ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246251

การวางแผนระบบส่งไฟฟ้าโดยพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจร โดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม

นายสัญญพงศ์ จิรถาวรีย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b 00250833

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246251

การวางแผนระบบส่งไฟฟ้าโดยพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจร โดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม

นายสัญญพงศ์ จิรถาวรีย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5270704221

TRANSMISSION EXPANSION PLANNING CONSIDERING SHORT-CIRCUIT CURRENT LIMITATION BY GENETIC ALGORITHM

Mr. Sanyapong Jiratawaree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวางแผนระบบส่งไฟฟ้าโดยพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม
โดย	นายสัญญพงศ์ จิรถาวรีย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร.แนบบุญ หุนเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ฐิติพร สังข์เพชร)

สัญญพงศ์ จิรถาวรีย์ : การวางแผนระบบส่งไฟฟ้าโดยพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม. (TRANSMISSION EXPANSION PLANNING CONSIDERING SHORT - CIRCUIT CURRENT LIMITATION BY GENETIC ALGORITHM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์, 155 หน้า.

246251

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอการวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้าร่วมกับการพิจารณาการจำกัดปริมาณกระแสลัดวงจรโดยนำเสนอทางเลือกในการจำกัดกระแสลัดวงจร คือ การพิจารณาเลือกติดตั้ง CLR ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกพิจารณาว่าเหมาะสมกับการเลือกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบของประเทศไทย ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำวิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมมาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาการส่งกำลังไฟฟ้า และปัญหากระแสลัดวงจรไปพร้อมกันโดยคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่แสดงถึงตำแหน่งในการก่อสร้างสายส่งเพิ่ม และติดตั้ง CLR ในกรณีที่กระแสลัดวงจรมีค่าเกินพิกัดที่ตั้งไว้ในที่นี้ คือ พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยคำตอบที่ได้แสดงค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาน้อยที่สุด อีกทั้งยังไม่ละเมิดเงื่อนไขบังคับที่ใช้ในทางปฏิบัติอีกด้วย โดยเริ่มการทดลองกับระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัสจนได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว จากนั้นได้มีการนำเสนอกรณีศึกษากับระบบจริงซึ่งได้แก่ ระบบไฟฟ้าบริเวณกรุงเทพมหานครและบริเวณใกล้เคียง

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต สัญญพงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5270704221: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : SHORT-CIRCUIT CURRENT LIMITATION / TRANSMISSION EXPANSION PLANNING

SANYAPONG JIRATAWAREE: TRANSMISSION EXPANSION PLANNING CONSIDERING SHORT - CIRCUIT CURRENT LIMITATION BY GENETIC ALGORITHM. THESIS ADVISOR: SURACHAI CHAITUSANEY, 155 pp.

246251

This thesis presents the transmission expansion planning considering short-circuit current limitation by genetic algorithm, which provides an alternative to limit a short-circuit current by installing Current Limiting Reactor (CLR). This method is considered to be applied appropriately with the transmission system of Thailand. This thesis uses the process of genetic algorithm as a tool in solving transmission expansion planning and excessive short-circuit current problems. The result of this process provides the answer that represents the positions of new transmission lines. In order to guarantee that the short-circuit currents will not exceed their limits, i.e. interrupting capacity (IC) of circuit breakers, CLRs are installed during the planning process, and the overall cost is minimized for solving the problem. In addition, the obtained solutions do not violate any practical operating constraints. The proposed method has been tested with IEEE-RTS 24 bus test system and a real power system in Bangkok and vicinity areas with satisfactory results.

Department : Electrical Engineering Student's Signature สัญญพงศ์

Field of Study : Electrical Engineering Advisor's Signature S.Chaitusaney

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สุรชัย ชัยทัศนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไขและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ อาจารย์ ดร.แนบบุญ หุนเจริญ และดร. ฐิติพร สังข์เพชร ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งขอขอบคุณ สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยสนับสนุนทุนในการทำวิจัย และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อนุเคราะห์ทุนสนับสนุน และเอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และ คุณปู่ ที่ให้กำลังใจตลอดมา รวมถึง พี่ น้อง และเพื่อนๆ ทุกคน ที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

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 2

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้า 4

2.1 ปัญหาการวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้า 4

2.2 ประเภทของการวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้า 5

2.3 วิธีการแก้ไขปัญหาการวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้ากำลัง 6

บทที่ 3 การจำกัดปริมาณกระแสลัดวงจร 9

3.1 การวิเคราะห์ความผิดพร่องในระบบส่งไฟฟ้ากำลัง 9

3.2 วิธีการจำกัดกระแสลัดวงจรในปัจจุบัน 13

3.3 การประยุกต์ใช้วิธีการจำกัดกระแสลัดวงจรในต่างประเทศ 24

3.4 การการจำกัดกระแสลัดวงจรที่เหมาะสมสำหรับการนำไป
ประยุกต์ใช้ในประเทศไทย 26

บทที่ 4 การวางแผนขยายระบบส่งไฟฟ้าโดยการพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจร 31

