

การวิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย



นายหนา ชำตะวราหะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-892-8.

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 10302512

015739

FAULT ANALYSIS BY PIECEWISE SOLUTION METHOD



Mr. Thana Chatavaraha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989


ISBN 974-576-892-8


ศูนย์วิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




หัวข้อวิทยานิพนธ์    การวิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีแยกเป็นสายย่อย  
 โดย                            นายธนา ชำตะวราหะ  
 ภาควิชา                        วิศวกรรมไฟฟ้า  
 อาจารย์ที่ปรึกษา        รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
 ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
 (ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภักย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์  
  
 ..... ประธานกรรมการ  
 (ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยบาล)

  
 ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

  
 ..... กรรมการ  
 (ดร. ขจรศักดิ์ โททรภวานนท์)

  
 ..... กรรมการ  
 (รองศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยปอ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อ วิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



ชื่อนา ขาดวาระหะ : การวิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย (FAULT ANALYSIS BY PIECEWISE SOLUTION METHOD) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร, 417 หน้า. ISBN 974-576-892-8

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมา 2 ชุด เพื่อวิเคราะห์การลัดวงจรในระบบไฟฟ้ากำลัง โปรแกรมชุดแรกเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์การลัดวงจรชนิดต่าง ๆ เช่น การลัดวงจรชนิดสามสายลงดิน ชนิดสองสาย ชนิดหนึ่งสายลงดิน และชนิดสองสายลงดิน โดยการสร้างบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์ของระบบโดยตรง ที่รวมผลของมิวชวลคัปปลิงของสายส่งต่าง ๆ สำหรับโปรแกรมชุดหลังเป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย โดยการแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังออกเป็นระบบย่อย โดยหาเมตริกซ์เชื่อมโยงของระบบย่อย แล้วคำนวณหาเฉพาะคอล์มน์ของบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์ของบัสที่ต้องการวิเคราะห์ วิธีวิเคราะห์การลัดวงจรโดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อยนี้จะทำให้ลดเนื้อที่เก็บข้อมูลในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ลงเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์การลัดวงจรในโปรแกรมชุดแรก

โปรแกรมทั้งสองชุดที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถหาค่ากระแสและแรงดัน ขณะเกิดลัดวงจรได้ทั้งค่าปริมาณแอมแปร์และค่าปริมาณซีเคนซ์ อีกทั้งสามารถหาค่าการลัดวงจรได้บนเฟสอ้างอิงอื่น ๆ โดยใช้เทคนิคของ Kron (Change in Symmetry) โปรแกรมทั้งสองชุดนี้ เขียนด้วยภาษาซี (C) สามารถคอมไพร์และเก็บไว้ในดิสค์ในรูปหนึ่งของซอฟต์แวร์ สำหรับใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต สามารถเรียกใช้ได้โดยตรงภายใต้ระบบดอส (DOS)

ผลการทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมากับระบบไฟฟ้ากำลังตามตัวอย่างมาตรฐาน IEEE ขนาด 3 บัส 6 บัส และ 14 บัส รวมทั้งระบบไฟฟ้ากำลังทางภาคใต้ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ขนาด 38 บัส พบว่าโดยทั่วไปจำนวนหน่วยความจำและเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ ด้วยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย จะน้อยกว่าวิธีวิเคราะห์โดยการสร้างบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์ของระบบโดยตรง

# ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
สาขาวิชา ..... พลังงานไฟฟ้า  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิสิต ..... วิชาเอก .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



