การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุด โดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส

นาย ปานชนก เตมียเสน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-495-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017687
1178892836

ELECTRICAL POWER LOSS MINIMIZATION BY USING PHASE SHIFTERS TO CONTROL REAL POWER FLOW

MR. Panchanok Temiyasen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1991

ISBN 974-578-495-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุด โดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส

โดย นาย ปานชนก เตมียเสน

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)

.....กรรมการ
(อ. ไชยะ แซ่มซ้อย)

.....กรรมการ
(นาย ไกรสีห์ กรรณสูต)

ปานชนก เตมียเสน : การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุดโดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส (ELECTRICAL POWER LOSS MINIMIZATION BY USING PHASE SHIFTERS TO CONTROL REAL POWER FLOW) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. จรวย บุญยุบล , 155 หน้า .

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้มีค่าน้อยที่สุด โดยการใช้ตัวเลื่อนเฟสมาควบคุมการไหลของกำลังจริงในสายส่งต่างๆ ให้มีค่าที่เหมาะสมเพื่อจุดประสงค์ในการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบลงมาให้มีค่าต่ำที่สุด การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบหนึ่งของตัวเลื่อนเฟสเพื่อแสดงผลของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลัง และการใช้วิธีการคำนวนที่เหมาะสมทำให้ได้มุมที่เหมาะสมของตัวเลื่อนเฟสที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้าเพื่อทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังนำเสนอถึงผลของการติดตั้งตัวเลื่อนเฟสในตำแหน่งต่างๆและจำนวนของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อกำลังสูญเสียของระบบไฟฟ้ากำลังอีกด้วย

ในการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้ ได้มีการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิท โดยใช้ภาษาฟอร์แทรน เพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิเคราะห์ผลในเรื่องที่ทำการศึกษา ผลของการศึกษาพบว่าโปรแกรมสามารถคำนวนและแสดงผลของค่ามุมที่เหมาะสมของตัวเลื่อนเฟสที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบมีค่าต่ำสุดได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พลังงานไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

PANCHANOK TEMIYASEN : ELECTRICAL POWER LOSS MINIMIZATION BY USING PHASE SHIFTERS TO CONTROL REAL POWER FLOW . THESIS ADVISOR : PROF.DR. CHARUAY BOONYUBOL,Ph.D. 155 PP.

This thesis presents a method for a real power loss minimization by using phase shifters to control real power flow in a power system. A mathematical model of phase shifter is used to present the effects of phase shifters in the electrical power systems. By using an optimization method ,the optimal angles of phase shifters that are installed in different locations of the system are calculated for a minimum power loss. Besides, the effects of location and number of installed phase shifters to power system losses are also investigated.

A computer program is developed on a 16-bit microcomputer using FORTRAN programming language as a tool for the study and analysis of results.

The program is written in such a way that the optimal angle of each phase shifter is obtained for a minimum power loss.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวิจัยมาโดยตลอดและได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอย่างสูงไว้ณ.ที่นี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์อุณห์ไวทยะ รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร อ.ไชยะ แช่มช้อย และ คุณไกรสีห์ กรรณสูต ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

.....

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ..... ช
สารบัญตาราง..... ฎ
สารบัญรูปภาพ..... ฎ
บทที่
1. บทนำทั่วไป..... 1
2. การศึกษาโหลดโฟลว์..... 6
2.1 บทนำ..... 6
2.2 การกำหนดชนิดของบัส..... 7
2.3 สมการโหลดโฟลว์..... 8
2.4 การสร้างบัสแอดมิตแตนซ์เมทริกซ์ด้วยวิธี
อิลิเมนต์แสตมป์..... 9
2.4.1 สำหรับสายส่ง..... 9
2.4.2 สำหรับหม้อแปลง..... 10
2.4.3 สำหรับตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำ..... 10
2.5 วิธีของนิวตัน-ราฟสัน..... 10
2.6 อัลกอริทึมของโหลดโฟลว์ด้วยวิธีของนิวตัน-ราฟสัน.. 16
2.7 การคำนวน line flow และค่าอื่นๆ..... 18
3. ตัวเลื่อนเฟส..... 22
3.1 บทนำ..... 22
3.2 วงจรไฟฟ้าและหลักการทำงานของตัวเลื่อนเฟส.... 22
3.3 วงจรสมมูลและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์..... 25
3.4 ผลของตัวเลื่อนเฟสที่มีต่อการควบคุมการไหลของ
กำลังจริงในสายส่ง..... 28
3.4.1 ข้อมูลของระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้ทดสอบ.... 28
3.4.2 ผลของการคำนวนโหลดโฟลว์ของ
ระบบทดสอบ..... 31

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.3 ผลของการคำนวนโหลดโฟลว์ เมื่อติดตั้งตัวเลื่อนเฟส..... 33
3.4.4 วิเคราะห์ผลของตัวเลื่อนเฟส ที่มีต่อระบบไฟฟ้ากำลัง..... 36
3.5 ประโยชน์และข้อดีข้อเสียของตัวเลื่อนเฟส..... 38
4. การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังให้น้อยที่สุด โดยการควบคุมการไหลของกำลังจริงด้วยตัวเลื่อนเฟส.... 39
4.1 บทนำ..... 39
4.2 การคำนวนค่าปัจจัยการกระจายตัวเลื่อนเฟส..... 39
4.3 การหามุมของตัวเลื่อนเฟสที่เหมาะสม..... 43
4.4 อัลกอริทึมของการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบไฟฟ้า ด้วยตัวเลื่อนเฟส..... 49
4.5 ผลของมุมที่เหมาะสมของตัวเลื่อนเฟสต่อกำลังสูญเสีย ของระบบ..... 51
4.5.1 กรณีที่ 1..... 52
4.5.2 กรณีที่ 2..... 54
4.5.3 กรณีที่ 3..... 56
4.5.4 กรณีที่ 4..... 58
4.5.5 กรณีที่ 5..... 60
4.5.6 กรณีที่ 6..... 62
4.6 วิเคราะห์ผล..... 64
5. ผลของตำแหน่งและจำนวนของตัวเลื่อนเฟสต่อกำลังสูญเสีย ของระบบ..... 68
5.1 บทนำ..... 68
5.2 ผลการศึกษากรณีที่ 1..... 69
5.2.1 วิเคราะห์ผลการศึกษา..... 80
5.2.1.1 ลักษณะของคำตอบที่ได้..... 81
5.2.1.2 ผลของตำแหน่งของตัวเลื่อนเฟส ต่อกำลังสูญเสีย..... 83

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.2.1.3 ผลของจำนวนของตัวเลื่อนเฟส
ต่อกำลังสูญเสีย..... 85
5.3 ผลการศึกษากรณีที่ 2..... 90
5.4 ผลการศึกษากรณีที่ 3..... 91
5.5 สรุปผลการศึกษา..... 93
6. สรุปและข้อเสนอแนะ..... 95
เอกสารอ้างอิง..... 97
ภาคผนวก ก. การคำนวนกระแสฉีดและกำลังฉีดที่บัส..... 100
ภาคผนวก ข. โปรแกรมการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียด้วยตัวเลื่อนเฟส.. 102
ภาคผนวก ค. การควบคุมมุมเลื่อนเฟส..... 154
ประวัติผู้เขียน..... 155

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3.1 การเปลี่ยนแปลงในระบบเนื่องจากตัวเลื่อนเฟส ในสายส่ง 2-5..... 36

4.1 ผลของมุมของตัวเลื่อนเฟสกับกำลังสูญเสียของระบบ..... 64

4.2 การเปลี่ยนแปลงการไหลของกำลังจริงในสายส่งต่างๆ... 65

5.1 กรณีการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 1 ตัว..... 69

5.2 กรณีการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 2 ตัว..... 69

5.3 กรณีการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 3 ตัว..... 71

5.4 กรณีการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 4 ตัว..... 75

5.5 กรณีการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 5 ตัว..... 78

5.6 อัตราส่วนระหว่างกำลังสูญเสียกับกำลังจริงในสายส่ง.... 84

5.7 จำนวนตัวเลื่อนเฟสกับขนาดกำลังสูญเสียของระบบ..... 86

5.8 จำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสมกรณีโหลด 100 เปอร์เซนต์ 89

5.9 จำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสมกรณีโหลด 75 เปอร์เซนต์. 90

5.10 จำนวนและตำแหน่งที่เหมาะสมกรณีโหลด 50 เปอร์เซนต์. 92

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 อัลกอริทึมของโหลดโฟลว์โดยวิธีของนิวตัน-ราฟสัน..... 17
2.2 วงจรสมมูลของสายส่ง..... 19
2.3 วงจรสมมูลของหม้อแปลง..... 20
2.4 วงจรสมมูลของตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำ..... 20
3.1 เวคเตอร์ไดอาแกรมแสดงหลักการควบคุมมุม..... 23
3.2 วงจรไฟฟ้าแบบหนึ่งของตัวเลื่อนเฟส..... 24
3.3 เวคเตอร์ไดอาแกรมของแรงดันจากวงจรรูปที่ 3.2..... 25
3.4 วงจรสมมูลของตัวเลื่อนเฟส..... 26
3.5 วงจรสมมูลของตัวเลื่อนเฟสที่ปรับปรุงใหม่..... 26
3.6 ระบบไฟฟ้ากำลังทดสอบ..... 28
4.1 วงจรสมมูลของตัวเลื่อนเฟส..... 40
4.2 แบบจำลองทางไฟฟ้าของตัวเลื่อนเฟส..... 40
4.3 อัลกอริทึมการลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียของระบบด้วย
ตัวเลื่อนเฟส..... 50
5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของตัวเลื่อนเฟส
กับกำลังสูญเสียของระบบ..... 86
5.2 ตำแหน่งการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 1 ตัว..... 87
5.3 ตำแหน่งการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 2 ตัว..... 88
5.4 ตำแหน่งการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 3 ตัว..... 88
5.5 ตำแหน่งการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 4 ตัว..... 88
5.6 ตำแหน่งการติดตั้งตัวเลื่อนเฟส 5 ตัว..... 88