4.1 ปัญหาการวางแผนขยายระบบส่งร่วมกับการจำกัด
กระแสลัดวงจรโดยวิธีที่นำเสนอ 31

หน้า

4.2 การจำกัดกระแสลัดวงจรโดยวิธีที่นำเสนอ 33
4.3 การแก้ไขปัญหาการวางแผนขยายระบบส่งร่วมกับการจำกัดกระแสลัดวงจร โดยประยุกต์ใช้วิธีทางพันธุกรรม 37
4.3.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initialization) 37
4.3.2 ฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective function) 38
4.3.3 เงื่อนไขบังคับ (Constraint) 39
4.3.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value) 41
4.3.5 การคัดเลือก (Reproduction) 42
4.3.6 การข้ามสายพันธุ์ (Crossover) 42
4.3.7 การผ่าเหล่า (Mutation) 45
4.3.8 การเลือกโครโมโซมเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป 45
4.3.9 เงื่อนไขการหยุด 46
4.3.10 การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของระบบ (Contingency analysis 46
4.3.11 หลักการวิเคราะห์ 48
บทที่ 5 การทดสอบและวิเคราะห์ผล 50
5.1 การสอบการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยการติดตั้ง CLR กับระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส โดยประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมในการหาคำตอบ 50
5.2 กรณีการสอบการวางแผนขยายระบบส่งร่วมกับการพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยการติดตั้ง CLR กับระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส โดยประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมในการหาคำตอบ 60
5.3 กรณีกรณีศึกษาการวางแผนขยายระบบส่งร่วมกับการพิจารณาการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยการติดตั้ง CLR กับระบบส่งบริเวณเขตกรุงเทพมหานคร โดยประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรมในการหาคำตอบ 69
บทที่ 6 การจำกัดกระแสลัดวงจรในระยะสั้น 79
6.1 ปัญหาการจำกัดกระแสลัดวงจรในระยะสั้นโดยวิธีที่นำเสนอ 79
6.2 การแก้ไขปัญหาการวางแผนขยายระบบส่งร่วมกับการจำกัดกระแสลัดวงจรโดยประยุกต์ใช้วิธีทางพันธุกรรม 80
6.3 การทดสอบวิธีการจำกัดกระแสลัดวงจรในระยะสั้นโดยประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนทางพันธุกรรม 85

หน้า

บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ 97
7.1 สรุปผลการวิจัย 97
7.2 ข้อเสนอแนะ 98
รายการอ้างอิง 99
ภาคผนวก 100
ภาคผนวก ก ระบบทดสอบ 105
ภาคผนวก ข แผนการขยายระบบส่ง 150
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 155

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.1 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.1 53

5.2 กำลังที่ไหลในสายส่งในแต่ละวงจร ในการทดสอบ 5.1 55

5.3 แรงดันในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.1 57

5.4 ข้อมูลสายส่งในแผนก่อสร้างเพิ่มในการทดสอบกรณีที่ 2 และ 3 การทดสอบ 5.2 62

5.5 กำลังที่ไหลในสายส่งแต่ละวงจร ใน การทดสอบ 5.2 62

5.6 กระแสลัดวงจร 3 เฟส ในการทดสอบ 5.2 65

5.7 แรงดันในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.2 67

5.8 ข้อมูลสายส่งในแผนก่อสร้างเพิ่มในการทดสอบกรณีที่ 2 และ 3 การทดสอบ 5.3 73

5.9 กำลังที่ไหลในสายส่งแต่ละวงจร ในการทดสอบ 5.3 73

5.10 กระแสลัดวงจร 3 เฟส ในการทดสอบ 5.3 75

6.1 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสในแต่ละบัส ในการทดสอบ 6.1 88

6.2 กำลังที่ไหลในสายส่งในแต่ละวงจร ในการทดสอบ 6.1 89

6.3 สถานะสายส่งก่อนและหลังการพิจารณาเปิดวงจร การทดสอบ 6.2 93

6.4 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสในแต่ละบัส ในกรณีที่ 1 การทดสอบ 6.2 94

6.5 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสในแต่ละบัส ในกรณีที่ 2 การทดสอบ 6.2 96

ก.1 ข้อมูลบัสของระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส 105

ก.2 ข้อมูลกำลังการผลิตของระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส 107

ก.3 ข้อมูลสายส่งในระบบไฟฟ้าของระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส 108

ก.4 ข้อมูลบัสของระบบไฟฟ้าบริเวณกรุงเทพมหานคร 112

ก.5 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า
บริเวณกรุงเทพมหานคร 122

ก.6 ข้อมูลสายส่งในไฟฟ้าบริเวณกรุงเทพมหานคร 126

ก.7 ข้อมูลบัสของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส 145

ก.8 ข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส 146

ก.9 ข้อมูลสายส่งในระบบไฟฟ้าของระบบทดสอบ IEEE 30 บัส 147

ตารางที่ หน้า

ข.1 ข้อมูลสายส่งในแผนก่อสร้างเพิ่ม 5 วงจร 150
ข.2 ข้อมูลสายส่งในแผนก่อสร้างเพิ่มในการทดสอบกรณีที่ 3 การทดสอบ 5.3 153

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

3.1 ความผิดพร่องในระบบไฟฟ้า 10

3.2 กระแสผิดพร่องที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา 11

3.3 การหาวงจรสมมูลเทวินิน 12

3.4 ระบบไฟฟ้า *k* บัส 13

3.5 วิธีการจำกัดกระแสลัดวงจรในระบบส่งกำลังไฟฟ้า 14

3.6 หลักการทำงานของ Is-Limiter 16

3.7 การแบ่งแยกบัส 17

3.8 การเปิดวงจรสายส่ง 18

3.9 ค่าอิมพีแดนซ์สมมูลของระบบ ก่อน/หลัง การเปิดวงจร 19

3.10 การ By-passสายส่ง 21

3.11 CLR เชื่อมโยงระหว่างบัสบาร์ 22

3.12 CLR อนุกรมกับสายป้อนไฟฟ้าฝั่งขาเข้า 22

3.13 CLR อนุกรมกับสายป้อนไฟฟ้าฝั่งขาออก 22

3.14 การต่ออิมพีแดนซ์ลงกราวด์ผ่านสายนิวทรอลของหม้อแปลงไฟฟ้า 23

3.15 วงจรสมมูลของเพาเวอร์กริดระดับแรงดัน 345 kV 24

3.16 ระบบก่อนการพิจารณาเปิดวงจร 28

3.17 ระบบหลังการพิจารณาเปิดวงจร 29

3.18 ระบบที่ทำการ By-pass สายส่ง 30

4.1 การแก้ไขปัญหาโดยวิธีที่นำเสนอ 32

4.2 การติดตั้ง CLR เชื่อมโยงระหว่างบัสที่แรงดันต่างกัน 34

4.3 การติดตั้ง CLR เชื่อมโยงระหว่างสายส่ง 34

4.4 ผลกระทบเมื่อติดตั้ง CLR 36

4.5 การข้ามสายพันธุ์พื้นฐาน 43

4.6 การปรับปรุงการข้ามสายพันธุ์ด้วยวิธียูนิฟอร์มครอสโอเวอร์ 44

4.7 การผ่าเหล่า 45

4.8 การวิเคราะห์เงื่อนไขบังคับเรื่อง Contingency 47

รูปที่ หน้า

4.9 แผนภาพแนวคิดโดยรวม 48
4.10 โครโมโซมแทนสถานะของสายส่ง 49
5.1 ระบบทดสอบ IEEE-RTS 24 บัส 52
5.2 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส ในการทดสอบ 5.1 54
5.3 กำลังที่ไหลในสายส่งแต่ละวงจร ในการทดสอบ 5.1 57
5.4 แรงดันในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.1 59
5.5 กำลังที่ไหลในสายส่งแต่ละวงจร ในการทดสอบ 5.2 64
5.6 กระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟส ในการทดสอบ 5.2 66
5.7 แรงดันในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.2 68
5.8 แผนที่ระบบไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร 70
5.9 แผนภาพเส้นเดียวของระบบส่งกำลังไฟฟ้าในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล 70
5.10 แรงดันในแต่ละบัส ในการทดสอบ 5.3 77
6.1 แผนภาพแนวคิดโดยรวม 84
6.2 โครโมโซมแทนสถานะของสายส่ง 85
6.3 ระบบทดสอบแบบปรับปรุงระบบ IEEE 30 บัส 87
6.4 แผนที่ระบบส่งไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร 93
6.5 การ by-pass สายส่งบริเวณบางพลี (BPL) 95
6.6 การ by-pass สายส่งบริเวณรังสิต (RS) 95
ก.1 ระบบทดสอบแบบปรับปรุงระบบ IEEE-RTS 24 บัส 111
ก.2 แผนที่ระบบส่งไฟฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร 144
ก.3 ระบบทดสอบแบบปรับปรุงระบบ IEEE 30 บัส 149
ข.1 ตำแหน่งการก่อสร้างสายส่งเพิ่มในกรณีที่ 2 151
ข.2 สายส่งที่ก่อสร้างเพิ่มวงจรที่ 1 152
ข.3 สายส่งที่ก่อสร้างเพิ่มวงจรที่ 5 152
ข.4 ตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงของระบบสำหรับแผนในกรณีที่ 3 154