

การประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลัง



นาย นิตินกร เกษพรหม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3898-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8 ธ.ค. 2548

๕ ๒๑๑ ๗๕๘๘๖

VOLTAGE SAGS ASSESSMENT DUE TO FAULTS IN POWER SYSTEMS

Mr. Nitikorn Kesphrom

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

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003


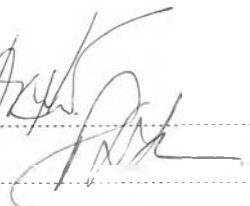
ISBN 974-17-3898-6

นิติกร เกษพรหม : การประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลัง.

(VOLTAGE SAGS ASSESSMENT DUE TO FAULTS IN POWER SYSTEMS)

อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย, จำนวนหน้า 111 หน้า. ISBN 974-17-3898-6

การเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลังนั้นเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่ การให้พลังงานกับหม้อแปลง และการเกิดฟอลต์ เป็นต้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการประเมินแรงดันตกชั่วขณะด้วยวิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์และการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลัง วิธีการนี้สามารถประเมินได้ทั้ง ขนาด ระยะเวลาและความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ณ ตำแหน่งที่สนใจในช่วงระยะเวลา 1 ปี ซึ่งสามารถนำไปสร้างเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งให้สอดคล้องกับระดับการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลังได้ต่อไป

ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่อนิสิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

4370358621: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORD: VOLTAGE SAGS ASSESSMENT / METHOD OF FAULT POSITION / VOLTAGE SAGS
COORDINATION CHART

NITIKORN KESPHROM: VOLTAGE SAGS ASSESSMENT DUE TO FAULT IN POWER SYSTEM.

THESIS ADVISOR : MR.CHAIYA CHAMCHOY.111pp. ISBN 974-17-3898-6

Voltage sags in power system occur due to several reasons, e.g. large motor starting, power transformer energizing and faults etc. This thesis presents a method of fault positions and computer program development for voltage sags assessment from faults. This method can annually assess magnitude, duration and frequency of voltage sags at the points of interest. The results are used to develop voltage sags coordination charts applying in equipments selection to conform with voltage sags levels in power systems.

Department of Electrical Engineering Student's *Nitikorn Kesphrom*
Field of study Electrical Engineering Advisor's *Chaiya Chamchoy*
Academic year 2003 Co-advisor's

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ไชยะ แซ่มซ้อย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนั้น ต้องขอขอบพระคุณคณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์) รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ และ คุณพงษ์ศักดิ์ หาญบุญญานนท์ (กรรมการสอบวิทยานิพนธ์) ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคทุกท่านที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเฉพาะ

คุณวิโรจน์ บัวคลี ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

คุณวิชาญ อินทร์อยู่ ที่ได้ช่วยเหลือในการจัดหาข้อมูลของระบบจริงที่นำมาทดสอบ

คุณยุทธนา ยิ้มประเสริฐ ที่ได้อำนวยความสะดวกทุกๆด้านในการหาข้อมูล

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดาและทุกคนในครอบครัวที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา

นิติกร เกษพรหม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขั้นตอนศึกษาและวิธีดำเนินการ.....	2
1.4 ขอบเขตในการทำวิทยานิพนธ์.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์.....	2
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์.....	3
2 ทฤษฎีและวิธีการประเมินแรงดันตกชั่วขณะ.....	4
2.1 คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะ.....	4
2.2 การประเมินขนาดของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ.....	5
2.3 การประเมินระยะเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ.....	8
2.4 การประเมินความถี่ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ.....	11
2.5 วิธีการที่ใช้ในการประเมิน.....	12
2.5.1 วิธีตำแหน่งการเกิดเฟลต.....	12
2.5.2 วิธีระยะวิกฤต.....	15
2.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมิน.....	16
3 การสร้างและใช้งานแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ.....	18
3.1 ลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาใช้สร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ.....	18
3.1.1 จำนวนเฟลต.....	18

