วิธีคำนวณแบบแบ่งส่วนย่อยสำหรับฟาสต์ดีคัปเบิลโหลดโฟลว์แบบปรับปรุง

นายทรงศักดิ์ คงน้อย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-370-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017418

PIECEWISE METHOD FOR MODIFIED FAST DECOUPLE LOAD FLOW

Mr. Songsak Kongnoi

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for The Degree of Doctor of Engineering

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-578-370-6

Dissertation Title	Piecewise Method For Modified Fast Decoupled Load Flow
By	Mr. Songsak Kongnoi
Department	Electrical Engineering
Dissertation Advisor	Associate Professor Sukumvit Phoomvuthisarn,Ph.D.

Accepted by the Gradute School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor's Degree.

..... Dean of Graduate School
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Dissertation Committee

..... Chairman
(Professor Charuay Boonyubol, Ph.D.)

..... Dissertation Advisor
(Associate Professor Sukumvit Phoomvuthisarn, Ph.D.)

..... Member
(Associate Professor Virool Boonyasombat, Ph.D.)

..... Member
(Archomphon Khambanonda, Ph.D.)

..... Member
(Visiting Professor Kurt Wedin, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SONGSAK KONGNOI : PIECEWISE METHOD FOR MODIFIED FAST DECOUPLE LOAD FLOW . DISSERTATION ADVISOR ASSO. PROF. SUKUMVIT PHOOMVUTHISARN, Ph.D. 203 pp. ISBN 974-578-370-6.

A method of piecewise solution for large-scale Modified Fast Decoupled Load-Flow (FDLF), is the main focus of this dissertation. The algorithm is quite simple, very reliable--capable of handling low impedance tie-lines between areas--and extremely fast with a wide range of possible practical applications. The convergence characteristics of this method of Diakoptics or tearing is as good as those of the untorn FDLF, but with reduced computer storage requirements, calculation time and an expectation for improved accuracy. This result in a more economical solution to large-scale Power System Load-Flow calculation. The advantages of tearing become apparent when the order of system to be solved greatly exceeds that defining the capacity of the computer avialable.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา Electrical Engineering
สาขาวิชา Electrical Engineering
ปีการศึกษา 1990

ลายมือชื่อนิสิต Songsak Kongnoi
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา S. Phoomvuthisarn
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ทรงศักดิ์ คงน้อย : วิธีคำนวณแบบแบ่งส่วนย่อยสำหรับฟาสต์ดีคัปเปิลโหลดโฟลว์แบบปรับปรุง (. PIECEWISE METHOD FOR MODIFIED FAST DECOUPLE LOAD FLOW) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวัฒสาร , 203 หน้า. ISBN 974-578-370-6

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงฟาสต์ดีคัปเปิลแบบปรับปรุง เพื่อให้ใช้ได้กับการคำนวณโหลดโฟลว์ของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ โดยวิธีไดคอปติดหรือการคำนวณโดยการแบ่งระบบออกเป็นส่วนย่อย โดยที่วิธีการคำนวณที่เสนอนี้ไม่ซับซ้อน เข้าหาคำตอบได้แน่นอน รวดเร็วและมีแนวทางใช้งานได้กว้างขวาง ลักษณะการลู่เข้าหาคำตอบของวิธีการคำนวณโดยการแบ่งระบบออกเป็นส่วนย่อยนี้เหมือนกับวิธีการคำนวณโดยไม่แบ่งระบบออกเป็นส่วนย่อย นั่นคือระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่รวมทั้งหมด นอกจากนั้นการคำนวณโหลดโฟลว์ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยวิธีนี้ลดขนาดหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์, ลดเวลาในการคำนวณและ คาดว่ามีความแม่นยำสูงขึ้น ซึ่งเหมาะกับการคำนวณระบบไฟฟ้ากำลังที่มีขนาดใหญ่ ข้อได้เปรียบของการคำนวณโดยการแบ่งระบบไฟฟ้ากำลังออกเป็นส่วนย่อยจะชัดเจนเมื่อขนาดของระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่มีตัวแปรมากเกินกว่าความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่จะทำงานได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ทรงศักดิ์ คงน้อย