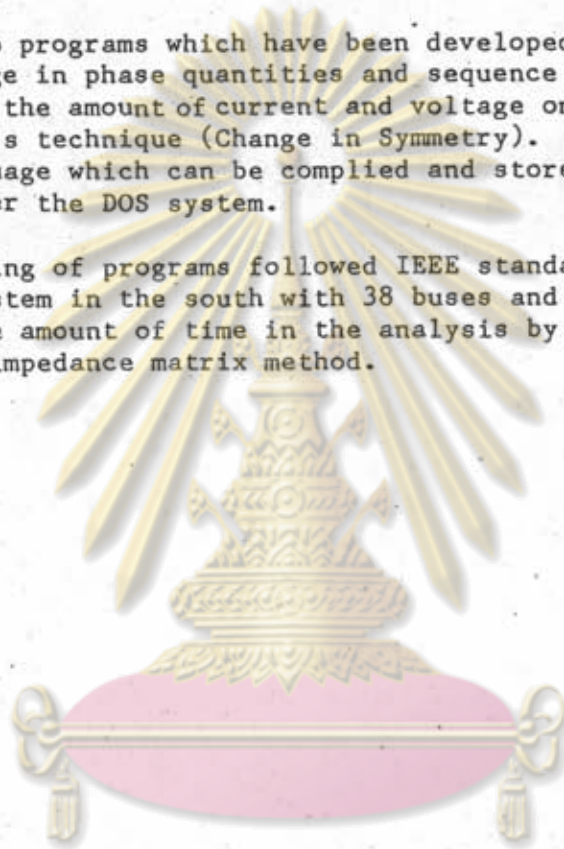
พิมพ์ด้วยกลไกแบบกลัดด้วย วิทยานิพนธ์ศึกษาในโครงการวิจัย นี้เป็นงานเด่นเยี่ยม

THANA CHATAVARAHA : FAULT ANALYSIS BY PIECEWISE SOLUTION METHOD. THE-  
SIS ADVISOR : ASSO. PROF.SUKUMVIT PHOOMVUTHISARN, Ph.D. 417 PP.

This thesis develops 2 software programs to analyze faulted power system. The first program analyzes various fault types such as three phase, line-to-ground, single line-to-ground and double line-to-ground fault by bus impedance matrix method combined mutual coupling of various lines directly. For the second program is to analyze faulted in power system by piecewise solution method calculated only column of bus impedance matrix of the bus which has to be analyzed. The analysis of fault by piecewise in solution method will reduce data storage in computer memory compared to the analysis of fault by the first program.

These two programs which have been developed are able to analyze the current and voltage in phase quantities and sequence quantities. They are also able to calculate the amount of current and voltage on other reference phases by utilizing Kron's technique (Change in Symmetry). These two programs are written in C language which can be compiled and stored on disk for the 16-bit microcomputer under the DOS system.

The testing of programs followed IEEE standard with 3, 6 and 14 buses and EGAT power system in the south with 38 buses and results that in general the memory and the amount of time in the analysis by piecewise solution method is less than bus impedance matrix method.



# ศูนย์วิจัยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า .....  
สาขาวิชา ..... พลังงานไฟฟ้า .....  
ปีการศึกษา ..... 2532 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความสนับสนุน และความร่วมมือจากหลายท่านด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุชฌมวิทย์ ภูมิวิบูลย์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำปรึกษา และควบคุมวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.จรรยา บุญยกุล ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และ ดร.ชจรศักดิ์ โทตรภวานนท์ หัวหน้ากองวิศวกรรมไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังความร้อน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ช่วยตรวจสอบแก้ไขบทความ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ บริษัท เอสคอน จำกัด ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการวิจัยนี้ คุณเป็กมารังษี จุกอง ที่ช่วยจัดพิมพ์ และผู้ร่วมสนับสนุนอีกหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
2 การวิเคราะห์การลัดวงจร .....	3
2.1 องค์ประกอบสมมาตร .....	3
2.2 การวิเคราะห์การลัดวงจรด้วยบัสสมิธในแดนซ์เมตริกซ์ .....	6
2.3 การคำนวณการลัดวงจร และสมการของการเกิดลัดวงจรแบบต่าง ๆ .....	8
2.3.1 การลัดวงจรชนิดขนาน .....	9
2.3.1.1 การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน .....	9
2.3.1.2 การลัดวงจรชนิดสองสาย .....	10
2.3.1.3 การลัดวงจรชนิดสองสายลงดิน .....	11
2.3.1.4 การลัดวงจรชนิดสามสาย .....	13
2.3.2 การลัดวงจรชนิดอนุกรม .....	14
2.4 การวิเคราะห์การลัดวงจรที่เกิดบนเฟสอื่น .....	15
2.4.1 เมตริกซ์ K .....	15
2.4.2 การแปลงการลัดวงจรจากเฟสอื่น .....	15
2.4.2.1 ตัวอย่างการหาผลลัพท์ .....	18
3 การใช้ไดโอดคอปติกในระบบไฟฟ้ากำลัง .....	24
3.1 การหาผลลัพท์แบบแยกส่วน .....	24
3.2 ตัวอย่างการหาผลลัพท์ .....	33
4 โปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจร .....	37
4.1 การอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง .....	37
4.2 การสร้างบัสสมิธในแดนซ์เมตริกซ์ .....	38
4.2.1 กรณีลายนีไม่มีมิวชวลดับบลิง .....	38

4.2.2	การถ่ายโอนมีมิวชวลดับปลิง .....	39
4.3	การวิเคราะห์การลัดวงจร .....	40
4.3.1	การลัดวงจรชนิดสามสายลงดิน .....	40
4.3.2	การลัดวงจรชนิดสองสาย .....	41
4.3.3	การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน .....	43
4.3.4	การลัดวงจรชนิดสองสายลงดิน .....	45
5	โปรแกรมการวิเคราะห์ การลัดวงจร โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย .....	70
5.1	การอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง .....	70
5.2	การแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังออกเป็นระบบย่อยโดยอัตโนมัติ .....	71
5.3	การสร้างบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์ และเมตริกซ์เชื่อมโยงระบบย่อย.....	72
5.3.1	การจัดอิลิเมนต์ในแต่ละระบบย่อย .....	72
5.3.2	สร้างบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์ของแต่ละระบบย่อย .....	72
5.3.3	สร้างเมตริกซ์เชื่อมโยงระบบย่อย .....	72
5.4	การวิเคราะห์การลัดวงจร โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย .....	73
5.4.1	การลัดวงจรชนิดสามสายลงดิน .....	73
5.4.2	การลัดวงจรชนิดสองสาย .....	74
6	การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการวิเคราะห์ .....	94
6.1	การจัดเตรียมข้อมูล .....	94
6.2	ตัวอย่างการคำนวณ .....	94
6.2.1	ตัวอย่างที่ 1 .....	94
6.2.2	ตัวอย่างที่ 2 .....	105
6.2.3	ตัวอย่างที่ 3 .....	119
6.2.4	ตัวอย่างที่ 4 .....	152
7	สรุปผลและข้อเสนอแนะ .....	165
	เอกสารอ้างอิง .....	168
	ภาคผนวก ก. คู่มือการใช้โปรแกรม .....	169
	ภาคผนวก ข. โปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจร โดยวิธีบัสสมิทธิแดนซ์เมตริกซ์.....	201
	ภาคผนวก ค. โปรแกรมการวิเคราะห์การลัดวงจร โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย .....	289
	ภาคผนวก ง. ตัวอย่างผลลัพธ์ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 6 บัส 9 สายส่ง .....	377
	ประวัติผู้เขียน .....	41๕



