ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชันแบบขนาน

นาย ชัยณรงค์ ธิติธำรงชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

OPTIMAL POWER FLOW WITH APPLICATION OF PARALLEL DIFFERENTIAL EVOLUTION

Mr. Chainarong Thitithamrongchai

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic year 2006

Thesis Title	OPTIMAL POWER FLOW WITH APPLICATION OF PARALLEL DIFFEERENTIAL EVOLUTION
By	Mr. Chainarong Thitithamrongchai
Filed of study	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Bundhit Eua-arporn, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree

.... Dean of the Faculty of Engineering

(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman

(Associate Professor Sukumvit Phoomvuthisarn, Ph.D.)

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Bundhit Eua-arporn, Ph.D.)

.... Member

(Naebboon Hoonchareon, Ph.D.)

.... Member

(Associate Professor Prabhas Chongstitvattana, Ph.D.)

.... Member

(Songsak Chusanapiputt, Ph.D.)

4571806821 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: DIFFERENTIAL EVOLUTION / OPTIMAL POWER FLOW / PARALLEL PROCESSING / SECURITY CONSTRAINTS / SELF ADAPTATION

CHAINARONG THITITHAMRONGCHAI : OPTIMAL POWER FLOW WITH APPLICATION OF PARALLEL DIFFERENTIAL EVOLUTION. THESIS ADVISOR : Associate Professor Bundhit Eua-arporn, Ph.D. 191 pp.

Optimal power flow (OPF) is a large dimension nonlinear, nonconvex and highly constrained optimization problem that has been used widely for power system planning and operation. The solution of the OPF problem provides the optimal settings of generator active power outputs and voltages, shunt capacitors/reactors, transformer tap-settings and other control variables to minimize the fuel cost while keeping the load bus voltages, generator reactive power outputs, network power flows and all other state variables in their operational and secure limits. Conventional gradient based optimization techniques, e.g. linear programming, nonlinear programming, or interior point method have been applied to solve the OPF problems. However, the drawback of such methods usually converges to sub-optimal solution when nonconvex characteristics of fuel cost function are considered. Heuristic algorithms, e.g. genetic algorithm (GA), evolutionary programming (EP), and differential evolution (DE), have the ability to avoid the entrapment in local optima.

This dissertation proposes an enhanced version of differential evolution (DE) called self-adaptive differential evolution with augmented lagrange multiplier method (SADE_ALM) for solving the OPF problems with different nonconvex and discrete fuel cost characteristics. In addition, the parallel version of the SADE_ALM is also applied for this implementation to increase the search capability of the SADE_ALM. Numerical results show that the proposed algorithms are successfully and effectively implemented to find the best total generation fuel cost without violating any constraints.

Department...Electrical Engineering.............. Student's signature....Chainarong T.....

Field of study...Electrical Engineering........... Advisor's signature.....B. Eua-arporn.....

Academic year ..2006.................................. Co-advisor's signature..

ชัยณรงค์ ธิติธำรงชัย : ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้ดิฟเฟอเรนเชียลเอฟโวลูชันแบบขนาน (OPTIMAL POWER FLOW WITH APPLICATION OF PARALLEL DIFFERENTIAL EVOLUTION), อ. ที่ปรึกษา: ร.ศ. ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 191 หน้า.

ออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์เป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาผลตอบที่เหมาะที่สุดโดยมีเงื่อนไขบังคับแบบไม่เชิงเส้น และแบบนอนคอนเวกซ์ที่มีความสำคัญต่อการวางแผนและการควบคุมการปฏิบัติงานในระบบไฟฟ้ากำลัง คำตอบของปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตรวมของระบบมีค่าต่ำสุดนั้นประกอบด้วยค่าเหมาะที่สุดของตัวแปรควบคุมต่างๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง เช่น กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดแรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบขนาน หรือ ระดับแทปของหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น โดยที่ระบบยังคงสามารถปฏิบัติงานภายใต้สภาวะขอบเขตและเงื่อนไขที่กำหนด เช่น กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดแรงดันของโหลดบัส หรือกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละสายส่ง เป็นต้น ที่ผ่านมามักนำเทคนิคในการหาผลตอบที่เหมาะที่สุดแบบดั้งเดิม เช่น โปรแกรมแบบเชิงเส้น โปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น หรือ วิธีการจุดภายใน มาใช้ในการแก้ปัญหา เทคนิคดังกล่าวมักให้คำตอบที่ลู่เข้าสู่ค่าเหมาะสมย่อย โดยเฉพาะกรณีฟังก์ชันเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันแบบนอนคอนเวกซ์ ปัจจุบันเทคนิคการหาผลตอบที่เหมาะที่สุดแบบเฟ้นสุ่ม เช่น เจเนติกอัลกอริธึม, การโปรแกรมแบบวิวัฒนาการ, และการวิวัฒนาการผลต่าง เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในการแก้ปัญหาในระบบไฟฟ้ากำลังโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาทางด้านออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถหาค่าเหมาะสมที่สุดได้โดยไม่ต้องอาศัยค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาวิธีการหาผลตอบที่เหมาะที่สุดแบบเฟ้นสุ่มวิธีใหม่ที่เรียกว่า self-adaptive differential evolution with augmented lagrange multiplier method (SADE_ALM) ซึ่งเป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมาจากวิธีการวิวัฒนาการผลต่างแบบดั้งเดิม โดยนำมาใช้ในการแก้ปัญหาออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนอนคอนเวกซ์และมีความไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังนำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลแบบขนานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของ SADE_ALM ในการหาผลตอบที่เหมาะสมที่สุดของระบบให้ดีขึ้น ผลการทดลองพบว่าวิธีการใหม่ที่นำเสนอสามารถหาค่าใช้จ่ายของระบบได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นที่ผ่านมา โดยที่ระบบยังคงสามารถปฏิบัติงานภายใต้สภาวะขอบเขตและเงื่อนไขที่กำหนด

ภาควิชา...วิศวกรรมไฟฟ้า........................ ลายมือชื่อนิสิต..

สาขาวิชา....วิศวกรรมไฟฟ้า...................... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..

ปีการศึกษา...2549................................. ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..

ACKNOWLEDGMENTS

Firstly, the author would like to express his greatest gratitude and profound appreciation to his advisor, Assoc. Prof. Dr. Bundhit Eua-arporn for his intensive attention, guidance, and considerable supports throughout this dissertation study. The author also wishes to express his sincere gratefulness to the chairman of the dissertation committees, Assoc. Prof. Dr. Sukumvit Phoomvuthisarn, and Dr. Naebboon Hoonchareon, members of the dissertation committees, for their useful suggestions and constructive comments.

The author is deeply grateful and honored Assoc. Prof. Dr. Prabhas Chongstitvattana, Department of Computer Engineering, Chulalongkorn University, and Dr. Songsak Chusanapiputt, Department of Electrical Engineering, Mahanakorn University of Technology, for their kindly agreed to serve as the external committees and evaluated this dissertation.

The author would like to express the gratefulness to the Thailand Research Fund (TRF) for granting the Royal Golden Jubilee Scholarship to him under contract PHD/0046/2547 throughout this dissertation study.

Last but not least, the author would like to express his foremost gratitude to his beloved father and mother for their incessant love, caring, and supports throughout his life. This dissertation is dedicated to them.

CONTENTS

page

page

LIST OF FIGURES

page

LIST OF TABLES

page

page