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุขุมวิทย์

ปีการศึกษา ๒๕๓๓ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

Acknowledgements

The author wishes to express his sincere appreciation to Associate Professor Dr. Sukumvit Phoomvuthisarn for his consistent guidance, invaluable suggestions, encouragement and understanding. He also wishes to thank the members of his advisory committee for their interest, helpful critism, and suggestions which they contributed during the development of this dissertation. Without their help the completion of this dissertation would not have been possible. The committee members were Professor Dr. Charuay Boonyubol, the chairman; Department of Electrical Engineering, Associate Professor Dr. Virool Boonyasombat; Department of Mathematics, Dr. Archomphon Khambanonda; Assistant General Manager-Policy and Planning, Electricity Generating Authority of Thailand and Visiting Professor Dr. Kurt Wedin; Swedish State Power Board.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Table of Contents

Page

Abstract (English).....IV

Abstract (Thai).....V

Acknowledgement.....VI

List of Tables.....X

List of Figures.....XI

Chapter

1 Introduction.....1

2 Load-Flow Study.....4

2.1 Introduction.....4

2.2 Newton-Raphson Method.....5

2.3 Approximations to The Jacobian Matrix in NRLF.....9

2.4 Fast Decoupled Load-Flow.....11

2.5 Modified Fast Decoupled Load-Flow.....13

3 Diakoptics or The Piecewise Solution of Large-Scale System.....16

3.1 Introduction.....16

3.2 Diakoptics in Electrical System.....19

4 Embeded Diakoptics in Modified Fast Decoupled Load-Flow.....26

4.1 Introduction.....26

4.2 Happ's Piecewise Algorithms for NRLF.....27

4.3 Model of [B'] and [B"]-Network.....29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 Implementation of Diakoptics in The Modified FDLF.....30
5 Generalization of Newton-Raphson Load-Flow in Diakoptics.....40
5.1 Introduction.....40
5.2 Notations.....40
5.3 Review of Mathematical Formula of NRLF.....41
5.4 Diakoptics in DLF.....46
5.5 Embeded Diakoptics in DLF.....51
5.6 Embeded Diakoptics in NRLF.....54
6 Dynamic Programming for Automatic Sectionalization.....61
6.1 Introduction.....61
6.2 The Automatic Tearing Method.....61
7 Development of The Load-Flow Program and Discussion of Result.....67
7.1 Program Development.....67
7.2 Discussion of Result.....72
8 Conclusion and Recommendation.....74
Bibliography.....76
Appendix A Theoretical Study of The Convergence of The Newton-Raphson Method.....87
A.1 Introduction.....87
A.2 Iteration Formulas.....87
A.3 Newton-Raphson Method in Vector Form.....93

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Appendix B The Bus Admittance Matrix.....98

B.1 Node Admittance and Impedance Matrix.....98

B.2 Element Stamps.....101

Appendix C Soltuion of Linear Equation by The Matrix Factorization Method.....106

Appendix D Sparse Matrix and Optimal Ordering.....109

Appendix E Non-Unique Load-Flow Solution.....111

Appendix F Program Application Guide.....116

F.1 Input of The Program.....116

F.2 Input-File.....116

Appendix G The Computer Program.....174

Biographical Sketch.....203

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Tables

Table		Page
2.1	Comparison of Two Load-Flow Methods	7-8
2.2	Load-Flow Solution Activities-Selection Guide for NRLF,DLF and FDLF	14-15
G.1	Number of Elementary Operation in Computing	202

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Figures

Figure		Page
3.1	An Electrical Network	21
3.2	Tearing of The Original Network to Subsystems or Areas	21
4.1	Jacobian Matrix in Block-Diagonal Matrix Form	28
4.2	Original-Network	31
4.3	B'-Network	31
4.4	B"-Network	32
4.5	Diakoptics in B'-Network	35
4.6	Diakoptics in B"-Network	36
4.7	Flow-chart of Diakoptics in Modified FDLF	37-39
5.1	Network Model for NRLF	60
6.1	IBM 14-Node Network	63
6.2	Optimum Tearing of Original Network	64
6.3	Optimum Tearing of B'-Network	65
6.4	Optimum Tearing of B"-Network	66
7.1	PSS/E Output in A Load-Flow Diagram	73
B.1	A N+1 Node Network With Node O As Reference	98
B.2	Two Mutually Coupled Lines	103
E.1	A Simple Power System	111
F.1	A 6-Node Network Shows An Optimum Tearing	119

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย