศึกษา ระหว่างศึกษาในระดับปริญญาโทมาบัดนี้ ภายใต้โครงการ “ศิษย์ก้นกุฏิ” และต้องขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลของระบบไฟฟ้าจริง พร้อมทั้งเงินทุนสนับสนุนภายใต้โครงการ “การลดกระแสลัดวงจรในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล”

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา รวมไปถึงเพื่อนๆ พี่น้อง ทุกคนที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	3
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานในการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	5
2.1 แนวคิดพื้นฐาน.....	5
2.2 แบบจำลองรอบการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบ.....	7
2.3 ผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเนื่องจากการปรับเปลี่ยน โครงข่าย.....	9
2.3.1 การแบ่งแยกบัส.....	10
2.3.2 การเปิดวงจรสายส่ง.....	10
บทที่ 3 อุปกรณ์ส่งไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (เอชวีดีซี)	12
3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเอชวีดีซี.....	12
3.2 โครงสร้างของเอชวีดีซี.....	15
3.3 ส่วนประกอบของเอชวีดีซี.....	17
3.4 สมการทางคณิตศาสตร์ของเอชวีดีซี.....	18
3.5 แบบจำลองในการประเมินความเชื่อถือได้ของเอชวีดีซี.....	21

3.6 การคำนวณกระแสลัดวงจรของระบบไฟฟ้ากำลังที่ติดตั้งเอชวีดีซี.....	23
บทที่ 4 การวิเคราะห์การทำงานของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	24
4.1 การวิเคราะห์เอชวีโหลดโพลาร์.....	24
4.2 การวิเคราะห์โหลดโพลาร์เมื่อติดตั้งเอชวีดีซี.....	29
บทที่ 5 การคำนวณค่ากระแสผิพรองแบบลัดวงจรในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	34
5.1 ส่วนประกอบสมมาตร.....	35
5.2 การลัดวงจรแบบสมมาตร.....	36
บทที่ 6 การประเมินความเชื่อถือได้โดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล.....	39
6.1 การสุ่มสถานะ.....	39
6.2 การสุ่มช่วงเวลาการทำงาน.....	39
6.3 การสุ่มการเปลี่ยนสถานะของระบบ.....	40
6.4 การคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้.....	41
6.5 เกณฑ์การหยุดการคำนวณ.....	42
บทที่ 7 การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดเหตุขัดข้องกับระบบ และการประยุกต์ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้.....	44
7.1 การจัดสรรกำลังการผลิตใหม่และการปลดโหลด.....	44
7.2 วิธีการประมาณเชิงเส้น.....	45
7.2.1 การประมาณเชิงเส้นของแรงดันไฟฟ้าที่บัส.....	46
7.2.2 การประมาณเชิงเส้นของกระแสไฟฟ้าในสายส่ง.....	47
7.2.3 การประมาณเชิงเส้นของกำลังไฟฟ้าสูญเสีย.....	49
7.3 รูปแบบฟังก์ชันในการแก้ปัญหการจัดสรรกำลังการผลิตใหม่และการปลดโหลด.....	51
7.3.1 ฟังก์ชันในการแก้ปัญหการจัดสรรกำลังการผลิตใหม่และการปลดโหลดที่ได้จากสมการเอชวีโหลดโพลาร์.....	51
7.3.2 ฟังก์ชันในการแก้ปัญหการจัดสรรกำลังการผลิตใหม่และการปลดโหลดที่ได้จากสมการการคำนวณโหลดโพลาร์เมื่อติดตั้งเอชวีดีซี.....	52

7.4 เครื่องมือในการแก้ปัญหาค่าขีดสุดของฟังก์ชันเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Programming).....	53
7.5 การประยุกต์ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้.....	54
บทที่ 8 การทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้และการคำนวณค่ากระแสลัดวงจร.....	56
8.1 การทดสอบกับระบบ RTS-79.....	56
8.1.1 กรณีฐาน (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ).....	56
8.1.2 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส.....	59
8.1.3 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีเปิดวงจรสายส่ง.....	62
8.1.4 กรณีติดตั้งอุปกรณ์เอชวีดีซี.....	65
8.2 การทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทย.....	72
8.2.1 กรณีฐานไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ.....	72
8.2.2 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ กฟผ. ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน).....	74
8.2.3 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ได้จากผลการ Optimization).....	75
8.2.4 กรณีติดตั้งอุปกรณ์เอชวีดีซี.....	76
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	79
9.1 สรุปผลการวิจัย.....	79
9.2 ข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก.....	83
ภาคผนวก ก.....	84
ภาคผนวก ข.....	91
ภาคผนวก ค.....	124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	126