บทที่	หน้า
3.1.2 การนับจำนวนครั้งของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ สำหรับกรณีการปิดกลับของอุปกรณ์ป้องกัน	20
3.1.3 การนับจำนวนครั้งของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ สำหรับกรณีการปิดกลับของอุปกรณ์ป้องกัน	20
3.2 การสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ	21
3.3 การใช้งานแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ	25
3.3.1 อุปกรณ์แบบที่มีความไวเป็นสีเหลืองมมจาก	25
3.3.2 อุปกรณ์แบบที่มีความไวเป็นสีเหลืองมมจาก	26
4 โปรแกรมประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ในระบบไฟฟ้ากำลัง	29
4.1 ขอบเขตและเงื่อนไขในการพัฒนาโปรแกรม	29
4.2 การกำหนดตำแหน่งการเกิดฟอลต์ของอุปกรณ์ต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง	30
4.2.1 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า	30
4.2.2 หม้อแปลง	31
4.2.3 สายส่งและสายจำหน่าย	31
4.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	33
4.4 การป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม	35
4.4.1 บัส และ บัสบาร์	36
4.4.2 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า	37
4.4.3 หม้อแปลงไฟฟ้า	38
4.4.4 สายส่งและสายจำหน่าย	39
4.4.5 เครื่องจักรกลไฟฟ้า	41
4.4.6 จุดโหลด และ คาปาซิเตอร์	42
4.4.7 ฐานข้อมูลของสายและอุปกรณ์ป้องกัน	43
4.5 การใช้โปรแกรมในการคำนวณ	45
4.5.1 การคำนวณฟอลต์	45
4.5.2 การประเมินแรงดันตกชั่วขณะ	47
4.5.3 บัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์	52
5 การประเมินแรงดันตกชั่วขณะเมื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น	54
5.1 การตรวจสอบค่าความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรม	54

สารบัญ (ต่อ)

ณ

บทที่	หน้า
5.2 การประเมินระบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบ	
ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ.....	60
5.2.1 ข้อมูลของระบบที่ได้จำลองขึ้น.....	60
5.2.2 ข้อมูลของอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น.....	62
5.2.3 การศึกษากรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์.....	63
5.2.4 การศึกษากรณีเปลี่ยนขนาดสาย.....	67
5.2.5 การวิเคราะห์ผลจากการประเมินระบบจำลอง.....	71
5.3 การประเมินระบบจริง.....	76
5.4 ผลการประเมินระบบจริง.....	83
5.4.1 กรณีประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น.....	84
5.4.2 กรณีประเมินโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน SEMI F-47	
และ มาตรฐาน ITIC.....	88
6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	92
รายการอ้างอิง.....	94
ภาคผนวก.....	95
ก. กระบวนการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์.....	96
ข. การคำนวณพอลต์โดยใช้บัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์.....	105
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีตำแหน่งการเกิดฟอลต์ของรูปที่ 2.8	13
2.2	แสดงค่าความถี่การเกิดของแรงดันตกชั่วขณะ ในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลา	14
2.3	ความถี่สะสมของระดับแรงดันตกชั่วขณะ	14
3.1	ตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งปีที่ได้จากการประเมิน	22
3.2	ความถี่สะสมของตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งปีที่ได้จากการประเมิน	23
4.1	ความหมายของรูปภาพอุปกรณ์ต่างๆ	36
5.1	ข้อมูลของระบบทดสอบ 14 บัส	55
5.2	การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์แบบสมมาตร (เฟส ABC)	56
5.3	การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์ลงดินเส้นเดียว (เฟส A)	57
5.4	การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์สองเส้น (เฟส B-C)	58
5.5	การเปรียบเทียบผลการคำนวณกรณีฟอลต์ลงดินสองเส้น (เฟส B-C)	59
5.6	สัดส่วนการเกิดฟอลต์แต่ละแบบของระบบที่ได้จำลองขึ้น (เป็น%)	60
5.7	ข้อมูลแหล่งจ่ายและหม้อแปลงของระบบที่ได้จำลองขึ้น	61
5.8	ข้อมูลสายของระบบที่ได้จำลองขึ้น	61
5.9	ข้อมูลของสายของระบบที่ได้จำลองขึ้น	61
5.10	ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ โดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส	63
5.11	ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ โดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ	65
5.12	ข้อมูลสายของระบบที่มีการเปลี่ยนขนาด	67
5.13	ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส	67
5.14	ผลการประเมินกรณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ	69
5.15	ข้อมูลของสายบ่อนที่ 1	76
5.16	ข้อมูลของสายบ่อนที่ 2	77
5.17	ข้อมูลของสายบ่อนที่ 3	78
5.18	ข้อมูลของสายของระบบจริง	80
5.19	สัดส่วนการเกิดฟอลต์แต่ละแบบที่ใช้ประเมินระบบจริง (เป็น%)	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

