การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ในภาวะทรานเซียนต์ โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย

นายสุขสันต์ นุ่นงาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-110-3

008738

i 1792909x

STABILITY ANALYSIS OF LARGE POWER SYSTEM UNDER TRANSIENT BY PIECEWISE SOLUTION METHOD

Mr. Suksun Nungam

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ในภาวะทรานเซียนต์ โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย

โดย นายสุขสันติ์ หุ่นงาม

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวัฒนสาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล)

..... กรรมการ

(นายสมเกียรติ ผลประการ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวัฒนสาร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ในภาวะทรานเซียนต์ โดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย

ชื่อนิสิต นายสุขสันต์ นุ่นงาม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2527

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงถึงวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ในภาวะทรานเซียนต์ โดยวิธีไดอาคอปติก หรือวิธีแยกเป็นส่วนย่อย โดยรวมผลของ Saliency โหลดซ์นิตอิมพีแดนซ์ โวลเตจเรกูเลเตอร์ และโกวเวอร์เนอร์ ตลอดจนแสดงรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้น โดยวิธีไดอาคอปติกนี้จะทำให้ลดที่เก็บข้อมูลในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ลง และสามารถที่จะวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ได้ด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดจำกัด

Thesis Title	Stability Analysis of Large Power System under Transient by Piecewise Solution Method
Name	Mr. Suksun Nungam
Thesis Advisor	Associate Professor Sukumvit Phoomvuthisarn, Ph.D
Department	Electrical Engineering
Academic Year	1984

ABSTRACT

This thesis presents a diakoptical method or piecewise solution for solving large power system transient stability problem with the inclusion of transient saliency, variable impedance type load, voltage regulator effect, and governor response. A computer program was developed and is described. This diakoptical method will render advantages in computer storage and it can be used to analyse a large-scale power system with avialable digital computer.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความสนับสนุนและความร่วมมือจากหลายท่านด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำปรึกษาและควบคุมวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล ซึ่งเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคุณสมเกียรติ ผลประการ ผู้อำนวยการฝ่ายวางแผนงานและระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ช่วยตรวจแก้ไขบทความและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี ซึ่งให้ความสะดวกในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในการวิจัยนี้ คุณอำนวย พงศ์พานิช ที่ช่วยจัดพิมพ์ และผู้ร่วมสนับสนุนอีกหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ. ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง.

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ.

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ.

รายการรูปประกอบ ..... ฌ.

บทที่

1. บทนำ 1

2. การใช้ไดอาคอปติกในระบบไฟฟ้ากำลัง 3

2.1 การหาผลลัพธ์แบบแยกส่วน 3

2.2 ตัวอย่างการหาผลลัพธ์ 11

3. ทฤษฎีการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีแยกเป็นส่วนย่อย 18

3.1 การแทนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในภาวะทรานเซียนต์ 18

3.2 ลูปการล่วง 22

3.3 ระบบเอกไซเตชัน 25

3.4 โกวเวอร์เนอร์ 29

3.5 ลูปการส่งภาวะ 34

3.6 การแทนโหลดของระบบ 34

3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบ 35

4. โปรแกรมการวิเคราะห์เสถียรภาพในภาวะทรานเซียนต์โดยวิธีไดอาคอปติก .. 42

4.1 การเตรียมข้อมูล 42

4.2 คำนวณโหลดโฟลว์ 42

4.3 การปรับปรุงเมตริกซ์ Z_1 43

4.4 คำนวณค่าเริ่มต้น 48

4.5 คำนวณหาเสถียรภาพของระบบ 51

4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการวิเคราะห์ 89

5.1 การป้อนข้อมูล 89

5.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ 101

6. สรุปและข้อเสนอแนะ 130

เอกสารอ้างอิง 133

ผนวก ก. การจัดโปรแกรมและการใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำ 134

ผนวก ข. โปรแกรมวิเคราะห์เสถียรภาพฯ 136

ผนวก ค. โฟลว์ชาร์ตของการคำนวณโหลดโฟลว์ 240

ประวัติ 258

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

2.1 ก. แสดงระบบไฟฟ้ากำลังก่อนแบ่งโซน 4

2.1 ข. แสดงระบบย่อยหลังแบ่งโซน 4

2.1 ค. แสดงส่วนมูลย้อยของศัทลายน์ 4

2.2 แสดงย่ายวงจรซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 3 โซน 14

2.3 แสดงย่ายวงจรเมื่อเอาศัทลายน์ออก 14

3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 18

3.2 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 20

3.3 วงจรส่วนมูลย้อยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 21

3.4 ส่วนต่าง ๆ ของระบบเอกไซ่เตชัน 25

3.5 บล็อคไดอะแกรมของระบบเอกไซ่เตชัน 28

3.6 ความสัมพันธ์ของแรงบิดและความเร็วรอบ 32

3.7 คุณสมบัติของโกวเวอร์เนอร์ 32

3.8 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบและกำลังงาน (เป็นค่าต่อหน่วย) 33