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมการการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	7
2.2	ค่าเมตริกซ์ K ในเทอมของ $I_{a0}$ และ $I_{a1}$ .....	17
2.3	ค่าแรงดันและอิมพีแดนซ์ที่ถูกแปลงให้สอดคล้องกับเมตริกซ์ k ในตาราง 2.2	18
6.1	แสดงข้อมูลระบบไฟฟ้ากำลัง .....	95
6.2	แสดงผลลัพธ์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	96
6.3	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	97
6.4	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3 บนเฟสอ้างอิง A ...	98
6.5	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	99
6.6	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 3 บนเฟสอ้างอิง A....	100
6.7	ตารางการแบ่งระบบออกเป็นระบบย่อย และการแสดง Z1,Z2,Y4 .....	101
6.8	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	103
6.8 *	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3 บนเฟสอ้างอิง A ..	104
6.10	แสดงข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง .....	105
6.11	แสดงผลลัพธ์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	106
6.11 (ต่อ)	แสดงผลลัพธ์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	107
6.12	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	108
6.13	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A .	109
6.14	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A .	110
6.15	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	111
6.16	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A .	112
6.17	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A .	113
6.18	ตารางการแบ่งระบบออกเป็นระบบย่อย และการแสดง Z1,Z2,Y4 .....	114
6.18 (ต่อ)	ตารางการแบ่งระบบออกเป็นระบบย่อย และการแสดง Z1,Z2,Y4	115
6.19	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A	116
6.20	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A	117
6.21	แสดงผลลัพธ์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A	118
6.22	แสดงข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง .....	120
6.23	แสดงผลลัพธ์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	121

6.23 (ต่อ) แสดงผลลัพท์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	122
6.23 (ต่อ) แสดงผลลัพท์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	123
6.23 (ต่อ) แสดงผลลัพท์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	124
6.23 (ต่อ) แสดงผลลัพท์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	125
6.23 (ต่อ) แสดงผลลัพท์ของบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ .....	126
6.24 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A	127
6.25 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A	128
6.26 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A	129
6.27 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 7,8 บนเฟสอ้างอิง A	130
6.28 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 9,10 บนเฟสอ้างอิง A	131
6.29 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 11,12 บนเฟสอ้างอิง A	132
6.30 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 13,14 บนเฟสอ้างอิง A	133
6.31 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A .	134
6.32 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A .	135
6.33 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A .	136
6.34 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 7,8 บนเฟสอ้างอิง A .	137
6.35 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 9,10 บนเฟสอ้างอิง A	138
6.36 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 11,12 บนเฟสอ้างอิง A	139
6.37 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 13,14 บนเฟสอ้างอิง A	140
6.38 ตารางการแบ่งระบอบออกเป็นระบย่อย และการสร้าง Z1,Z2,Y4 .....	141
6.38 (ต่อ) ตารางการแบ่งระบอบออกเป็นระบย่อย และการสร้าง Z1,Z2,Y4	142
6.38 (ต่อ) ตารางการแบ่งระบอบออกเป็นระบย่อย และการสร้าง Z1,Z2,Y4 .	143
6.38 (ต่อ) ตารางการแบ่งระบอบออกเป็นระบย่อย และการสร้าง Z1,Z2,Y4 .	144
6.39 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2 บนเฟสอ้างอิง A	145
6.40 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4 บนเฟสอ้างอิง A	146
6.41 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6 บนเฟสอ้างอิง A	147
6.42 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 7,8 บนเฟสอ้างอิง A	148
6.43 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 9,10 บนเฟสอ้างอิง A	149
6.44 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 11,12 บนเฟสอ้างอิง A	150
6.45 แสดงผลลัพท์การลัดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 13,14 บนเฟสอ้างอิง A	151
6.46 แสดงข้อมูลระบบ ไฟฟ้ากำลัง .....	153
6.46 (ต่อ) แสดงข้อมูลระบบ ไฟฟ้ากำลัง .....	154

6.47	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2	บนเฟสอ้างอิง A	155
6.48	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4	บนเฟสอ้างอิง A	156
6.49	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6	บนเฟสอ้างอิง A	157
6.50	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 1,2	บนเฟสอ้างอิง A	158
6.51	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 3,4	บนเฟสอ้างอิง A	159
6.52	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน ที่บัส 5,6	บนเฟสอ้างอิง A	160
6.53	ตารางการแบ่งระบมออกเป็นระบมย่อย .....		161
6.54	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 1,2	บนเฟสอ้างอิง A .	162
6.55	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 3,4	บนเฟสอ้างอิง A .	163
6.56	แสดงผลสัมฤทธิ์การวัดดวงจรชนิด 3 สายลงดิน ที่บัส 5,6	บนเฟสอ้างอิง A .	164