๗

ตารางที่		หน้า
5.20	ข้อมูลความยาวสายรวมของระบบจริง.....	81
5.21	ผลการประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลอุปกรณ์ที่ได้จำลองขึ้น.....	84
5.22	ความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 61 กรณีพิจารณาค่าต่ำสุดใน 3 เฟส.....	86
5.23	ความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 61 กรณีพิจารณาแต่ละเฟสแยกอิสระ.....	86
5.24	ความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 96 กรณีพิจารณาค่าต่ำสุดใน 3 เฟส.....	87
5.25	ความถี่สะสมของการประเมินที่บัส 96 กรณีพิจารณาแต่ละเฟสแยกอิสระ.....	87
5.26	ผลการประเมินระบบจริงโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์มาตรฐาน.....	89

สารบัญญภาพ

v

รูปที่		หน้า
2.1	คำจำกัดความของแรงดันตกชั่วขณะ	4
2.2	การแบ่งขนาดแรงดันตกชั่วขณะ	5
2.3	สายส่งระหว่างบัส $m - n$ ที่มีการเพิ่มบัส p เข้าไป	7
2.4	ระยะเวลาการเกิดแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้ากำลัง	9
2.5	การเกิดฟอลต์ของระบบเรเดียล	9
2.6	การเกิดฟอลต์ของระบบร่างแห	10
2.7	ระดับของแรงดันตกชั่วขณะในส่วนต่างๆของระบบเมื่อเกิดฟอลต์บนสายส่ง	12
2.8	ตำแหน่งการเกิดฟอลต์	13
2.9	พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะในระบบจำหน่าย	15
2.10	ตัวอย่างกราฟแท่ง 3 มิติที่ได้จากตารางแสดงความหนาแน่นของการเกิด แรงดันตกชั่วขณะในแต่ละช่วงขนาดและระยะเวลาจากตารางที่ 2.2	16
2.11	ตัวอย่างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ	17
3.1	ตัวอย่างขนาดของแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์แบบไม่สมมาตร	19
3.2	ตัวอย่างการเกิดแรงดันตกชั่วขณะที่มีขนาดมากกว่าหนึ่งค่า	21
3.3	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ที่สร้างจากตารางที่ 3.2	24
3.4	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ที่รวมกับข้อมูลความไวของอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก	26
3.5	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ที่รวมกับข้อมูลความไวของอุปกรณ์ที่มีลักษณะไม่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก	27
4.1	ตำแหน่งที่ใช้คำนวณการเกิดฟอลต์ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า	30
4.2	ตำแหน่งที่ใช้คำนวณการเกิดฟอลต์ของหม้อแปลง	31
4.3	ตำแหน่งที่ใช้คำนวณการเกิดฟอลต์ของสายส่งและสายจำหน่าย	31
4.4	แผนผังขั้นตอนการประเมินแรงดันตกชั่วขณะเนื่องจากการเกิดฟอลต์ ในระบบไฟฟ้ากำลัง	34
4.5	หน้าจอหลักของโปรแกรม	35
4.6	หน้าจอโปรแกรมแสดงรูปแบบของบัส	36
4.7	หน้าจอโปรแกรมสำหรับการป้อนค่าข้อมูลของบัส	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ฐ