3.9 บล็อคไดอะแกรมของระบบโกวเวอร์เนอร์ 33

3.10 โฟลว์ชาร์ตการหาเสถียรภาพของระบบ 40

3.11 โฟลว์ชาร์ตการอิเทอเรทีฟหาผลลัพธ์ 41

4.1 โฟลว์ชาร์ตการวิเคราะห์เสถียรภาพ 67

4.2 โฟลว์ชาร์ตการจัดข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 68

4.3 โฟลว์ชาร์ตการจัดข้อมูลของสายส่งที่เกิดการตัดต่อ 70

4.4 โฟลว์ชาร์ตการจัดบัสที่ต่อกับสายส่งที่มีการตัดต่อ 71

4.5 โฟลว์ชาร์ตการจัดข้อมูลของโหลดชนิด นอน-อิมพีแดนซ์ 73

4.6 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณหาอิมพีแดนซ์ที่ใช้ปรับปรุงเมตริกซ์ Z_1 75

4.7 โฟลว์ชาร์ตการปรับปรุงเมตริกซ์ Z_1 76

4.8 โฟลว์ชาร์ตการจัดเรียงเมตริกซ์ Z_1 78

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.9 โฟลว์ชาร์ตการเปลี่ยนตำแหน่งของศัทลายน์ 79

4.10 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 79

4.11 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าเริ่มต้นของโหลดชนิดกระแสคงที่ 80

4.12 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าเริ่มต้นของโหลดชนิดกำลังงานคงที่ 80

4.13 โฟลว์ชาร์ตการบันทึกปัสที่ใช้ในแต่ละวงรอบ 81

4.14 โฟลว์ชาร์การปรับปรุงเมตริกซ์ Z_1 เนื่องจากผลการตัดต่อสายส่ง 82

4.15 โฟลว์ชาร์ตแสดงการสร้างเมตริกซ์ Z_2 83

4.16 โฟลว์ชาร์ตแสดงการสร้างเมตริกซ์ Z_4 84

4.17 โฟลว์ชาร์ตแสดงการสร้างเมตริกซ์ Y_4 85

4.18 โฟลว์ชาร์ตแสดงการหาเมตริกซ์ Z_S 86

4.19 โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณผลสัพธ์ของย่ายวงจร 87

4.20 โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณผลสัพธ์ของสมการสภาวะ 88

5.1 ตัวอย่างระบบไฟฟ้ากำลังที่นำมาวิเคราะห์เสถียรภาพ 101

5.2 ตำแหน่งเชิงมุมของโรเตอร์ ในกรณี (ก) 126

5.3 ความเร็วเชิงมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณี (ก) 127

5.4 ตำแหน่งเชิงมุมของโรเตอร์ ในกรณี (ข) 128

5.5 ความเร็วเชิงมุมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณี (ข) 129

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

5.1 ข้อมูลของบัส 104

5.2 ข้อมูลของสายส่งและศักลายน์ 105

5.3 เมตริกซ์ Z_1 ของการคำนวณโหลดโฟลว์ 106

5.4 เมตริกซ์ Z_2 ของการคำนวณโหลดโฟลว์ 107

5.5 เมตริกซ์ Z_4 และ Y_4 ของการคำนวณโหลดโฟลว์ 108

5.6 แรงดันที่บัสต่าง ๆ ก่อนเกิดความผิดปกติ 109

5.7 ข้อมูลของการตัดต่อและการแสดงกราฟ 110

5.8 ข้อมูลของโหลดซนิด นอน-อิมพีแดนซ์ ในกรณี (ก) 111

5.9 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณี (ก) 112

5.10 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในกรณี (ข) 113

5.11 เมตริกซ์ Z_1 ที่ปรับปรุงที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ก) 114

5.12 เมตริกซ์ Z_2 ที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ก) 115

5.13 เมตริกซ์ Z_4 และ Y_4 ที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ก) 116

5.14 เมตริกซ์ Z_1 ที่ปรับปรุงที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ข) 117

5.15 เมตริกซ์ Z_2 ที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ข) 118

5.16 เมตริกซ์ Z_4 และ Y_4 ที่เวลา 0.0 วินาที สำหรับกรณี (ข) 119

5.17 เมตริกซ์ Z_1 ที่ปรับปรุงที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ก) 120

5.18 เมตริกซ์ Z_2 ที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ก) 121

5.19 เมตริกซ์ Z_4 และ Y_4 ที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ก) 122

5.20 เมตริกซ์ Z_1 ที่ปรับปรุงที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ข) 123

5.21 เมตริกซ์ Z_2 ที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ข) 124

5.22 เมตริกซ์ Z_4 และ Y_4 ที่เวลา 0.1 วินาที สำหรับกรณี (ข) 125