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	รายละเอียดของระบบเอชวีดีซีของประเทศไทย.....	14
3.2	Inverter filters capacities	22
8.1	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน.....	57
8.2	เปรียบเทียบความถูกต้องของค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79.....	57
8.3	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีแบ่งแยกบัส 15.....	60
8.4	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีแบ่งแยกบัส 13, 15, 22 และ 23.....	61
8.5	เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 หลังเพิ่มจำนวนการแบ่งแยกบัส.....	61
8.6	เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน แบ่งแยกบัส 15 แบ่งแยกบัส 23, 13, 22 และ 15.....	61
8.7	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16.....	62
8.8	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21.....	63
8.9	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21.....	64
8.10	เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน และกรณีเปิดวงจรสายส่งทั้ง 3 กรณี.....	65
8.11	รายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเอชวีดีซีที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า (ส่วนที่ 1).....	66
8.12	รายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเอชวีดีซีที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า (ส่วนที่ 2).....	66
8.13	คุณลักษณะของเอชวีดีซีที่ใช้ในระบบ RTS 79.....	66
8.14	ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีติดตั้งเอชวีดีซี แทนที่สายส่งต่างๆ..	67
8.15	ข้อมูล Bus data หลังจากติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 1-3.....	68
8.16	ผลกระทบของขนาดเอชวีดีซีต่อความเชื่อถือได้.....	70

8.17	เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 แต่ละวิธีที่ใช้ลดกระแส ลัดวงจร.....	71
8.18	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน.....	73
8.19	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส NB และ SB.....	75
8.20	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส SB และ TPR.....	76
8.21	คุณลักษณะของเอชวีดีซีที่ใช้ทดสอบในระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทย.....	76
8.22	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีติดตั้งเอชวีดีซี แทนที่สายส่ง NCO-ON 2 วงจร.....	77
8.23	เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยแต่ละวิธีที่ ใช้ลดกระแสลัดวงจร.....	78

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ขอบเขตการทำงานพื้นฐานในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	6
2.2 แบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับขั้นที่ 1.....	6
2.3 ตัวอย่างแบบจำลองระบบสำหรับการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับขั้นที่ 2.....	7
2.4 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า.....	8
2.5 การทำงานค่าสถานะการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า.....	8
2.6 ตัวอย่างการแบ่งแยกบัส.....	10
2.7 ตัวอย่างการเปิดวงจรสายส่ง.....	11
3.1 โครงสร้างเอชวีดีซีแบบชั่วคราว.....	15
3.2 โครงสร้างเอชวีดีซีแบบสองชั่ว.....	16
3.3 โครงสร้างเอชวีดีซีแบบชั่วคราวเหมือน.....	16
3.4 โครงสร้างเอชวีดีซีแบบหลังชนหลัง.....	17
3.5 โครงสร้างภายในระบบเอชวีดีซีแบบสองชั่ว.....	17
3.6 แบบจำลองอย่างง่ายของเอชวีดีซี.....	19
3.7 ไดอะแกรมเส้นเดียวของระบบ EEL river DC system model.....	21
3.8 ไดอะแกรมความเชื่อถือได้ของ EEL river DC system model.....	22
4.1 บัสและสายส่งในระบบไฟฟ้ากำลัง.....	24
4.2 แผนผังกระบวนการคำนวณเอชไอลดโพลวโดยวิธีนิวตัน-ราฟสัน.....	28
4.3 แผนผังกระบวนการคำนวณโพลวเมื่อติดตั้งเอชวีดีซี.....	33
5.1 ประเภทของความผิดพลาด.....	34
5.2 องค์ประกอบสมมาตรของระบบ 3 เฟส.....	35
5.3 การลัดวงจรแบบสามเฟส.....	37
5.4 วงจรสมมูลการลัดวงจรแบบสามเฟส.....	37
6.1 ช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ 2 ตัวที่เกิดจากการลัดวงจร.....	40
6.2 โพลวชาร์ตแสดงขั้นตอนการจำลองเหตุการณ์โดยการลัดสถานะของระบบ.....	43
7.1 ปัญหาตัวอย่างในการหาจุดทำงานที่เหมาะสม.....	53
7.2 โพลวชาร์ตขั้นตอนการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง.....	54

7.3	ไฟล์เวิร์กช็อปขั้นตอนการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังเมื่อติดตั้งเอชวีดีซี.....	55
8.1	ค่ากระแสลัดวงจรของระบบ RTS79 กรณีฐาน.....	57
8.2	การลู่เข้าของดัชนี LOLP ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน.....	58
8.3	การลู่เข้าของดัชนี EPNS ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน.....	58
8.4	การลู่เข้าของดัชนี LOLF ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน.....	59
8.5	ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีแบ่งแยกบัส 15.....	59
8.6	ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีแบ่งแยกบัส 13, 15, 22 และ 23.....	61
8.7	ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16.....	62
8.8	ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21.....	63
8.9	ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21.....	64
8.10	แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 15-16.....	69
8.11	แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน.....	72
8.12	การลู่เข้าของดัชนี LOLP ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน.....	73
8.13	การลู่เข้าของดัชนี EPNS ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน.....	73
8.14	การลู่เข้าของดัชนี LOLF ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน.....	74
8.15	แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส NB และ SB.....	74
8.16	แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส SB และ TPR.....	75
8.17	แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง NCO-ON 2 วงจร.....	77