รูปที่

หน้า

4.8	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าข้อมูลของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า	38
4.9	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าข้อมูลของหม้อแปลงไฟฟ้า	39
4.10	หน้าจอบริการแสดงรูปแบบของสายส่งและสายจำหน่าย	39
4.11	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าข้อมูลของสายส่งและสายจำหน่าย	40
4.12	หน้าจอบริการแสดงรูปแบบของเครื่องจักรกลไฟฟ้า	41
4.13	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าข้อมูลของเครื่องจักรกลไฟฟ้า	42
4.14	หน้าจอบริการการป้อนค่าข้อมูลสำหรับจุดโหลด	43
4.15	หน้าจอบริการการป้อนค่าข้อมูลสำหรับคาปาซิเตอร์	43
4.16	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าฐานข้อมูลของสาย	44
4.17	หน้าจอบริการสำหรับการป้อนค่าฐานข้อมูลของอุปกรณ์ป้องกัน	45
4.18	หน้าจอบริการสำหรับแสดงผลการคำนวณฟอลต์	46
4.19	หน้าจอบริการสำหรับแสดงผลการประเมินแรงดันตกชั่วขณะ	47
4.20	หน้าจอหลักของโปรแกรมแสดงพื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ โดยการแสดงสีที่บัส	48
4.21	หน้าจอบริการสำหรับแสดงผลการประเมินแรงดันตกชั่วขณะ ในรูปแบบของตาราง	49
4.22	หน้าจอบริการสำหรับแสดงแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ	51
4.23	หน้าจอบริการสำหรับการแสดงการกระจายตัว ของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ	52
4.24	หน้าจอบริการสำหรับการแสดงผลการคำนวณบัลลิมพีแดนซ์เมตริกซ์	53
5.1	แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบทดสอบ 14 บัส	54
5.2	แผนผังวงจรเส้นเดียวของระบบที่ได้จำลองขึ้น	60
5.3(ก)	อุปกรณ์ที่มีความไวเป็นสีเหลืองมมจาก (A)	62
5.3(ข)	อุปกรณ์ที่มีความไวไม่เป็นสีเหลืองมมจาก (B)	62
5.4	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ของแต่ละบัสกรณี พิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส	64

5.5	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ของแต่ละบัลครณี พิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ.....	66
5.6	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ของแต่ละบัลครณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส.....	69
5.7	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะ ของแต่ละบัลครณีเปลี่ยนขนาดสายโดยพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ.....	71
5.8	กราฟแท่งเปรียบเทียบผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะ กรณีพิจารณาค่าต่ำที่สุดใน 3 เฟส.....	73
5.9	กราฟแท่งเปรียบเทียบผลกระทบของแรงดันตกชั่วขณะ กรณีพิจารณาแต่ละเฟสเป็นอิสระ.....	74
5.10	พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัล 3.....	75
5.11	พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัล 11.....	75
5.12	กราฟข้อมูลอุปกรณ์ป้องกันของระบบจริงที่นำมาใช้ในการประเมิน.....	82
5.13	แผนผังวงจรเส้นเดี่ยวของระบบจริง.....	83
5.14	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะโดยพิจารณาค่าต่ำที่สุด ใน 3 เฟสเปรียบเทียบระหว่างต้นทางและปลายทางของระบบจริง.....	85
5.15	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระดับแรงดันตกชั่วขณะโดยพิจารณาแต่ละ เฟสแยกเป็นอิสระเปรียบเทียบระหว่างต้นทางและปลายทางของระบบจริง.....	85
5.16	ข้อมูลความไวของอุปกรณ์ตามมาตรฐาน SEMI F-47.....	88

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ผ

รูปที่

หน้า

5.17	ข้อมูลความไวของอุปกรณ์ตามมาตรฐาน ITIC.....	88
5.18	พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 61.....	90
5.19	พื้นที่ของระดับแรงดันตกชั่วขณะรอบตำแหน่งบัส 96.....	91
ก.1	ลักษณะของระบบก่อนที่จะมีการเพิ่มขึ้นส่วน.....	96
ก.2	การเพิ่ม branch เข้าสู่ระบบ.....	97
ก.3	การเพิ่ม link เข้าสู่ระบบ.....	97
ก.4	แผนผังแสดงวิธีการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์.....	104
ข.1(ก)	การเกิดฟอลต์ระหว่างเฟส A และพื้นดินผ่านอิมพีแดนซ์ Z_f ที่บัส k.....	105
ข.1(ข)	แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณกรณีฟอลต์เส้นเดียวลงดิน.....	105
ข.2(ก)	การเกิดฟอลต์ระหว่างเฟส B และเฟส C ผ่านอิมพีแดนซ์ Z_f ที่บัส k.....	107
ข.2(ข)	แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณกรณีฟอลต์สองเส้น.....	107
ข.3(ก)	การเกิดฟอลต์ลงดินสองเส้น ที่เฟส B และเฟส C ผ่านอิมพีแดนซ์ Z_f ลงดินที่บัส k.....	108
ข.3(ข)	แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณกรณีเกิดฟอลต์สองเส้นลงดิน.....	108