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบสามเฟส .....	3
2.2	วงจรเสมือนซีเควนซ์ศูนย์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า .....	5
2.3	วงจรเสมือนซีเควนซ์ศูนย์ของหม้อแปลงไฟฟ้า .....	6
2.4	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์ .....	8
2.5	ไดอะแกรมแสดงการเกิดลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน .....	9
2.6	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์ในส่วนที่แสดงความสัมพันธ์ของกระแส .....	9
2.7	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์สำหรับการลัดวงจรชนิดหนึ่งสายลงดิน .....	10
2.8	ไดอะแกรมแสดงการเกิดลัดวงจรชนิดสองสาย .....	10
2.9	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์ ในส่วนที่แสดงความสัมพันธ์ของกระแส .....	11
2.10	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์สำหรับการลัดวงจรชนิดสองสาย .....	11
2.11	ไดอะแกรมแสดงการเกิดลัดวงจรชนิดสองสายลงดิน .....	12
2.12	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์ในส่วนที่แสดงความสัมพันธ์ของกระแส .....	12
2.13	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์สำหรับการลัดวงจรชนิดสองสายลงดิน .....	12
2.14	ไดอะแกรมแสดงการเกิดลัดวงจรชนิดสามสาย .....	13
2.15	ข่ายวงจรบนแกนซีเควนซ์สำหรับการลัดวงจรชนิดสามสาย .....	14
2.16	ไดอะแกรมแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายส่งในแต่ละเฟสที่ไม่เท่ากัน .....	14
2.17	วงจรบนแกนซีเควนซ์ .....	16
3.1	(ก) แสดงระบบไฟฟ้ากำลังก่อนแบ่งโซน .....	25
3.1	(ข) แสดงระบบย่อยหลังแบ่งโซน .....	25
3.1	(ค) แสดงวงจรสมมูลย์ของคัทลายน์ .....	25
3.2	แสดงระบบไฟฟ้าซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 โซน .....	33
3.3	แสดงระบบไฟฟ้าหลังจากถูกแบ่งออกเป็น 2 โซน .....	33
4.1	โพลาร์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การลัดวงจร .....	50
4.2	โพลาร์ชาร์ตแสดงการอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง .....	51
4.3	โพลาร์ชาร์ตแสดงการจัดลำดับลายน์ที่ใช้ในการคำนวณ .....	54
4.4	โพลาร์ชาร์ตแสดงการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ของ Positive Sequence (Z1) .....	58
4.5	โพลาร์ชาร์ตแสดงการจัดกลุ่มของลายน์ที่ MUTUAL กัน .....	60
4.6	โพลาร์ชาร์ตแสดงการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ ของ Zero Sequence (Z0) .....	65
4.7	โพลาร์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การลัดวงจรชนิดต่าง ๆ .....	67

4.8	โพล์ชาร์ตแสดงการหากระแสในลายนี	69
5.1	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การลัดวงจร โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย	77
5.2	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การอ่านข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลัง	78
5.3	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังเป็นระบบย่อย	81
5.4	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การจัดลำดับลายนีที่ใช้ในการคำนวณ	84
5.5	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การสร้างบัสสมิโนแดนซ์เมตริกซ์ของ Positive Sequence (Z1)	88
5.6	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การสร้าง Z2	90
5.7	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การสร้าง Z4	91
5.8	โพล์ชาร์ตแสดงการวิเคราะห์การวิเคราะห์การลัดวงจรชนิดต่าง ๆ	93
6.1	ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 3 บัสที่นำมาวิเคราะห์การลัดวงจร	95
6.2	ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 6 บัสที่นำมาวิเคราะห์การลัดวงจร	105
6.3	ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 14 บัสที่นำมาวิเคราะห์การลัดวงจร	119
6.4	ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังขนาด 38 บัสที่นำมาวิเคราะห์การลัดวงจร	152



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย